

ŠIUOLAIKINĖS TECHNOLOGIJOS DARNIAI APLINKAI 2025

Tarptautinės mokslinės praktinės konferencijos
straipsnių rinkinys

MODERN TECHNOLOGIES FOR A SUSTAINABLE ENVIRONMENT 2025

Collection of articles
from the International Scientific and Practical Conference

El. leidinys | E-edition
Vilnius | 2025



Konferencijos komitetai (2025-03-10, įsak. Nr. AT V1-14).

Dėl konferencijos straipsnių recenzavimo (2025-09-09 Dekano įsak. Nr. AT V1-41).

Organizacinis komitetas:

Pirmininkė: Rasa Miakinkovienė, Studijų skyriaus vedėja, lektorė.

Pirmininkės pavaduotojas: Rolandas Norkūnas, Komunikacijos ir kompetencijų plėtros vadovas.

Nariai:

Ramunė Vanagaitė, ATF dekanė, lektorė;

Tomas Čižokas, Dekoratyvinių augalų ir želdinimo centro „VikoFlora“ vadovas, lektorius;

Halina Klupšienė, Užsienio kalbų centro lektorė;

Rasa Burneikienė, Raštinės vedėja;

Asta Mikėnienė, studijų koordinatore;

Arvydas Kerbelis, Ūkio tarnybos vadovas;

Margarita Florova, CH24 studentė, SMD pirmininkė.

Redakcinis komitetas:

Pirmininkė: dr. Erika Kubilienė, ATF prodekanė, docentė;

Pirmininkės pavaduotoja: Nijolė Ružienė, Mokslo taikomosios veiklos laboratorijos vedėja, Erasmus+ koordinatore, lektorė;

Nariai:

dr. Gražina Palaitytė, Kraštotvarkos ir agroverslo technologijų katedros vedėja, docentė;

dr. Rimantė Kondratienė, Kraštotvarkos ir agroverslo technologijų katedros docentė;

dr. Virginija Jarulė, Veterinarijos katedros vedėja, docentė;

Ingrida Radveikienė, Chemijos ir maisto technologijos katedros vedėja, lektorė;

Kristina Žilionytė, lektorė, Chemijos ir maisto technologijos katedros administratorė;

Beata Gervickaitė, Vilniaus kolegijos Karjeros centro vedėja, lektorė.

Irena Čerčikienė, Chemijos ir maisto technologijos katedros lektorė.

Recenzantai:

Ramunė Vanagaitė, dekanė, Kraštotvarkos ir agroverslo technologijų katedros lektorė;

dr. Erika Kubilienė, prodekanė, Chemijos ir maisto technologijos katedros docentė;

dr. Gražina Palaitytė, Kraštotvarkos ir agroverslo technologijų katedros vedėja, docentė;

Ingrida Radveikienė, Chemijos ir maisto technologijos katedros vedėja, lektorė;

Rasa Miakinkovienė, Studijų skyriaus vedėja, Kraštotvarkos ir agroverslo technologijų katedros lektorė;

dr. Inga Jančauskienė, Kraštotvarkos ir agroverslo technologijų katedros docentė;

dr. Rimantė Kondratienė, Kraštotvarkos ir agroverslo technologijų katedros docentė;

dr. Rita Asakavičiūtė, Kraštotvarkos ir agroverslo technologijų katedros docentė;

Edita Kristina Kaurynienė, Kraštotvarkos ir agroverslo technologijų katedros lektorė;

Nijolė Ružienė, Mokslo taikomosios veiklos laboratorijos vedėja, Chemijos ir maisto technologijos katedros lektorė;

Irena Čerčikienė, Chemijos ir maisto technologijos katedros lektorė;

Jolanta Jurkevičiūtė, inžinierė-chemikė, Chemijos ir maisto technologijos katedros lektorė;

dr. Virginija Jarulė, Veterinarijos katedros vedėja, docentė;

dr. Ernest Kostenko, Veterinarijos katedros docentas;

Kęstutis Radziulis, Veterinarijos katedros lektorius.

TURINYS

1. Maistinė ir technologinė lubinų vertė: analizė ir taikymo perspektyvos. dr. Rita Asakavičiūtė, Beatričė Burbaitė	4
2. Darniojo turizmo plėtra Lietuvoje: situacijos analizė. Salomėja Vanagienė, Jelena Ščedrovienė	9
3. Alternatyvių kavos gėrimų antioksidacinio aktyvumo įvertinimas DPPH• radikalų surišimo metodu. Jolanta Jurkevičiūtė, Evelina Voleikaitė	15
4. Spektrofotometrinis bendrojo azoto kiekio nustatymas nuotekose ir paviršiniame vandenyje. Irena Čerčikienė, Gabija Lukoševičiūtė	20
5. Gamtinio polimero chitozano taikymas pramonėje: literatūros šaltinių apžvalga. Nijolė Ružienė	27
6. Vilniaus miesto savivaldybės šaltinių vandens kokybės įvertinimas pagal nitratų ir nitritų kiekį. Ingrida Radveikienė, Emilis Ivanauskas, Danylo Potapov	37
7. Gydomų gyvūnų žaizdų gijimo įvertinimas naudojant mobilaus lazerio technologiją. dr. Virginija Jarulė, dr. Ernest Kostenko, Birutė Kryževičienė, Milda Vasaitytė, Lukas Mačiulis, Birutė Anzienė	43
8. Galvijų užsikrėtimo helmintais analizė ekologiniuose ir neekologiniuose ūkiuose: sezoninis ir amžiaus grupių palyginimas. dr. Virginija Jarulė, Kęstutis Radziulis	49
9. Telyčaičių serologiniai tyrimai: patogenų paplitimo analizė ir prevencinių priemonių įžvalgos. dr. Virginija Jarulė, dr. Akvilė Ežerskytė - Misevičienė, dr. Edvardas Gedgaudas	58
10. Fitohormonų įtaka bulvių mikroaugalams <i>in vitro</i> . dr. Rita Asakavičiūtė, Kastė Mikulėnaitė	64
11. Lietaus sodų vaidmuo tvarioje miestų infrastruktūroje: galimybės ir praktika. dr. Inga Jančauskienė, Svetlana Trainė	68
12. Judriojo kalcio ir magnio kiekio nustatymas skirtingų rūšių dirvožemiuose kompleksionometrijos metodu. Ingrida Radveikienė, Rimantas Maksimenko	73
13. Taninų stabilumo nustatymas skrudintose paprastojo ąžuolo (<i>Quercus robur L.</i>) gilėse. Irena Čerčikienė, Jolanta Jurkevičiūtė, Margarita Frolova ,	80
14. Nitratų kiekio nustatymas skirtingų veislių kopūstuose (<i>Brassicaceae Brassica oleracea L.</i>) potenciometrinio metodu. Jolanta Jurkevičiūtė, Nedas Jonas Čekys	85
15. Non-Refined Olive Oil Traceability. Stavros Valsamidis, Ioannis Paliokas	90
16. Maisto produktų reklamos poveikis vartotojų elgsenai. Rasa Miakinkovovienė, Ugnė Šaltytė, Evita Pranskevičiūtė, Ieva Viktorija Bosijakaitė	99
17. Klientų lojalumo tyrimas X veterinarijos klinikoje. Rasa Miakinkovienė, Urtė Šereikaitė	105
18. Tvarus maisto vartojimas – vartotojų „Požiūrio – elgesio ketinimų“ tyrimo analizė. Rasa Miakinkovienė, Julija Trukanaitė, Viktorija Mažeiko	110
19. Gyvūnų augintinių ėdalo pirkimo sprendimus lemiantys veiksniai. Rasa Miakinkovienė, Rachelė Laužikaitė	116
20. Juostinio žemės dirbimo ir sėjos ekonominės naudos analizė. Dalia Ivanauskienė, Simona Kazilionytė	121
21. Technologinė pažanga tvarios miesto erdvės kūrimo: Šilutės meno mokyklos teritorijos atnaujinimo koncepcija. Nemira Dirmontaitė, Auksė Noreikevičienė, Jūratė Stanišauskienė	129
22. Liofilizuotų maisto produktų gamyba ir maistinės vertės išsaugojimas. dr. Inga Kepalienė, Irena Fiterson, Kamilija Mironenko	136
23. Naujų produktų kūrimas įmonėje UAB „Divaks Food“, panaudojant inovatyvius tekstūruotus vabzdžių baltymus. Elena Grinė, Jolanta Jurkevičiūtė, Kristina Murphy ..	142
24. Triušių ir graužikų mityboje naudojamo šieno tyrimas nustatant mikotoksinų kiekį. Tomas Karalis, Rūta Karalienė, Aivaras Paukštė, Vilnė Mykolaitytė, Joana Kulbytė, Greta Kavaliauskaitė	147

MAISTINĖ IR TECHNOLOGINĖ LUBINŲ VERTĖ: ANALIZĖ IR TAIKYMO PERSPEKTYVOS

dr. Rita Asakavičiūtė, Beatričė Burbaitė

Vilniaus kolegija, Agrotechnologijų fakultetas

Anotacija. Didėjant pasaulio gyventojų skaičiui ir gyvūninės kilmės baltymų paklausai, vis daugiau dėmesio skiriama augaliniams baltymų šaltiniams. Lubinai (*Lupinus spp.*), ypač siauralapiai lubinai, dėl savo maistinės vertės, žemo alkaloidų kiekio ir prisitaikymo prie vidutinio klimato tampa perspektyvia tradicinių baltymų šaltinių alternatyva, ypač Lietuvoje. Tyrime nagrinėjamos lubinų baltymų technologinės savybės – tirpumas, emulsinės savybės, gebėjimas sudaryti gelius ir putų formavimas – rodo jų tinkamumą įvairiems maisto produktams. Lubinų miltai, baltymų koncentratai ir izoliatai jau naudojami kuriant kepinius, mėsos ir pieno produktų pakaitalus, desertus bei kitus funkcionaliojo maisto gaminius. Nepaisant to, vis dar trūksta duomenų apie skirtingų lubinų veislių cheminę sudėtį, būtini tolesni tyrimai siekiant jų platesnio pritaikymo žmonių mityboje. Lubinai turi didelį potencialą ne tik kaip mitybos, bet ir kaip tvari maisto pramonės žaliava, galinti padėti mažinti priklausomybę nuo importuojamų baltymų.

Raktiniai žodžiai: *lubinai, augaliniai baltymai, funkcionaliojo maisto produktai, tvari mityba.*

Įvadas. Jungtinių Tautų (2024) duomenimis, iki 2050 metų pasaulio gyventojų skaičius pasieks 9,7 milijardo, o gyvūninių baltymų paklausa padvigubės (UN DESA, 2024). Šią paklausą gali padėti patenkinti alternatyvūs baltymų šaltiniai – ekonomiškai efektyvūs, aplinkai palankūs ir funkcionaliai tinkami – augaliniai baltymai. Augaliniai baltymai yra ne tik pigesni, bet ir lengviau prieinami platesniam vartotojų ratui (Náthia-Neves et al., 2025). Ankštiniai augalai nuo seno yra svarbus baltymų šaltinis daugelyje pasaulio regionų.

Lubinai (*Lupinus spp.*) pripažįstami kaip perspektyvus alternatyvus baltymų šaltinis žmonių mityboje, tačiau šiuo metu dar nepakankamai panaudojami. Literatūros analizė rodo, kad siauralapis lubinas (*Lupinus angustifolius*) dėl žemo alkaloidų kiekio, prisitaikymo prie vidutinio klimato ir vertingo maistinių medžiagų profilio, yra viena iš perspektyviausių rūšių, ypač tinkama auginti Lietuvoje.

Pastaruoju metu augaliniams baltymams, kaip sveikam ir tvariam mitybos komponentui, skiriama vis daugiau dėmesio. Vartotojų sąmoningumas auga, didėja tvaraus, etiško ir sveikatai palankaus maisto paklausa, kartu ir ankštinių augalų vartojimas dėl jų teigiamos įtakos sveikatai bei aplinkai. Dėl to sparčiai populiarėja augalinės kilmės maistas (Náthia-Neves et al., 2025), o maisto pramonės susidomėjimas alternatyviais baltymais skatina jų didelio masto gamybą.

Lubinai – vietinė ankštinė kultūra, turinti didelį inovacijų ir pridėtinės vertės potencialą, galinti prisidėti prie baltymų importo mažinimo bei regioninio maisto apsirūpinimo stiprinimo (Bartkiene et al., 2016). Siauralapiai lubinai yra puikiai prisitaikę prie Lietuvos klimato sąlygų, turi didelę maistinę vertę ir gali būti ekonomiškai naudingi visam Baltijos regionui, taip pat – potenciali sojos alternatyva. Nors jų maistinė ir funkcionalioji vertė pripažįstama, šiuo metu lubinai vis dar dažniausiai naudojami gyvūnų pašarui ir menkai – žmonių mityboje (Musco et al., 2022).

Nepaisant augančio susidomėjimo lubiniais kaip maistine žaliava, vis dar trūksta duomenų apie skirtingų veislių cheminę sudėtį. Tokie duomenys būtini siekiant tikslingai naudoti lubinus maisto pramonėje, kurti funkcionaliuosius produktus bei vykdyti tikslingą selekciją (Boschin et al., 2014).

Darbo tikslas. Įvertinti maistinių lubinų mitybinę ir technologinę vertę, analizuoti jų potencialą naudoti žmonių mityboje ir maisto produktų gamyboje.

Uždaviniai: 1. Aptarti lubinų maistinę, technologinę vertę bei jų naudą sveikatai; 2. Išnagrinėti galimybes pritaikyti lubinus žmonių mitybai.

Tyrimo rezultatų analizė. Lubinai (*Lupinus spp.*) yra vertingas augalinis baltymų šaltinis, tačiau jų mitybinė bei technologinė vertė labai priklauso nuo rūšies ir konkrečios veislės.

Išskiriamos kelios pagrindinės lubinų rūšys, tačiau maistui labiausiai tinkamos yra siauralapio lubino (*Lupinus angustifolius*) saldžiosios veislės, kurios pasižymi žemu alkaloidų kiekiu, yra gerai prisitaikiusios prie vidutinio klimato sąlygų ir turi palankią maistinių medžiagų sudėtį (1 lentelė).

Siauralapis lubinas yra viena iš labiausiai ištirtų ir praktikoje pritaikomų rūšių, tinkama auginti ir Lietuvos klimato sąlygomis (Maknickienė, 2007). Šios rūšies veislės turi mažą alkaloidų kiekį (Bartkienė et al., 2016), dėl ko yra saugios vartoti žmonių mityboje ir pritaikomos maisto pramonėje. Tarp plačiai naudojamų veislių išskirtinos šios: "Sonet" – saldi, gerai prisitaikiusi prie Europos klimato, atspari ligoms; "Boregine" – pasižymi žemu alkaloidų lygiu ir tinkamu baltymų kiekiu; "Boruta" – sukurta Lenkijoje, pasižymi dideliu baltymų kiekiu ir gera adaptacija vidutinio klimato zonoms; "Hera" – saldi, aukštos mitybinės vertės veislė, tinkama įvairiems maisto produktams; "Lublanca" – naudojama maisto pramonėje dėl savo palankios cheminės sudėties.

1 lentelė. Pagrindinių lubinų rūšių palyginimas

Lubinų rūšis	Baltymų kiekis (%)	Alkaloidų kiekis	Augimo sąlygos	Naudojimo paskirtis
<i>Lupinus angustifolius</i> (siauralapis)	30–35	Žemas	Vidutinio klimato regionai (pvz., Lietuva)	Maistas, pašarai
<i>Lupinus albus</i> (baltažiedis)	Iki 40	Vidutinis	Šiltesni regionai, jautrus šalčiui	Maistas, pašarai
<i>Lupinus luteus</i> (geltonžiedis)	35–40	Aukštas	Rūgštūs, lengvi dirvožemiai	Daugiausia pašarai
<i>Lupinus mutabilis</i> (andinis)	40–45	Aukštas	Pietų Amerika, aukštikalnės	Maistas (po apdorojimo), aliejus

Be siauralapio lubino, taip pat naudojamos kitos rūšys: Baltasis lubinas (*Lupinus albus*) – turi didesnį baltymų kiekį (iki 40 %), tačiau yra mažiau atsparus šalčiui, todėl mažiau tinkamas auginti šiauriniuose regionuose. Geltonasis lubinas (*Lupinus luteus*) – pasižymi dideliu baltymų kiekiu, tačiau dažnai turi didesnį alkaloidų kiekį, todėl ribotai naudojamas maistui. *Lupinus mutabilis* – auginamas Pietų Amerikoje, išsiskiria didele riebalų rūgščių įvairove, tačiau reikalauja papildomo apdorojimo dėl didelio alkaloidų kiekio.

Veislių pasirinkimas yra svarbus veiksnys, siekiant lubinus efektyviai panaudoti žmonių mityboje ir pramonėje. Veislių skirtumai lemia ne tik mitybinę, bet ir technologinę vertę – baltymų kiekį, tirpumą, emulsines savybes bei gebėjimą formuoti gelius. Todėl norint užtikrinti lubinų žaliavos kokybę ir saugumą, būtina atlikti tikslingus skirtingų veislių cheminės sudėties ir funkcinio potencialo tyrimus.

Lubinų sensorinės savybės vartotojų vertinamos geriau nei žirnių, pupelių ar lęšių, todėl lubinų miltai plačiai naudojami tiek saldžių, tiek sūrinių patiekalų gamyboje (Gresta et al., 2017). Dėl mažo nepageidaujamo poskonio lubinų miltai ir baltymų izoliatai tinka naujoviškiems maisto produktams, kurių asortimente šiuo metu galima rasti: tofu ir tempės tipo gaminius; pieno produktų ir mėsos pakaitalus; konditerijos gaminius; begliutenius makaronus, padažus, majonezą ir salotų padažus (Gresta et al., 2017). Tyrimai parodė, kad duona, pagaminta su lubinų baltymų izoliatais (iki 9 %) arba koncentratais (iki 3 %), sensorikos požiūriu nesiskiria nuo duonos, pagamintos vien iš kviečių miltų (Pollard et al. 2002).

Lubinų produktai gali būti integruojami į žmonių mitybą įvairiomis formomis, daugiausia kaip sudedamoji dalis augalinės kilmės maisto gaminiuose (2 lentelė). Pramonėje plačiausiai naudojami lubinų miltai, baltymų koncentratai ir izoliatai, pildoma kepinių, duonos, makaronų sudėtis, gaminamos pieno produktų alternatyvos (gėrimai, jogurtai, ledai), fermentuoti desertai, baltyminiai užkandžiai. (Gresta et al., 2017) Tokie produktai gali būti skirti ne tik mitybinei vertei papildyti, bet ir kaip gyvūninių ingredientų alternatyvos, ypač vartotojams, kurie

nevartoja laktozės, glitimo, kiaušinių. Lubinų pagrindu kuriamos ir specifinės produktų linijos, orientuotos į sveikatinantį ar funkcionalų maistą.

2 lentelė. Lubinų baltymų ir miltų naudojimo galimybės maisto pramonėje

Lubinų produktų forma	Naudojimo kryptis	Produktų pavyzdžiai
Lubinų miltai	Kepiniai, makaronai, konditerija	Duona, sausainiai, pyragai, begliuteniai makaronai
Baltymų koncentratai	Maistingumo didinimas, tekstūros gerinimas	Mėsos pakaitalai, baltyminiai užkandžiai, batonėliai
Baltymų izoliatai	Emulsijų stabilizavimas, gelio formavimas	Augaliniai gėrimai, padažai, tofu, ledai, fermentuoti desertai
Fermentuoti lubinų produktai	Fermentuotų produktų kūrimas, skonio gerinimas	Jogurtai, desertai
Lubinų baltymų frakcijos (α -, β -konglutinai)	Emulsijų ir putų stabilizavimas	Padažai, kremai, augaliniai gėrimai
Lubinų pagrindu pagaminti produktai be laktozės, glitimo, kiaušinių	Specializuota mityba vartotojams su maisto netoleravimu ar alergijomis	Augaliniai pakaitalai jautriems vartotojams

Ankštinių augalų baltymai, plačiai naudojami kaip putų formavimo, emulsijos stabilizavimo ir mitybiniai ingredientai (de Oliveira et al., 2021), sulaukė didelio mokslininkų susidomėjimo (Náthia-Neves et al., 2025). Lubinų baltymai išsiskiria puikiais technologinėmis savybėmis, tokiais kaip tirpumo ir emulsijos, dėl to jie jau yra naudojami gaminti karvės pieno pakaitalus (Nawaz et al., 2020).

Baltymų tirpumas yra pagrindinė savybė, nuo kurios priklauso daugelis kitų funkcionaliųjų charakteristikų (emulsijų, gelių sudarymas, putojimas) (Bou et al., 2022). Lubinų baltymai pasižymi didžiausiu tirpumu esant pH 8–9, kas yra itin svarbu įvairių maisto produktų formulėms. Geras tirpumas leidžia sukurti vienalytę tekstūrą ir pagerina baltymų gebą jungtis su kitais komponentais. (Nawaz et al., 2020). Didelė lubinų baltymų geba sugerti vandenį ir riebalus gerina maisto produktų tekstūrą ir skonį, ypač mėsos pakaitalų ir kepinų.

Baltymų gebėjimas formuoti gelius pasižymi tiek skystąja, tiek kietąja būsenomis. Ši savybė labiausiai priklauso nuo pH ir šiluminio apdorojimo. Gelio formavimas apima trimatės tinklo struktūros susidarymą per baltymų–baltymų ir baltymų–tirpiklio sąveikas, kurios lemia pusiau kietas ir viskoelastingas savybes. Veiksniai, kurie ypač stipriai veikia gelio formavimą, yra baltymų tipas (šaltinis), baltymų kiekis, pH, joninis stiprumas ir temperatūra. Gelio formavimo savybių ir jų pokyčių įvertinimas po sąveikos su priedais (vandeniu, cukrumi, druskomis, riebalais) ir apdorojimo padeda numatyti galutinio produkto tekstūrą. Aukštas viskoelastingumas, lipnumas ir gebėjimas sulaikyti vandenį būdingi baltymams, pasižymintiems stipriomis gelį formuojančiomis savybėmis (Náthia-Neves et al., 2025). Lubinų baltymus apdorojant termiškai, jie formuoja gelius, kurie yra naudingi kuriant kepinų ir desertų struktūrą.

Emulsijų formavimo geba atspindi baltymų potencialą susidaryti emulsijoms tiek vandeninėse, tiek riebalinėse terpėse (Náthia-Neves et al., 2025). Emulsijos aktyvumas ir stabilumas priklauso nuo baltymų gebėjimo adsorbuotis ant aliejaus–vandens sąsajos, tokiu būdu mažinant tarpsandūros įtempimą ir stabilizuojant dispersinę fazę. Dėl savo amfifilinių savybių – turėdami tiek hidrofilines, tiek hidrofobines dalis – baltymai veikia kaip įprasti emulsikliai, sudarydami stabilizuojantį plėvelės sluoksnį. Lubinų baltymų atžvilgiu ypač svarbūs α - ir β -konglutinai, kurie yra atsakingi už emulsifikavimo aktyvumą ir emulsijų stabilizavimą. Dėl šių savybių lubinų baltymai tinka naudoti augaliniams gėrimams bei padažams, kuriems reikalingas ilgalaikis emulsijos stabilumas (Náthia-Neves et al., 2025).

Išvados:

1. Lubinų baltymai pasižymi išskirtinėmis technologinėmis savybėmis – tirpumu, emulsinėmis, putojimo, gelio formavimo, vandens ir riebalų sugeriamumo savybėmis – todėl jie yra vertinami kaip funkcionalieji ingredientai maisto pramonėje.

2. Nors kai kurios laukinės ar mažai sukultūrintos lubinų veislės dėl didelio alkaloidų kiekio gali būti toksiškos, selekcijos dėka yra išvesta saugių, maistui tinkamų, mažai alkaloidų turinčių veislių. Be to, lubinai pasižymi mažesniu fitatų, lektinų ir proteazių inhibitorių kiekiu nei daugelis kitų ankštinių, tai palengvina jų apdorojimą ir didina biologinį prieinamumą.

3. Teorinė analizė pagrindžia, kad lubinų veislės gali būti perspektyvi sojos ir kitų baltymų šaltinių alternatyva – jos jau dabar naudojamos įvairių augalinės kilmės produktų gamyboje, įskaitant kepinius, pieno ir mėsos pakaitalus bei konditerinius gaminius.

LITERATŪRA

Bartkienė, E., Bartkevičs, V., Starkūtė, V., Krūnglevičiūtė, V., Cizeikienė, D., Zadeikė, D., ... Maknickienė, Z. (2016). Chemical composition and nutritional value of seeds of *Lupinus luteus* L., *L. angustifolius* L. and new hybrid lines of *L. angustifolius* L. *Žemdirbystė-Agriculture*, 103(1), 83–90. <https://doi.org/10.13080/z-a.2016.103.014>

Boschin, G., Scigliuolo, G. M., Resta, D., & Arnoldi, A. (2014). ACE-inhibitory and antioxidant activities of extracted proteins from lupin (*Lupinus albus*) and soybean seeds. *Food Chemistry*, 145, 705–711. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.08.122>

Bou, R., Navarro-Vozmediano, P., Domínguez, R., López-Gómez, M., Pinent, M., Ribas-Agustí, A., ... & Jorba-Martín, R. (2022). Application of emerging technologies to obtain legume protein isolates with improved techno-functional properties and health effects. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 21(3), <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12936>

de Oliveira, J., de Souza Vandenbergh, L. P., de Oliveira, P. Z., de Mello, A. F. M., Rodrigues, C., Nigam, P. S., ... & Soccol, C. R. (2021). Bioconversion of potato-processing wastes into an industrially-important chemical lactic acid. *Bioresource Technology Reports*, 15, 100698. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2021.100698>

Gresta, F., Wink, M., Prins, U., Abberton, M., Capraro, J., Scarafoni, A., ... & Hill, G. M. (2017). Lupins in european cropping systems. *Legumes in Cropping Systems*, 88-108. <https://doi.org/10.1079/9781780644981.0088>

Maknickienė, Z. (2007). Mažai alkaloidų turinčių siauralapių lubinų selekcija. *Žemdirbystė-Agriculture*, 94(4), 71–78. [https://zemdirbyste-agriculture.lt/94\(4\)tomas/94\(4\)tomas_71_78.pdf](https://zemdirbyste-agriculture.lt/94(4)tomas/94(4)tomas_71_78.pdf)

Musco, N., Cutrignelli, M. I., Calabrò, S., Tudisco, R., Infascelli, F., Grazioli, R., Lo Presti, V., Gresta, F., & Chiofalo, B. (2017). Comparison of nutritional and antinutritional traits among different species (*Lupinus albus* L., *Lupinus luteus* L., *Lupinus angustifolius* L.) and varieties of lupin seeds. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 101(6), 1227–1241. <https://doi.org/10.1111/jpn.12643>

Náthia-Neves, G., Getachew, A. T., Santana, Á. L., & Jacobsen, C. (2025). Legume Proteins in Food Products: Extraction Techniques, Functional Properties, and Current Challenges. *Foods*, 14(9), Article 1626. <https://doi.org/10.3390/foods14091626>

Nawaz, M. A., Tan, M., Øiseth, S., & Buckow, R. (2020). An emerging segment of functional legume-based beverages: A review. *Food Reviews International*, 36(1), 1–39. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1762641>

Pollard, N.J., et al. (2002) *Lupin* flours as additives: Dough mixing, breadmaking, emulsifying and foaming. *Cereal Chemistry*, 79, 662–669.

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. (2024). World Population Prospects 2024: Summary of Results. United Nations. https://population.un.org/wpp/assets/Files/WPP2024_Summary-of-Results.pdf

NUTRITIONAL AND TECHNOLOGICAL VALUE OF LUPINS: ANALYSIS AND APPLICATION PERSPECTIVES

Summary. With the world's population growing and demand for animal protein increasing, more and more attention is being paid to plant-based protein sources. Lupins (*Lupinus* spp.), especially narrow-leaved lupins, are becoming a promising alternative to traditional protein sources, especially in Lithuania, due to their nutritional value, low alkaloid content, and adaptation to temperate climates. The technological properties of lupin proteins examined in the study—solubility, emulsification properties, gel-forming ability, and foam formation—indicate their suitability for various food products. Lupin flour, protein concentrates, and isolates are already used in the production of baked goods, meat and dairy alternatives, desserts, and other functional products. However, there is still a lack of data on the chemical composition of different lupin varieties, and further research is needed to expand their use in human nutrition. Lupins show great potential not only as a nutritious food source but also as a sustainable raw material for the food industry, which could help reduce dependence on imported proteins.

Keywords: *lupins, plant proteins, functional foods, sustainable nutrition.*

DARNIOJO TURIZMO PLĖTRA LIETUVOJE: SITUACIJOS ANALIZĖ

Salomėja Vanagienė¹, Jelena Šchedrovienė¹

¹Vilniaus kolegija, Verslo vadybos fakultetas

Anotacija: Straipsnyje analizuojama darniojo turizmo plėtros situacija Lietuvoje, atsižvelgiant į globalius iššūkius, tokius kaip perteklinis turizmas, klimato kaita ir geopolitiniai pokyčiai. Aptariami pagrindiniai darnaus turizmo principai, iššūkiai ir praktiniai įgyvendinimo aspektai Lietuvos kontekste. Remiantis darniojo turizmo srityje veikiančių asociacijų kiekybine apklausa bei statistinių duomenų apžvalga, įvertinamos kliūtys tvarios plėtros įgyvendinimui – infrastruktūros trūkumas, ribotas bendradarbiavimas tarp sektorių ir vietos bendruomenių įtraukimo stoka. Straipsnyje pateikiamos rekomendacijos politikos tobulinimui ir sistemingo, ilgalaikio tvarumo įgyvendinimui turizmo sektoriuje.

Raktiniai žodžiai: *turizmas, tvarumas, turizmo politika, ekologija, bendruomenė.*

Įvadas. Šiandien globalizacijos paveiktas pasaulis susiduria su daugybe iššūkių: geopolitinė situacija, karai, klimato kaitos išprovokuotos gamtinės nelaimės, perteklinis vartojimas ir žmonių sąmoningumo stoka verčia rimtai apsvarstyti pasaulinio turizmo politiką ir tolesnes turizmo plėtros strategijas, kurios vis labiau akcentuoja tvarumo svarbą.

Darnioji plėtros kryptis pasaulio turizme tapo ypač aktuali po 2020 m. pandemijos, kuri, kaip pasekmė, nulėmė turistų srautų kritimą iki 72 % (Pasaulio turizmo organizacija, toliau – PTO). Tačiau turizmo atsigavimas po pandemijos kai kuriuose pasaulio kraštuose buvo toks staigus ir greitas, kad net viršijo visų ankstesnių ikipandeminių metų rekordus (pvz., Ispanija, kuri vien pernai sulaukė daugiau kaip 90 mln. užsienio turistų)¹. Tokie ekstremalūs turistų srautų pokyčiai, susiję su pertekliniu turizmu, gali tapti precedento neturinčiais iššūkiais siekiant skatinti tvarų turizmą (Goand & Kang, 2022).

Lietuva gali būti laikoma didelį potencialą turinčia darniojo turizmo kryptimi, nes ji turi daugybę privalumų, leidžiančių įgyvendinti tvaraus turizmo principus. Šalyje gausu natūralios gamtos, kultūrinio paveldo ir mažai paliestų teritorijų, kurios gali būti panaudotos skatinant atsakingą kelionių praktiką. Vis dėlto kelias nuo tradicinės turizmo plėtros iki tvarios praktikos reikalauja strateginio planavimo, sklandaus bendradarbiavimo tarp viešojo ir privataus sektorių, visuomenės švietimo.

2024 m. kelionių gidų leidėjas „Lonely Planet“ Lietuvą pripažino antrąja geriausia turizmo kryptimi 2025-aisiais tarp 10 pasaulio šalių, kurias būtina aplankyti, ir pirmąja šalimi Europoje, akcentuodamas šalies pasiekimus tvaraus turizmo įgyvendinimo politikoje². Tačiau kyla klausimas, kaip Lietuva gali suderinti augantį tarptautinį turizmą su darniojo kelionių modelio įgyvendinimu, užtikrindama ilgalaikę naudą gamtai, kultūrai ir vietos bendruomenei?

Šiuo straipsniu siekiama išanalizuoti Lietuvos darnaus turizmo sektoriaus plėtros situaciją, įvertinti darniojo turizmo principų taikymo galimybes ir iššūkius bei pasiūlyti praktinius sprendimus, kaip suderinti tarptautinio turizmo augimą su tvarumo tikslais, siekiant užtikrinti ilgalaikę naudą šalies kultūrinei ir ekologiškai gerovei.

Šiam tikslui pasiekti straipsnyje pateikta literatūros šaltinių analizė, anketinės apklausos ir statistinių duomenų analizės bei apibendrinimas.

Darniojo turizmo principai.

Darnusis turizmas apima tvarią turizmo pramonės praktiką, siekiant įvertinti turizmo įtaką, sumažinti neigiamą turizmo poveikį ir padidinti teigiamą (Global Sustainable Tourism Council, n. d.). Remiantis PTO informacija, tvaraus turizmo plėtra turi atitikti turistų ir visuomenės poreikius regione, kartu saugoti ir gerinti ateities turizmo plėtros galimybes. Darniojo turizmo plėtros principai turi būti orientuoti į visų išteklių valdymą taip, kad būtų patenkinti visi ekonominiai, socialiniai ir estetiški poreikiai ir tuo pat metu geriamas kultūrinis vientisumas, esminiai ekologiniai procesai bei biologinė įvairovė, taip pat išsaugoma gyvybė (UNWTO, n. d.).

¹ <https://elpais.com/economia/2025-01-15/nuevo-record-de-turistas-espana-recibio-94-millones-de-viajeros-extranjeros-en-2024.html>

² <https://vstt.lrv.lt/lt/naujienos/lonely-planet-rekomenduoja-aplankyti-lietuvos-nacionalinius-parkus/>

Darniosios turizmo plėtros misija yra visų pirma skatinti žmonių, vietos bendruomenių sąmoningumą. Tokiu atveju svarbu atsižvelgti į šiuos tvarios turizmo veiklos skatinimo principus: sumažinti perteklinį gamtos išteklių naudojimą; skatinti tvarų gamtos, kultūros ir socialinių bei kultūrinių išteklių naudojimą; įtraukti vietos bendruomenes į turizmo vietovių plėtrą ir teikti joms ekonominę naudą; atsakingai vykdyti rinkodarą ir kt. (Amerta et al., 2018).

Apibendrintai darniojo turizmo sąvoka ir principai apima aplinkai draugišką turizmą, pvz.: sportinį turizmą (dviračių turus), gastronominį turizmą, sveikatos turizmą, gamtos turizmą arba „lėtąjį turizmą“, t. y. keliones, leidžiančias turistams labiau įsitraukti į bendruomenių, kurias sutinka savo maršrute, veiklas³.

Be to, remiantis PTO duomenimis, turistų požiūrio tyrimai⁴ rodo, kad 60–70 proc. Vakarų Europos šalių gyventojų planuodami kelionę įvertina turistinės vietovės ekologinį patrauklumą, keliaudami atsakingai žiūri į aplinką ir yra linkę mokėti daugiau už sertifikuotas paslaugas.

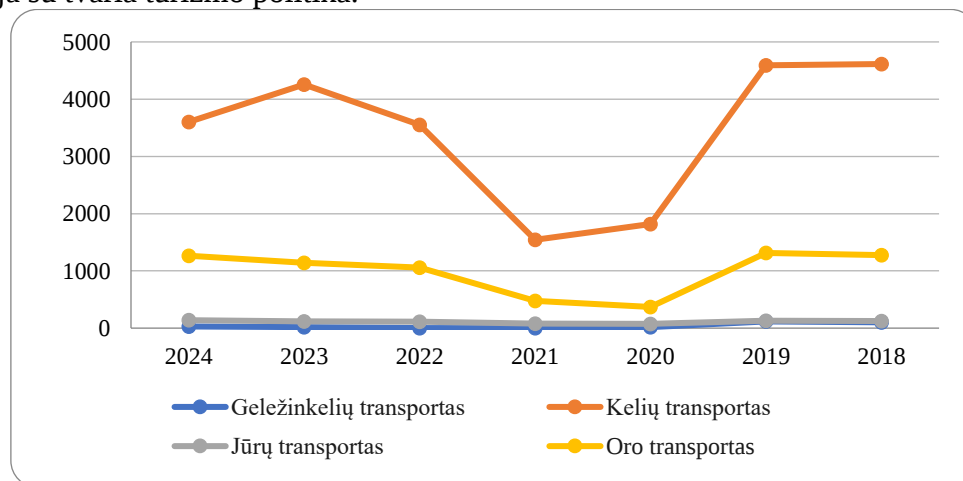
Darniojo turizmo rūšys.

Besikeičianti geopolitinė situacija pasaulyje, gamtiniai kataklizmai, klimato kaita ir kt. skatina žmonių sąmoningumą ir naujų tvarios krypties turizmo rūšių atsiradimą ir populiarumą. Tarp dominuojančių darniojo turizmo kelionių rūšių galima paminėti ekoturizmą, kaimo turizmą, „lengvąjį“ (angl. *soft*) turizmą, bendruomeninį (angl. *community*) turizmą. Be šių darnaus turizmo plėtros rūšių, didelį populiarumą popandeminiu laikotarpiu įgavo lėtasis (angl. „slow“) turizmas. Pasaulyje taip pat populiarios šios tvaraus turizmo krypties rūšys: edukacinis, žaliasis, jūrinis, pakrančių turizmas ir kt.⁵

Remiantis ilgalaikę Lietuvos turizmo plėtros strategija (toliau – Lietuvos turizmo kelrodis), norint išlaikyti konkurencingumą tarptautinėje turizmo rinkoje, būtina siekti darnios turizmo plėtros. Labai svarbus ne tik ekonominis, bet ir sociokultūrinis turizmo poveikis, sertifikuotų turizmo paslaugų plėtra, tinkamai parengtas personalas bei keliautojo sąmoningumas (Lietuvos turizmo kelrodis, 2024).

Darniojo turizmo plėtros praktika Lietuvoje: situacijos apžvalga.

2024 metais Lietuvos turizmo sektorius demonstravo atsigavimo ženklus, nors ikipandeminio lygio dar nepasiekė. Bendras lankytojų skaičius 2024 m. Lietuvoje siekė apie 5,03 mln., tai yra mažiau nei 2023 m. (5,53 mln.) ir gerokai mažiau nei 2019 m. (6,15 mln.) (CEIC, n. d.). Populiariausia keliavimo priemonė – kelių transportas (1 pav.), tai iš esmės mažai koreliuoja su tvaria turizmo politika.



1 pav. Atvykstamasis turizmas Lietuvoje 2018–2024 metais.

Šaltinis: Oficialiosios statistikos portalas, 2025

³ https://wayback.archive-it.org/12090/20220918085334/https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/tourism/offer/sustainable_en

⁴ Pasaulinė turizmo organizacija (UNWTO), 2005. Making Tourism More Sustainable – A Guide for Policy Makers. Madrid: UNWTO.

⁵ <https://klaipedaregion.lt/darnus-jurinis-ir-pakranciu-turizmas/>; <https://www.letasisturizmas.lt/>; <https://www.revfine.com/sustainable-tourism/#types-of-sustainable-tourism>

Tyrimų duomenimis, populiariausia veikla keliaujant išlieka poilsis gamtoje ir gamtos objektų lankymas – abi šias veiklas renkasi 43 proc. keliautojų. Taip pat populiarios maitinimo įstaigos (40 proc.) ir kultūrinių objektų, tokių kaip muziejai, pilys ir dvarai, lankymas (30 proc.) (Made in Vilnius, 2025). Pagal šią informaciją Lietuva turi nemažą potencialą tvarios turizmo krypties plėtrai.

Tačiau remiantis VšĮ „Keliam Lietuvoje“ teikiama informacija, šiuo metu į Lietuvą atvykstančių turistų geografija yra labai ribota, kadangi didesnę jų dalis aplanko didmiesčius (Vilnių – 86 proc., Kauną – 46 proc., Klaipėdą – 28 proc.). Užsienio svečiai į savo kelionės maršrutą dažniausiai neįtraukia gamtinio paveldo objektų ir vietovių bei nesilanko mažesnių miestelių amatų centruose. Pabrėžiama, kad tik 10 proc. kaimo turizmo sodybų klientų yra atvykstantys iš užsienio (Turizmo sektoriaus apžvalga, 2024).

Taigi, šis pavyzdys rodo, kad ateityje padidėjus užsienio lankytojų skaičiui šalyje situacija gali tapti itin komplikauta, siekiant išlaikyti darnią turizmo plėtros politikos kryptį. Jau dabar būtina imtis veiksmų ir tinkamai paskirstyti lankytojų srautus šalyje.

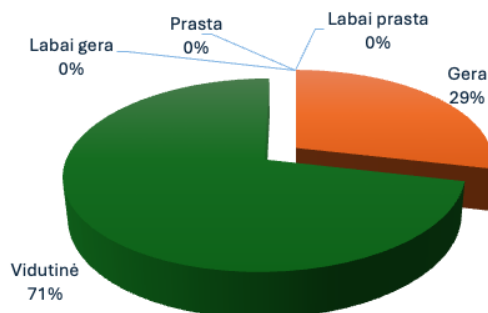
Tyrimo metodologija. Tyrime taikytas kiekybinis tyrimo metodas, siekiant objektyviai įvertinti darnaus turizmo aspektų suvokimą ir vertinimą tarp darnaus turizmo asociacijų. Duomenys buvo renkami naudojant standartizuotą anketą, kurią sudarė uždari ir atviri klausimai.

Tyrimo imtį sudarė asociacijos, kurios vienija organizacijas, taikančias darnaus vystymosi principus. Atlikus paiešką internete nustatyta, kad Lietuvoje yra 15 asociacijų, kurių narės veikia remdamosi darnaus turizmo principais.

Apklausa parengta naudojant Office 365 aplikaciją *Forms* ir išsiųsta oficialiais asociacijų el. paštais. Anketos pildymas vyko nuo 2025 m. kovo vidurio iki balandžio pabaigos. Anketa užpildė 7 asociacijos, o su trimis asociacijomis nepavyko susisiekti. Imties dydis pakankamas apžvalginei analizei atlikti, o respondentų pasirinkimas grindžiamas jų tiesioginiu ar netiesioginiu dalyvavimu turizmo veikloje. Surinkti duomenys buvo analizuojami naudojant aprašomąją statistiką, siekiant įvertinti veiksmų įtaką darnaus turizmo suvokimui.

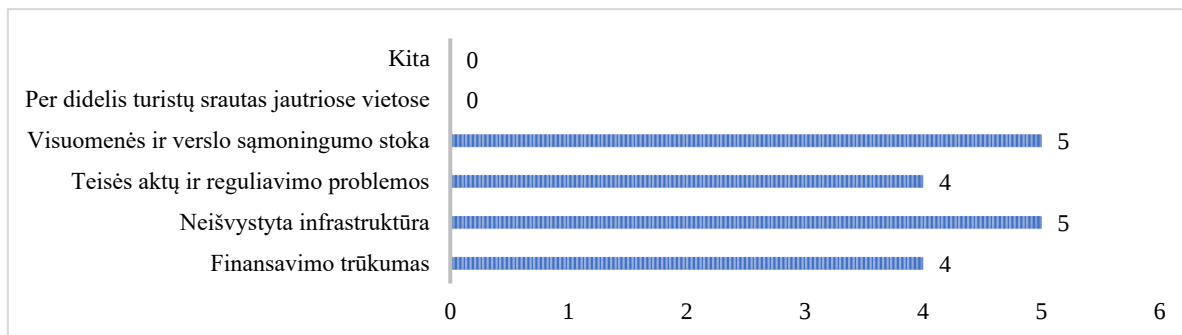
Tyrimo rezultatai ir apibendrinimas. Pirmiausia respondentų paklausta apie jų profesinę patirtį darnios krypties turizmo srityje. Dauguma respondentų įvardijo veikimo metus, kurie svyruoja: 2 m. (1), 10 m. (2), 15 m. (2), 25 m. (2). Šios asociacijos savo veikla siekia prisidėti prie darnaus turizmo plėtros, informuodamos klientus apie atsakingo keliavimo principus; bendradarbiauja su Lietuvos ir užsienio partneriais, dalyvauja rengiant ir įgyvendinant tarptautines programas / projektus mokslinėje, teisinėje, profesinėje, ekonominėje, socialinėje, sporto bei kultūrinėje sferose; propaguoja natūralius gamtinius išteklius, gyventojų sveikatos gerinimą ir kt.

Asociacijų veikimo geografija priklauso nuo veiklos pobūdžio, tad iš apklaustųjų viena organizacija veikia visoje Lietuvoje. Dvi veikia tik konkrečioje savivaldybėje: Vilniaus mieste ir Alytaus rajone. Didesnė dalis (4) veikia didmiesčiuose arba kurortuose ir kurortinėse teritorijose (3). Paklausti apie dabartinę darnaus turizmo būklę Lietuvoje, respondentai ją įvardijo kaip vidutinę (2 pav.):



2 pav. Dabartinė darniojo turizmo plėtros būklė Lietuvoje

Asociacijų atstovų taip pat paprašyta įvardyti pagrindines darnaus turizmo plėtros kliūtis (3 pav.). Asociacijos nurodė, kad trūksta bendradarbiavimo: didžiausias trūkumas yra susitelkimo ir bendradarbiavimo stoka vystant darnų turizmą. Taip pat trūksta nuoseklumo teisinėje ir reguliacinėje sistemoje: ekskursijų organizavimo, vedimo ir gidų profesinės veiklos, organizavimo, kontrolės sistemos reformos; autobusų ilgesnio stovėjimo ir trumpų sustojimų problemų reguliavimas. Tačiau viena pagrindinių priežasčių – veiklos kultūra: Lietuvoje dauguma turizmo iniciatyvų remiasi trumpalaikiu finansavimu (pvz., ES fondais), tačiau trūksta ilgalaikių, sistemingų investicijų. Tai stabdo inovatyvių ir aplinkai draugiškų sprendimų diegimą. Regionuose (ypač mažiau žinomuose) vis dar trūksta kokybiškų kelių, dviračių takų, informacijos centrų ar net paprastų rodyklių. Be to, retai kada yra užtikrinamas patogus susisiekimas viešuoju transportu. Tai riboja tiek vietinių, tiek užsienio turistų galimybes keliauti tvariai.



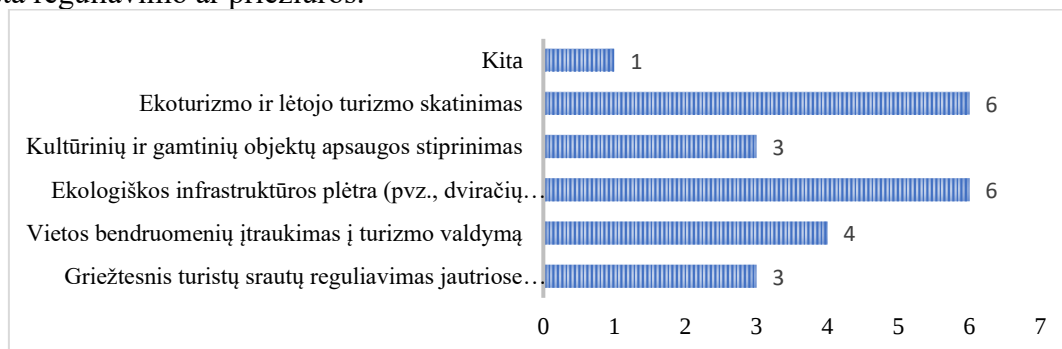
3 pav. Darnaus turizmo plėtros kliūtys Lietuvoje

Darnaus turizmo srityje dažnai trūksta aiškių gairių, kaip verslui ar savivaldybėms prisidėti prie tvarumo. Nors keičiasi požiūris, tačiau daug verslų (ypač smulkesnių) nelinkę investuoti į tvarumą. Taip pat dalis keliautojų vis dar teikia pirmenybę patogumui, o ne atsakingam elgesiui – pavyzdžiui, vyksta automobiliu į jautrias gamtos teritorijas, tačiau neprisideda prie jų išsaugojimo ar priežiūros.

Nors domėjimasis atsakingu keliavimu auga, vis dar daug klientų prioritetą teikia kainai, o ne tvarumui, tai dažnai siejama su kokybe. Taip pat trūksta aiškių paskatų ar reikalavimų verslui, kad būtų skatinama tvari veikla. Kai kuriose Lietuvos vietovėse trūksta patogaus ir tvaraus susisiekimo.

Asociacijų atviru klausimu paklausta, kas, jų nuomone, Lietuvoje kenčia nuo per didelių turizmo srautų ir kodėl? Išskirtas Vilniaus senamiestis, Trakai ir Kuršių Nerija. Šiose teritorijose jaučiamas didelis spaudimas vietinei infrastruktūrai, kainų augimui, sezono metu – triukšmas.

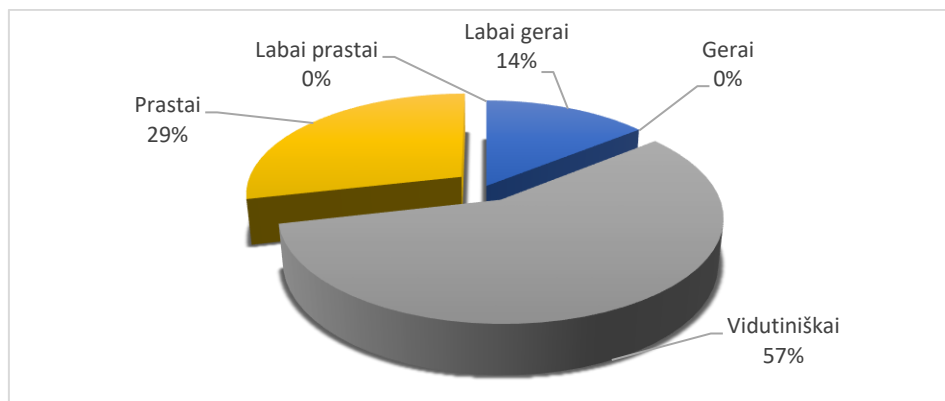
Tačiau asociacijos įvardijo, kad Lietuvoje turistų skaičius nėra toks didelis, kad būtų įvardytas kaip problema, tad sistemingai darnaus turizmo plėtrai yra tinkamos sąlygos. Vis dėlto tam tikrose vietose per didelis lankytojų skaičius gali kenkti ekosistemoms, ypač jei trūksta reguliavimo ar priežiūros.



4 pav. Būdai suvaldyti augantį tarptautinį turizmą

Veiksmingiausi būdai suvaldyti augantį tarptautinį turizmą Lietuvoje pateikti 4 pav. Beveik visų asociacijų atstovai sutarė, kad būtina skatinti ekoturizmą ir lėtąjį turizmą bei investuoti į ekologišką infrastruktūrą. Taip pat akcentavo vietos bendruomenių įsitraukimo svarbą.

Paklausti, ar šiuo metu turizmo politika Lietuvoje pakankamai atsižvelgia į tvarumo aspektus, respondentai beveik vieningai atsakė *taip*, tačiau kartu pažymėjo, kad dar yra kur tobulėti. Jiems kelia susirūpinimą, kad vietos bendruomenės per mažai įtraukiamos į turizmo planavimą ir valdymą arba jų dalyvavimas būna nepakankamai efektyvus (5 pav.):



5 pav. Vietos bendruomenių dalyvavimas planuojant turizmą

Akivaizdu, kad bendradarbiavimas tarp viešojo ir privataus sektorių kelia nemažai iššūkių, siekiant toliau skatinti tvarią turizmo kryptį šalyje. Tad būtina kuo greičiau užmegzti dialogą su šalies regionais ir skatinti tvarią turizmo politiką ne tik šalies didmiesčiuose.

Išvados:

Atlikus statistinių duomenų apžvalgą bei atsižvelgus į asociacijų ekspertų pateiktas išvalgas, darytinos išvados, kad šalis susiduria su iššūkiais:

1. Bendradarbiavimo tarp viešojo ir privataus sektorių stoka.
2. Nenuosekli teisinė reguliacinė turizmo skatinimo ir plėtros sistema (trūksta aiškių paskatų, reikalavimų verslui skatinti tvarią veiklą).
3. Regionuose (ypač mažiau žinomuose) vis dar trūksta kokybiškų kelių, dviračių takų, informacijos centrų ar net paprastų rodyklių.
4. Keliautojų sąmoningumo stoka (dažniausiai renkasi keliauti automobiliais).
5. Per mažas vietos bendruomenių įsitraukimas į vietos turizmo plėtrą.
6. Vietos bendruomenė neįtraukta į edukacinius procesus.
7. Inovatyvių technologijų trūkumas.

Rekomendacijos:

1. Sukurti savivaldybių, turizmo informacijos centrų ir vietos verslo bendradarbiavimo platformas – pvz., bendrai kurti maršrutus, reklamos kampanijas, dalytis duomenimis apie lankytojų srautus.
2. Įteisinti aiškias skatinamąsias priemones verslui (pvz., skatinamosios lengvatos ir pan.).
3. Investuoti į bazinę turizmo infrastruktūrą – kokybiškus kelių ruožus, dviračių takus, turistines rodykles, poilsio aikšteles, informacinius standus (skatinti atsisakyti automobilio).
4. Keliautojų sąmoningumo ugdymas (pvz., mobilioji programėlė su „žaliojo keliautojo“ ženklais ir pan.)
5. Organizuoti mokymus vietos bendruomenėms apie turizmą, klientų aptarnavimą, paslaugų kūrimą.
6. Nacionalinėje turizmo strategijoje labiau akcentuoti regionus kaip lėto, autentiško, tvaraus turizmo vietą.

LITERATŪRA

- Amerta I Made Suniastha, Sara I Made, Bagiada Kompiang (2018). *Sustainable tourism development*. <https://ijcuajournals.us/>
CEIC data https://www.ceicdata.com/en/indicator/lithuania/visitor-arrivals?utm_source=chatgpt.com
- El Pais <https://elpais.com/economia/2025-01-15/nuevo-record-de-turistas-espana-recibio-94-millones-de-viajeros-extranjeros-en-2024.html>
- Global Sustainable Tourism Council <https://www.gstcouncil.org/what-is-sustainable-tourism/>
- Hanyoung Goand & Myunghwa Kang (2022). *Metaverse tourism for sustainable tourism development: Tourism Agenda 2030*
https://www.researchgate.net/publication/365202483_Metaverse_tourism_for_sustainable_tourism_development_tourism_agenda_2030
- Keliauk Lietuvoje Turizmo sektoriaus apžvalga_Keliauk Lietuvoje_2024.pdf
Keliau Lietuvoje ataskaita https://lithuania.travel/other_files/KL%20atsiskaito.pdf
- Lietuvos respublikos ekonomikos ir inovacijų ministerija (2024). *Lietuvos turizmo kelrodis*.
<https://eimin.lrv.lt/media/viesa/saugykla/2024/6/FS59Q67N6oE.pdf>
- Lietuvos lėtojo turizmo asociacija <https://www.letasisturizmas.lt/>
- Lonely Planet <https://vstt.lrv.lt/lt/naujienos/lonely-planet-rekomenduoja-aplankyti-lietuvos-nacionalinius-parkus/>
- Made in Vilnius https://madeinvilnius.lt/en/news/tourism/travel-in-lithuania-2024-these-lithuanians-will-bring-prestigious-ratings-and-growing-tourist-flows/?utm_source=chatgpt.com
- Oficialiosios statistikos portalas <https://osp.stat.gov.lt/turizmas>
- Pasaulinė turizmo organizacija [UNWTO] (2005). *Making Tourism More Sustainable – A Guide for Policy Makers*. Madrid: UNWTO
- Pasaulio turizmo organizacija [UNWTO].
<https://www.unwto.org/sustainable-development>
<https://ec.europa.eu/programmes/erasmus-plus/project-result-content/94dc3fda-1b2a-427d-8532-4fdf9c16fe9a/Innoguide%20Advanced%20Sustainability.pdf>
<https://atostogoskaime.lt/ekologinis-turizmas>
<https://klaipedaregion.lt/darnus-jurinis-ir-pakranciu-turizmas/>
https://wayback.archive-it.org/12090/20220918085334/https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/tourism/offer/sustainable_en
<https://www.revfine.com/sustainable-tourism/#types-of-sustainable-tourism>

SUSTAINABLE TOURISM DEVELOPMENT IN LITHUANIA: SITUATION ANALYSIS

Summary. This article analyses the development of sustainable tourism in Lithuania in the context of global challenges such as over-tourism, climate change, and geopolitical instability. It presents key principles of sustainable tourism, highlighting both the opportunities and difficulties in applying these principles locally. Based on a quantitative survey of Lithuanian associations engaged in sustainable tourism and statistical review, the study identifies major obstacles such as insufficient infrastructure, lack of long-term investment, limited collaboration between public and private sectors, and weak involvement of local communities. The article proposes practical recommendations, including improved infrastructure, incentive systems for sustainable business, public awareness campaigns, and more effective tourism governance. The aim is to align growing international tourism with environmental, cultural, and social sustainability in Lithuania.

Keywords: *tourism, sustainability, tourism policy, ecology, community.*

ALTERNATYVIŲ KAVOS GĖRIMŲ ANTIOKSIDACINIO AKTYVUMO ĮVERTINIMAS DPPH• RADIKALŲ SURIŠIMO METODU

Jolanta Jurkevičiūtė, Evelina Voleikaitė

Vilniaus kolegija, Agrotechnologijų fakultetas

Anotacija. Šiame darbe nustatytas alternatyvių kavos gėrimų – ažuolo gilių, cikorijos (paprastosios trūkazolės) šaknų, miežių ir morkų – antioksidacinis aktyvumas DPPH• radikalų surišimo metodu, kuris yra plačiai naudojamas siekiant įvertinti augalinės kilmės produktų gebėjimą neutralizuoti laisvuosius radikalus. Literatūros šaltinių analizė parodė, kad alternatyviuose kavos gėrimuose yra žmogaus sveikatai naudingų cheminių junginių – randama polifenolių, pvz., flavonoidų, taninų, taip pat inulino, beta karoteno, vitaminų ir mineralinių medžiagų. Šie junginiai gali daryti teigiamą poveikį žmogaus organizmui, pvz., mažinti uždegiminius procesus, širdies ir kraujagyslių lėtinių ligų bei neurodegeneracinių sutrikimų riziką. Siekiant nustatyti alternatyvių kavos gėrimų antioksidacinį aktyvumą, mėginiai buvo ekstrahuoti 70 % etanolio tirpalu ir dejonizuotu vandeniu. Atlikto tyrimo rezultatai parodė, kad didžiausias antioksidacinis aktyvumas buvo nustatytas ažuolo gilių kavos mėginyje (82,8 %), kai ekstrahentu buvo naudojamas etanolis, o mažiausias (24,2 %) – cikorijų kavos mėginyje, ekstrahuotame dejonizuotame vandenyje. Nustatyta, kad ekstrahuojant kavos mėginius 70 % etanolio antioksidantų buvo išskirta reikšmingai daugiau, lyginant su mėginiais ekstrahuotais dejonizuotame vandenyje, kai antioksidacinis aktyvumas sumažėjo vidutiniškai 45,5 %.

Tyrimu nustatyta, kad ekstrakcijai naudotas tirpiklis daro reikšmingą įtaką bioaktyviųjų medžiagų išsiskyrimui.

Raktiniai žodžiai: *alternatyvūs kavos gėrimai, antioksidacinis aktyvumas, DPPH• radikalų surišimo metodas.*

Įvadas. Tradicinė kava, gaminama iš kavamedžio (*Coffea L.*) uogų skrudintų sėklų, yra vienas iš populiariausių ir plačiausiai vartojamų gėrimų pasaulyje. Jos sudėtyje esantis kofeinas stimuliuoja centrinę nervų sistemą ir mažina nuovargį. Tačiau kofeinas gali daryti ir neigiamą įtaką žmonių sveikatai, pvz., didinti kraujospūdį, sukelti nervingumą ar miego sutrikimus (Kaur & Kapoor, 2001).

Pastaruoju metu didėja žmonių dėmesys sveikatai, tvarumui ir natūraliems produktams, tai paskatino susidomėjimą alternatyviais kavos gėrimais, kurie gaminami iš įvairių augalinių žaliavų, pvz., ažuolo gilių, cikorijos (paprastosios trūkazolės) šaknų, miežių, kiaulpienių šaknų ar net morkų. Nors tradicinė pupelių kava išlieka vienas populiariausių gėrimų pasaulyje, dažnai siūlomi alternatyvūs kavos be kofeino ir kiti sveikatai palankesni gėrimai, turintys antioksidacinių, priešuždegiminių ir kitų naudingų savybių žmogaus organizmui (Di Lorenzo et al., 2019).

Gilių kava gaminama iš skrudintų ažuolo vaisių – gilių, kurių sudėtyje yra taninų, polisacharidų ir mineralinių medžiagų. Tyrimai rodo, kad gilėms būdingos antioksidacinės savybės ir gali būti naudojamos kaip alternatyva tradicinei kavai (Szczepaniak et al., 2021). Gilėse gausu taninų – polifenolinių junginių, pasižyminčių antioksidaciniu, antibakteriniu ir priešuždegiminiu poveikiu. Be to, jos yra natūralus skaidulų, kalio, kalcio ir magnio šaltinis. Taninai ir kiti fenoliniai junginiai suteikia gilių gėrimui kartumo ir funkcinį savybių, o skrudinimo metu susidarantys melanoidinai gali padidinti bendrą antioksidacinį aktyvumą (Szczepaniak et al., 2021). Cikorijos (*Cichorium intybus L.*) šaknys taip pat seniai naudojamos alternatyvios kavos gėrimui ruošti. Jose gausu inulino – prebiotiko, kuris palaiko žarnyno mikroflos balansą, ir veikliųjų medžiagų, turinčių priešuždegiminių ir kepenis saugančių savybių. Be inulino, cikorijos šaknys turi chlorogeninės rūgšties, esculino, flavonoidų ir kitų fenolinių junginių, kurie geba neutralizuoti laisvuosius radikalus žmogaus organizme ir jiems būdingas priešuždegiminius poveikius (Kocsis et al., 2020). Miežiai yra svarbus β-gliukanų šaltinis – tai vandenyje tirpios skaidulos, siejamos su cholesterolio kiekio mažinimu ir cukraus kiekio kraujyje reguliavimu (Kim et al., 2018). Be to, miežių kavoje nustatyta įvairių fenolinių junginių, pvz., ferulo rūgštis, p-kumaro rūgštis, kuriems būdingas antioksidacinis aktyvumas. Miežių kava, gaminama iš skrudintų miežių grūdų, taip pat populiarėja kaip kofeino neturintis gėrimas. Šiai kavai būdingas švelnus ir malonus skonis, joje gausu B grupės vitaminų ir antioksidantų (Kim et al., 2018). Morkų kava – palyginti naujas produktas, gaminamas iš džiovintų ir skrudintų morkų, turinčių beta karoteno ir kitų fenolinių junginių. Šiems

junginiams taip pat būdingas antioksidacinis poveikis. Be karotenoidų, morkose randama askorbo rūgšties (vitamino C), fenolinių junginių bei skaidulinių medžiagų (Ahmed et al., 2023). Morkose dažniausiai esantys polifenoliniai junginiai – tai chlorogeninė rūgštis, kofeino rūgštis, p-hidroksibenzenkarboksi rūgštis ir flavonoidai, pvz., kvercetas, kaempferolis ir luteolinas (Ahmad et al., 2019).

Vartotojų susidomėjimas natūraliais ir sveikatai naudingais produktais lemia didėjančią alternatyvių kavos gėrimų populiarumą. Norint užtikrinti jų kokybę ir pagrįsti naudą žmogaus organizmui, svarbu atlikti išsamius kokybinius ir kiekybinius jų tyrimus.

Alternatyviuose kavos gėrimuose yra įvairių biologiškai aktyvių medžiagų, kurios gali daryti teigiamą poveikį žmogaus sveikatai. Laisvieji radikalai, susidarantys organizme dėl aplinkos taršos, rūkymo ar alkoholio vartojimo, maisto žaliavų bei produktų taršos sunkiaisiais metalais, gali pažeisti ląsteles ir audinius, skatindami senėjimo procesus bei įvairių ligų, pvz., širdies ir kraujagyslių, vėžiniai susirgimų ar Alzheimerio ligos vystymąsi. Vienas svarbiausių veiksnių, padedančių apsaugoti nuo laisvųjų radikalų, yra antioksidantai – junginiai, mažinantys oksidacinį stresą ir stiprinantys organizmo imuninę sistemą (Floegel et al., 2011).

Vienas iš pagrindinių alternatyvių kavos gėrimų privalumų – jų sudėtyje esantys biologiškai aktyvūs junginiai, ypač polifenoliai, galintys veikti kaip antioksidantai. Antioksidacinis aktyvumas yra svarbus rodiklis, leidžiantis įvertinti šių produktų naudą žmogaus sveikatai, ypač neutralizuojant laisvuosius radikalus ir mažinant oksidacinį stresą (Kähkönen et al., 1999). Vienas iš plačiausiai naudojamų metodų antioksidaciniam aktyvumui įvertinti yra DPPH[•] (2,2-difenil-1-pikrilhidrazilio) laisvųjų radikalų surišimo metodas, kuris leidžia greitai ir patikimai nustatyti mėginyje esančių antioksidantų gebėjimą neutralizuoti laisvuosius radikalus (Brand-Williams et al., 1995).

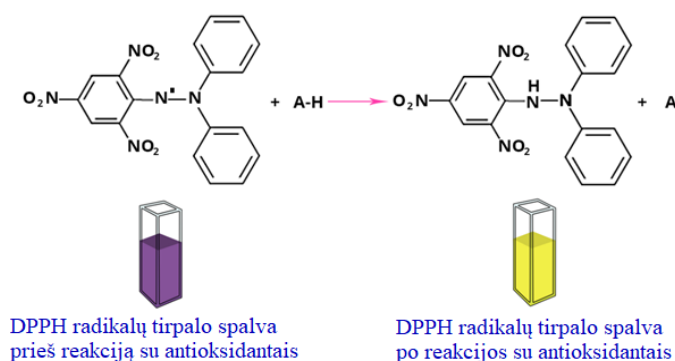
Tyrimo tikslas. Įvertinti alternatyvių kavos gėrimų antioksidacinį aktyvumą.

Uždaviniai:

1. Apžvelgti informacijos šaltinius apie žaliavų, naudojamų alternatyvių kavos gėrimų paruošimui, cheminę sudėtį bei jų galimą poveikį žmogaus organizmui;
2. Nustatyti ir palyginti alternatyvių kavos gėrimų antioksidacinį aktyvumą DPPH[•] radikalų surišimo metodu.

Tyrimo objektas. Alternatyvių kavos gėrimų ekstraktai, pagaminti iš ąžuolo gilių, cikorijos šaknų, morkų, ir miežių.

Tyrimo metodas. DPPH[•] (2,2-difenil-1-pikrilhidrazilio) metodas yra vienas dažniausiai naudojamų *in vitro* antioksidacinio aktyvumo nustatymo metodų. Jo esmė – tiriamosios medžiagos (elektronų ar vandenilio atomų donoro) gebėjimo neutralizuoti laisvuosius radikalus įvertinimas. DPPH[•] yra stabilus intensyvios violetinės spalvos radikalas, turintis ryškų šviesos sugerties maksimumą esant 520 nm bangos ilgiui. Kai DPPH[•] radikalas sąveikauja su antioksidantu, jis yra redukuojamas ir praranda spalvą – tirpalas tampa ne tokios intensyvios spalvos arba geltonas (1 pav.).



1 pav. DPPH[•] (2,2-difenil-1-pikrilhidrazilio) radikalų surišimo reakcija

Šaltinis: AgroParisTech. (2025). Antioxidant DPPH – Theory. Chimactiv.
<https://chimactiv.agroparistech.fr/en/aliments/antioxydant-dpph/principe>

Šis spalvos intensyvumo sumažėjimas proporcingas antioksidantų aktyvumui ir nustatomas spektrofotometrinio metodu, matuojant šviesos sugertį (Brand-Williams et al., 1995).

Tyrimo metodika.

Mėginio paruošimas: svarstyklėmis (AB-S/FACT, Mettler Toldeo) pasveriami po $0,100 \pm 0,001$ g tiriamųjų mėginių. Ekstrahento tūris – 10 ml. Naudoti du ekstrahentai: 70 % etilo alkoholio (v/v) tirpalas ir dejonizuotas vanduo. Mėginiai 30 min. ekstrahuojami ultragarso vonelėje (XUBA3, Grant Instruments), 44 kHz dažniu ir 90 °C temperatūroje. Ekstraktai 5 min. centrifuguojami 4500 aps. / min. greičiu centrifugoje (BKC-TH 16II, Biobase).

Tyrimo eiga: į mėgintuvėlius įpilama 50 µl ekstrakto, 4 ml $6 \cdot 10^{-5}$ mol/l DPPH* tirpalo ir 30 min. inkubuojama 25 °C temperatūroje tamsoje. Šviesos sugertis mėginiuose matuojama spektrofotometru (UV/RŠ UV5, Mettler Toledo) esant 520 nm bangos ilgiui.

Inhibicija (slopinimas, %) apskaičiuojama pagal formulę:

$$DPPH \text{ (inhibicija, \%)} = \frac{A_b - A_a}{A_b} \cdot 100$$

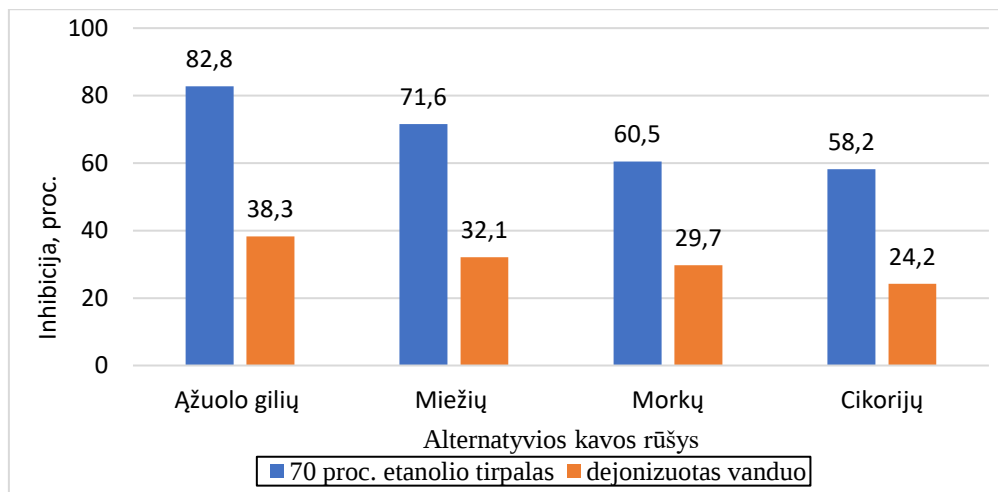
A_a – mėginio šviesos sugertis po 30 min. inkubavimo;

A_b – DPPH* laisvųjų radikalų tirpalo šviesos sugertis.

Tyrimas buvo atliktas tris kartus ($n = 3$), o rezultatai pateikti kaip šių matavimų vidurkis.

Tyrimo rezultatai. Tirpiklio pasirinkimas gali reikšmingai paveikti bioaktyvių junginių ekstrakciją ir nustatomą antioksidacinį aktyvumą DPPH* metodu. Bioaktyvių junginių, ypač fenolinių, tirpumas priklauso nuo jų cheminės struktūros ir tirpiklio poliškumo: poliniai junginiai (pvz., galo rūgštis, rutinas) geriau tirpsta vandenyje, mažiau poliniai junginiai (pvz., flavonoidai, taninai) geriau tirpsta etanolyje ar jo mišiniuose su vandeniu (Matić et al. 2017). Mėginių antioksidacinis aktyvumas buvo nustatytas ekstrahentu naudojant 70 % etanolio tirpalą ir dejonizuotą vandenį.

Tyrimo duomenys rodo, kad didžiausias antioksidacinis aktyvumas 82,8 % nustatytas ąžuolo gilių ekstrakto, kai ekstrakcijai naudotas 70 % etanolio tirpalas (2 pav.).



2 pav. Alternatyvių kavos gėrimų antioksidacinis aktyvumas

Naudojant dejonizuotą vandenį, šių mėginių antioksidacinis aktyvumas sumažėjo beveik perpus – iki 38,3 %. Mažiausias antioksidacinis aktyvumas nustatytas cikorių ekstrakto – 58,2 %. Literatūros duomenimis, įvairių alternatyvios kavos žaliavų antioksidacinis aktyvumas DPPH* metodu yra: cikorių ~67 % (Kocsis et al., 2020), miežių ~90,5 % (Omwamba & Hu, 2010), ąžuolo gilių ~94 % (Popović et al., 2013). Apie morkų kavos antioksidacinį aktyvumą nustatytą DPPH* metodu publikuotų duomenų nepavyko rasti.

Tyrimo duomenys rodo, kad antioksidacinis aktyvumas dejonizuotu vandeniu ekstrahuotuose kavos mėginiuose sumažėjo vidutiniškai 45,5 %, lyginant su mėginiais ekstrahuotais 70 % etanolio.

Ekstrahuojant mėginius dejonizuotu vandeniu, didžiausias antioksidacinis aktyvumas nustatytas ąžuolo gilių kavoje (38,3 %), o mažiausias – cikorių kavoje (24,2 %). Gautus rezultatus lyginant pagal inhibicijos vertes, ąžuolo gilių kava priskiriama labai stipriems antioksidantams (>80 %), o miežių, morkų ir cikorių kavos – stipriems antioksidantams (50–80 %).

Išvados:

1. Atlikus literatūros šaltinių analizę galima teigti, kad alternatyvūs kavos gėrimai, gaminami iš įvairių augalinių žaliavų: ąžuolo gilių, cikorių šaknų, miežių ar morkų, pasižymi teigiamu poveikiu žmogaus sveikatai: yra natūralus polifenolių, taninų, flavonoidų, karotenoidų, vitaminų, skaidulų ir mineralinių medžiagų šaltinis, juose esantys bioaktyvūs junginiai pasižymi antioksidacinėmis, priešuždegiminėmis, imunostimuliuojančiomis ir kitomis sveikata stiprinančiomis savybėmis. Alternatyvių kavos gėrimų antioksidacinis aktyvumas priklauso nuo jų sudėtyje esančių fenolinių junginių, kurie gali padėti išvengti oksidacinio streso sukeltų ligų.

2. Alternatyvių kavos gėrimų antioksidacinis aktyvumas buvo nustatytas DPPH^{*} radikalų surišimo metodu, ekstrahuojant mėginius 70 % etanolio tirpalu ir dejonizuotu vandeniu. Nustatyta, kad fenoliniams junginiams ir kitiems antioksidantams išgauti etanolis yra efektyvesnis tirpiklis nei dejonizuotas vanduo: didžiausias antioksidacinis aktyvumas nustatytas ąžuolo gilių, o mažiausias – cikorių šaknų kavos mėginiuose. Pagal inhibicijos vertes, ąžuolo gilių kava priskiriama labai stipriems antioksidantams, miežių, morkų ir cikorių – stipriems antioksidantams.

LITERATŪRA

Ahmad, T., Cawood, M., Iqbal, Q., Ariño, A., Batool, A., Tariq, R. M. S., Azam, M., & Akhtar, S. (2019). Phytochemicals in *Daucus carota* and their health benefits – Review article. *Foods*, 8(9), 424. <https://doi.org/10.3390/foods8090424>.

Ahmed, M., Liu, T., & Zhang, H. (2023). Nutritional and phytochemical properties of roasted carrot-based beverages. *Journal of Functional Foods*, 101, 105440. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.105440>.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1), 25–30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5).

Di Lorenzo, C., Nabavi, S. F., Izzo, A. A., & Nabavi, S. M. (2019). Functional foods and beverages: Traditional uses and health benefits. *Phytotherapy Research*, 33(3), 494–513. <https://doi.org/10.1002/ptr.6255>.

Floegel, A., Kim, D. O., Chung, S. J., Koo, S. I., & Chun, O. K. (2011). Comparison of the antioxidant capacity of commonly consumed polyphenol-rich beverages in the United States. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(6), 2999–3007. <https://doi.org/10.1021/jf104200r>.

Kähkönen, M. P., Hopia, A. I., Vuorela, H. J., Rauha, J. P., Pihlaja, K., Kujala, T. S., & Heinonen, M. (1999). Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(10), 3954–3962. <https://doi.org/10.1021/jf990146l>.

Kaur, C., & Kapoor, H. C. (2001). Antioxidants in fruits and vegetables – The millennium's health. *International Journal of Food Science & Technology*, 36(7), 703–725. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2001.00513.x>.

Kim, J. H., Park, M. H., & Lee, J. Y. (2018). Physicochemical and antioxidant properties of roasted barley beverage. *Food Science and Biotechnology*, 27(3), 763–770. <https://doi.org/10.1007/s10068-018-0111-0>.

Kocsis, T., Kovacs, A., & Vasas, A. (2020). Chicory (*Cichorium intybus*)—An undervalued fiber and health-promoting plant. *Nutrients*, 12(11), 3313. <https://doi.org/10.3390/nu12113313>.

Matić, I., Škorić, I., & Šubarić, D. (2017). Antioxidant activity of extracts of wild chicory (*Cichorium intybus* L.) obtained using different solvents. *Pomeranian Journal of Life Sciences*, 63(1), 20–24. <https://ojs.pum.edu.pl/pomjlifesci/article/view/1042>.

Omwamba, M., & Hu, Q. (2010). Antioxidant activity in barley (*Hordeum vulgare* L.) grains roasted in a microwave oven under conditions optimized using response surface methodology. *Journal of Food Science*, 75(1), C66–C73. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01426.x>.

Popović, B. M., Štajner, D., Čalić, D., & Orlović, S. (2013). Antioxidant characterization of oak extracts combining spectrophotometric assays and chemometrics. *The Scientific World Journal*, 2013, 134656. <https://doi.org/10.1155/2013/134656>.

Szczepaniak, O. M., Siger, A., & Nogala-Kałużka, M. (2021). Tannin-rich acorn flour: Potential application in food products. *Food Chemistry*, 356, 129651. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129651>.

Tahmouzi, S. (2025). Coffee substitutes: A review of the technology, characteristics, application, and future perspective. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.70041>.

EVALUATION OF THE ANTIOXIDANT ACTIVITY OF ALTERNATIVE COFFEE BEVERAGES USING THE DPPH[•] RADICAL SCAVENGING METHOD

Summary. In this work, the antioxidant activity of alternative coffee drinks – oak acorns, chicory roots (chicory), barley and carrots – was determined using the DPPH[•] radical scavenging method, which is widely used to assess the ability of plant-based products to neutralize free radicals. Literature analysis showed that these drinks contain chemical compounds beneficial to human health – they contain polyphenols, e.g. flavonoids, tannins, as well as inulin, beta-carotene, vitamins and minerals, which can have a positive effect on the human body, e.g., reducing inflammatory processes, reducing the risk of cardiovascular chronic diseases and neurodegenerative disorders. In order to determine the antioxidant activity of raw materials for preparing alternative coffee drinks, the samples were extracted with 70% ethanol solution and deionized water. The results of the study showed that the highest antioxidant activity – 82.8% (inhibition) was determined in the oak acorn sample when ethanol was used, and the lowest – in the chicory sample, extracted in water – 24.2%. Using a 70% ethanol solution, more antioxidants were extracted, while using deionized water, the antioxidant activity decreased by an average of 45.5%. The study found that the solvent used for extraction significantly affects the release of bioactive substances.

Keywords: *alternative coffee drinks, antioxidant activity, DPPH[•] radical scavenging method.*

SPEKTROFOTOMETRINIS BENDROJO AZOTO KIEKIO NUSTATYMAS NUOTEKOSE IR PAVIRŠINIAME VANDENYJE

Irena Čerčikienė, Gabija Lukoševičiūtė

Vilniaus kolegija, Agrotechnologijų fakultetas

Anotacija. Šiuolaikiniame pasaulyje vis dažniau susiduriama su paviršinio ir požeminio vandens išteklių išsekimo ir taršos problema. Pagrindinės priežastys – sparčiai augantis gyventojų skaičius ir intensyvėjanti pramonė. Viena pagrindinių paviršinio vandens taršos problemų – eutrofikacija, kuri priklauso nuo padidėjusios azoto, fosforo junginių koncentracijos. Ją lemia žmogaus veikla – žemdirbystė, nuotekų išleidimas į vandens telkinius. Siekiant užtikrinti vandens išteklių apsaugą nuotekų valymo ir išleidimo tvarka daugelyje šalių yra griežtai reglamentuojama. Šio tyrimo metu buvo nustatytas bendrojo azoto kiekis gamybinėse nuotekose, išleidžiamose nuotekose į gamtinę aplinką bei upės vandens mėginiuose spektrofotometrinio metodu. Tyrimo rezultatai parodė, kad X įmonės nuotekos buvo tinkamai apdorotos ir išleidžiamose į gamtinę aplinką nuotekose azoto kiekis neviršijo Nuotekų tvarkymo reglamente nustatytos ribinės – 12 mg/LN koncentracijos, o upės vandens mėginiuose azoto koncentracija daugelį mėnesių viršijo didžiausią leidžiamą – 2,5 mg/LN koncentraciją.

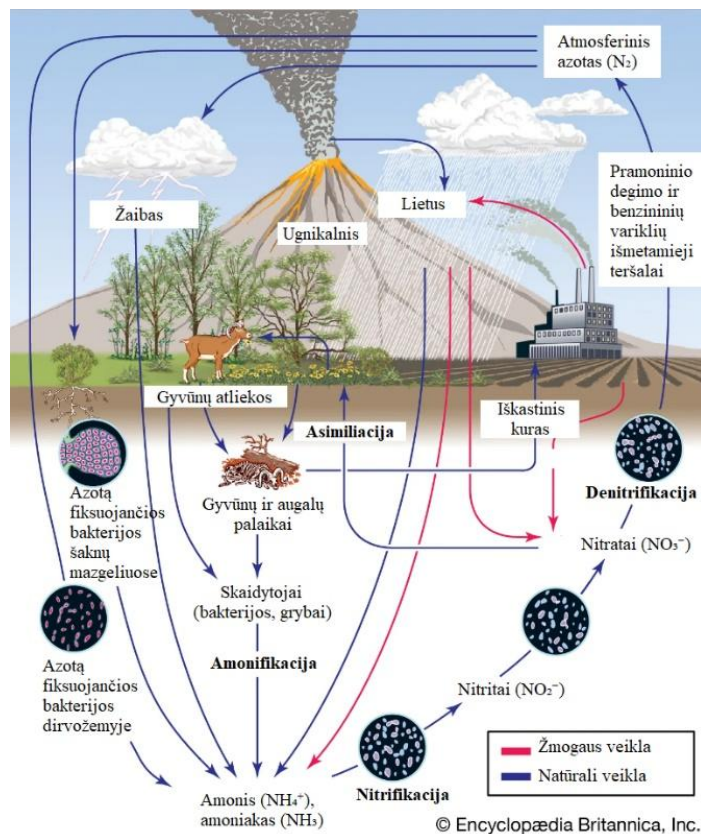
Raktiniai žodžiai: *bendras azotas, gamybinės nuotekos, išleidžiamos nuotekos į gamtinę aplinką, paviršinis (upės) vanduo.*

Išvadas. Pasaulyje didėjant gyventojų skaičiui, plečiantis miestams ir intensyvėjant žemės ūkio veiklai, didėja pramoninis vandens užterštumas, senka požeminio vandens ištekliai, todėl kyla didesnės ir sunkesnės sausros. Daugiau kaip 70 % pasaulio paviršinio gėlo vandens sunaudojama žemės ūkyje, o intensyvus pasėlių drėkinimas bei mineralinių medžiagų perdirbimas lemia reikšmingą paviršinio vandens taršą. Dėl šių veiksnių kyla vandens trūkumo problema, kuri kelia rimtą grėsmę žmonių ir gyvūnų sveikatai (Moloantova ir kt., 2022).

Eutrofikacija – tai laipsniškas azoto, fosforo ir kitų augalams būtinų maistinių medžiagų koncentracijos didėjimas vandens ekosistemose, kuris sukelia biologinio produktyvumo augimą. Šis reiškinys gali vykti natūraliai, kai į vandens telkinius patenka organinės medžiagos iš aplinkos (buitinių, pramoninių nuotekų, biologinių atliekų, sausumos organizmų liekanų), kurios mikroorganizmų veiklos metu yra suskaidomos į augalams prieinamus junginius. Dėl eutrofikacijos vandens telkiniuose dažnai pasireiškia pernelyg intensyvus dumblių ir fitoplanktono augimas, kitaip vadinamas vandens žydėjimas, kuris mažina vandens skaidrumą, riboja šviesos skverbimąsi į gilesnius sluoksnius bei sukelia deguonies trūkumą. Tokios sąlygos gali neigiamai paveikti ekosistemas, įskaitant vandens drumstumą ir vandens organizmų populiacijos mažėjimą vandens telkinyje (Encyclopaedia Britannica, 2025).

Azotas yra vienas svarbiausių gyvų ląstelių baltymų komponentų, jis taip pat sudaro 78 % atmosferos dujų tūrio (Omar ir kt., 2024). Taip pat jis reikalingas augalų augimui, fotosintezai ir kitų augalų bei gyvūnų gyvybinių funkcijų palaikymui (Zhou ir kt., 2023).

Azotas gamtoje dalyvauja penkiuose pagrindiniuose biogeocheminiuose procesuose (1 pav.). Azoto fiksacija, asimiliacija, amonifikacija, nitrifikacija ir denitrifikacija ne visada vyksta nuoseklia seka, jų eiga priklauso nuo aplinkos sąlygų. Azoto fiksacijos metu atmosferinis azotas, kuris yra santykinai inertinės azoto dujos, tam tikrų mikroorganizmų (pvz., bakterijų ir melsvadumblių) dėka paverčiamas neorganiniais azoto junginiais, tokiais kaip amoniakas ir nitratai. Azoto asimiliacijos procese augalai, grybai ir mikroorganizmai įsisavina neorganinius azoto junginius, tokius kaip amonis ir nitratai, ir juos paverčia į organines medžiagas – aminorūgštis, baltymus bei kitas svarbias biomolekules. Amonifikacija – žuvus augaliniams ar gyvūniniams organizmams, jų organiniai junginiai yra skaidomi dirvožemyje esančių bakterijų ir grybų, o skilimo metu išsiskiria amoniakas arba amonio jonai. Nitrifikacijos metu nitrifikuojančios bakterijos oksiduoja amoniaką pirmiausia į nitritus, o vėliau – į nitratus, kuriuos lengviau pasisavina augalai. Galiausiai denitrifikacijos metu dirvožemio anaerobinės bakterijos nitratų perteklių paverčia azoto arba azoto oksido dujomis, kuris sugrįžta į atmosferą (Nitrogen cycle, 2025).



1 pav. Azoto apykaitos ciklas gamtoje (Nitrogen cycle, 2025)

Kai atmosferinis, chemiškai nereaktyvusis azotas (N_2) konvertuojamas į biologiškai aktyvias formas – amonio ar nitratų jonus – jis tampa prieinamas augalų šaknims, kurios šias medžiagas naudoja baltymų ir nukleorūgščių sintezei. Tačiau dauguma augalų negali tiesiogiai įsisavinti amoniako – pagrindinio produkto, susidarancio biologinės azoto fiksacijos metu, kai prokariotiniai mikroorganizmai redukuoja atmosferos azotą. Todėl būtina, kad šis junginys būtų toliau oksiduojamas į nitratus per nitrifikacijos procesą, kurį vykdo specifinės bakterijos. Nitrifikacija paprastai apima dviejų aerobinių bakterijų grupių veiklą: pirmiausia, amoniaką oksiduojančios bakterijos paverčia amoniaką į nitritus, tada nitritus oksiduojančios bakterijos juos transformuoja į nitratus. Nors augalai geba tiesiogiai panaudoti neorganinius azoto junginius, aukštesnių trofinių lygių organizmai azoto gauna naudodami organinius šaltinius – augalus ar gyvūnus, kuriuose šie junginiai jau yra įterpti į audinius (Holmes ir kt., 2019).

Tiek buitinių, tiek pramoninių nuotekų cheminiai tyrimai atliekami vertinant ir užtikrinant nuotekų įrenginių valymo efektyvumą. Daugelyje valstybių vadovaujama nacionaliniais teisės aktais ir reglamentais, kurie nustato nuotekų valymo kokybės vertinimo ir kontrolės reikalavimus. Toksinių cheminių medžiagų koncentracijos nuotekose gali būti nepastovios – tam įtakos turi praskiedimo veiksniai, tokie kaip paviršinio (lietaus) ar švaraus vandens patekimas per drenažo sistemas, infiltraciją ar nuotėkius. Dėl tokių kintamųjų veiksnių cheminės analizės rezultatai gali būti iškreipti, o tyrimų duomenys – mažiau patikimi (Dubois ir kt., 2022). Nuotekų valymo sistemos ne tik mažina aplinkos taršą, bet ir sudaro galimybes pakartotinai naudoti vandenį. Atsižvelgiant į vis dažniau pasireiškiantį gėlo vandens stygių pasauliniu mastu, išvalytų nuotekų vandens naudojimas tampa vis aktualesnis, ypač kai jis atitinka nustatytus kokybės standartus ir yra paruoštas antriam panaudojimui. Šiuo metu didžioji dalis perdirbto nuotekų vandens naudojama žemės ūkio drėkinimo reikmėms. Tuo atveju, kai reikalingas aukštesnės kokybės vanduo, taikomi papildomi apdorojimo metodai, tokie kaip aeravimas, koaguliacija, filtravimas bei dezinfekcija (Halicki & Halicki, 2022).

Lietuvoje siekiant apsaugoti vandens telkinius ir vandens telkinių ekosistemas nuo taršos azoto junginiais, kurie gali sukelti deguonies kiekio sumažėjimą vandenyje, eutrofikaciją, toksinių junginių susidarymą bei neigiamą poveikį vandens organizmų fiziologinėms

funkcijoms teisės aktai reglamentuoja išleidžiamų nuotekų į gamtinę aplinką ir vandens telkinių potencialiai pavojingų cheminių junginių koncentracijas. Išleidžiamose į gamtinę aplinką nuotekose bendrojo azoto ribinė koncentracija – 12 mg/lN, o gamtinėje aplinkoje (paviršiniame vandenyje) didžiausia leistina koncentracija – 2,5 mg/lN (Lietuvos Respublikos aplinkos ministras, 2006. Įsakymas Nr. D1-236).

Upių ekologinės būklės klasės nustatomos pagal fizikinių-cheminių kokybės elementų rodiklius, iš kurių vienas rodiklis yra bendrojo azoto koncentracija: labai gera (< 2,00 mg/lN), gera (2,00–3,00 mg/lN), vidutinė (3,01–6,00 mg/lN), bloga (6,01–12,00 mg/lN) ir labai bloga (> 12,00 mg/lN) (Lietuvos Respublikos aplinkos ministras, 2007, Įsakymas Nr. D1-178).

Darbo tikslas. Įvertinti bendrojo azoto kiekį nuotekose ir paviršiniame vandenyje spektrofotometrinio metodu.

Uždaviniai:

1. Atlikti literatūros apie azoto junginius, reikšmę paviršiam vandeniui ir aplinkosauginę analizę;

2. Nustatyti bendrojo azoto kiekį nuotekose ir paviršiniame vandenyje oksidacinio mineralinimo peroksodisulfatu metodu ir įvertinti rezultatus.

Tyrimo objektas. Gamybinės nuotekos, išleidžiamos į gamtinę aplinką nuotekos, paviršinis (upės) vanduo.

Tyrimo metodas. *Spektrofotometrinis metodas.* Nustatant bendrąjį azotą, amoniakas, nitritai ir daugelis kitų organinių azoto junginių, esančių mėginyje, yra oksiduojami peroksodisulfatu buferinėje šarminėje terpėje. Kaitinant mėginį uždaramame inde, esant padidintam slėgiui, šie junginiai paverčiami nitratais ir jų koncentracija nustatoma spektrofotometrinio metodu. Pagrindinis šio nustatymo trūkdis – mėginyje esančios ištirpusios ir skendinčios organinės medžiagos, kurios taip pat oksiduojamos peroksodisulfatu. Užtikrinant pakankamą oksidacinio reagento perteklių, kai pradinio mėginio cheminis deguonies suvartojimas viršija 120 mg/l O₂, mėginys yra skiedžiamas, kad bendroji organinė anglis viršytų 40 mg/lC (NVSPL, 2022).

Mėginio paruošimas. Mėginiai analizuojami kuo greičiau po jų paėmimo. Pirmiausia nustatoma cheminio deguonies suvartojimo (ChDS) vertė, kuri padalijama iš 120. Gautas rezultatas naudojamas mėginio tūrio apskaičiavimui, dalijant 25 ml iš šio rezultato (NVSPL, 2022).

Mineralizavimas. Pipete paimama 25 ml tiriamojo mėginio (arba mažiau ir skiedžiama 2 grynumo laipsnio vandeniu iki (25 ± 1) ml) ir įpilama į švarų mineralizavimo indą. Pipete įpilama $(10,0 \pm 0,1)$ ml oksidavimo tirpalo. Mineralizuojama autoklave 45 min. (120 ± 5) °C temperatūroje. Po mineralizavimo atvėsintas indas papurtomas, kad ištirptų visos galėjusios susidaryti nuosėdos ir 2 grynumo laipsnio vandeniu skiedžiamas iki 50 ml bendro tūrio. Kiekvienai mineralizavimo serijai atliekamas bent vienas tuščiojo mėginio tyrimas, vietoj tiriamojo mėginio imant (25 ± 1) ml 2 grynumo laipsnio vandens (NVSPL, 2022).

Tyrimo eiga. Į sausą 100 ml kūginę kolbą iš kintamo tūrio butelinio dozatoriaus įpilama 30 ml rūgščių mišinio, 5 ml mineralizuoto tiriamojo mėginio, 5 ml 2,6-dimetilfenolio tirpalo. Kolbos turinys atsargiai sumaišomas ir leidžiama 15 min. pastovėti. Spektrofotometru išmatuojamas tirpalo optinis tankis esant ~ 322 nm bangos ilgiui, naudojant 10 mm optinio kelio ilgio stiklinę kiuvetę (NVSPL, 2022).

Kalibravimo kreivės sudarymas. Kreivės sudarymui naudojamas nitrato standartinis tirpalas $c=100$ mg/l, azoto koncentracijos intervalas nuo 1 iki 40 mg/lN. Iš gautų rezultatų sudaroma šviesos sugerties priklausomybės nuo nitratinio azoto koncentracijos kreivė.

Kalibravimo kreivės įvertinimas. Kalibravimo kreivės tinkamumui įvertinti nustatomas determinacijos koeficientas (R^2). Bendro azoto kiekio nustatymui vandenyje spektrofotometrijos metodu kalibravimo kreivės tiesės lygtis $y = 0,0375x + 0,0088$, gautas determinacijos koeficientas $R^2 = 0,9999$ rodo stiprią priklausomybę tarp nitratinio azoto koncentracijos ir sugerties ($R^2 > 0,99$), todėl kalibravimo kreivė laikoma tinkama kiekybiniais matavimams.

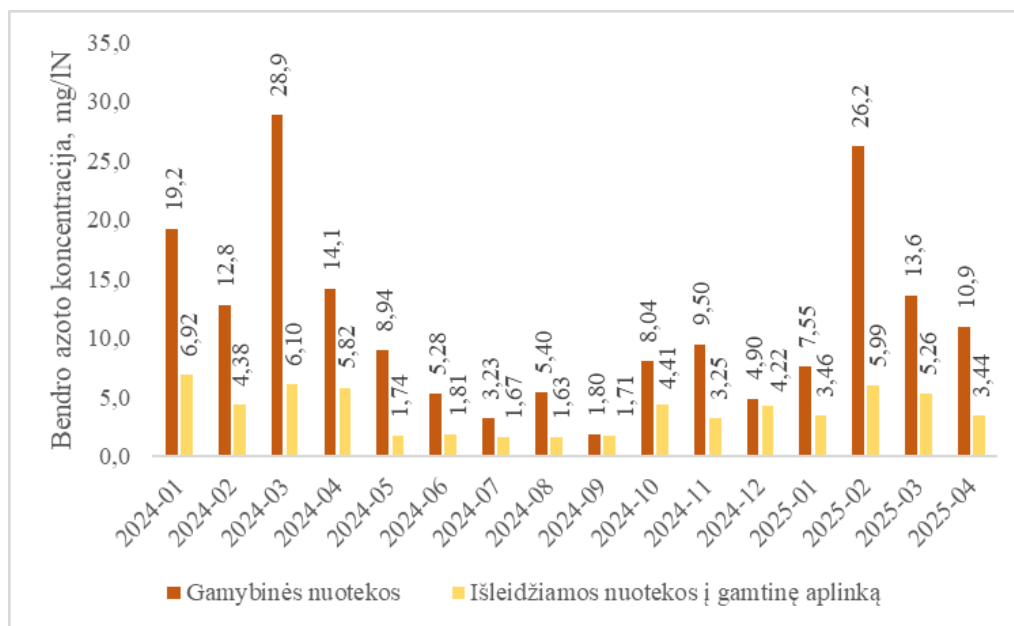
Tyrimo rezultatų apskaičiavimas. Azoto koncentracija tiriamajame mėginyje c_N , išreikšta mg/lN, apskaičiuojama pagal formulę:

$$c_N = \frac{c_1 \cdot 25}{V}$$

čia c_1 – nitratinio azoto koncentracija iš kalibravimo kreivės, mg/lN;

V – tyrimui paimtas mėginio tūris, ml (NVSPL, 2022).

Tyrimo rezultatai ir aptarimas. Tyrimas buvo atliktas 2024 m. 1–12 mėn. ir 2025 m. 1–4 mėn. Tyrimo metu buvo nustatyta bendrojo azoto koncentracija *gamybinėse nuotekose* ir *išleidžiamose nuotekose į gamtinę aplinką*, taip pat *upės vandens* mėginiuose. Nuotekų tvarkymo reglamento bendruosiuose reikalavimuose nustatyta, kad nuotekose, išleidžiamose į gamtinę aplinką, ribinė bendrojo azoto koncentracija – 12 mg/lN (Lietuvos Respublikos aplinkos ministras, 2006. Įsakymas Nr. D1-236).



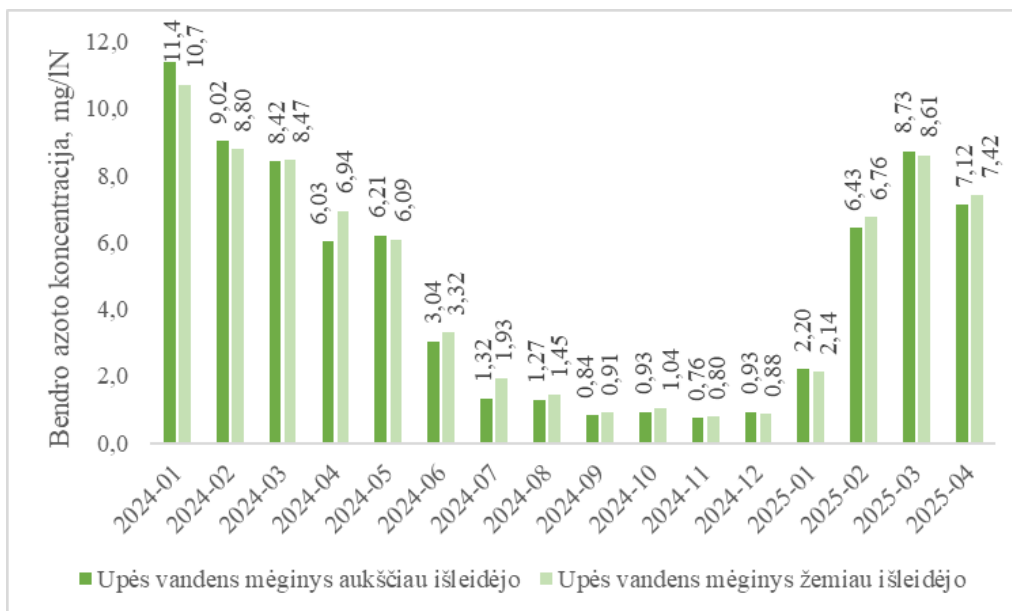
2 pav. Bendrojo azoto koncentracija X įmonės nuotekose

2 paveiksle matyti, kad didžiausia bendrojo azoto koncentracija *gamybinėse nuotekose* buvo nustatyta 2024 m. kovo mėn. (28,9 mg/lN), o *nuotekose, išleidžiamose į gamtinę aplinką*, – 2024 m. sausio mėn. – 6,92 mg/lN. Mažiausia bendrojo azoto koncentracija *gamybinėse nuotekose* (1,80 mg/lN) nustatyta 2024 m. rugsėjo mėn., o *išleidžiamose į gamtinę aplinką nuotekose* – 2024 m. rugpjūčio mėn. – 1,63 mg/lN. Vidutinė bendrojo azoto koncentracija ištirtuose *gamybinių nuotekų* mėginiuose – 11,3 mg/lN, o *išleidžiamų į gamtinę aplinką nuotekų* mėginiuose – 3,86 mg/lN.

Lyginant 2024 m. sausio–balandžio mėn. tyrimo rezultatų vidurkį su 2025 m. sausio–balandžio mėn. rezultatais matyti, kad *gamybinių nuotekų* mėginiuose bendrojo azoto koncentracija per metus sumažėjo nuo 18,8 iki 14,6 mg/lN.

Priešingas rezultatas stebimas vasario mėnesį, kada bendrojo azoto koncentracija *gamybinėse nuotekose* išaugo nuo 12,8 mg/lN iki 26,2 mg/lN. Tyrimo rezultatai rodo bendrą bendrojo azoto koncentracijos mažėjimo tendenciją *gamybinėse nuotekose* analizuojamu laikotarpiu.

Lyginant 2024 m. 1–12 mėn. ir 2025 m. 1–4 mėn. bendrojo azoto koncentracijos tyrimo rezultatus *išleidžiamose į gamtinę aplinką nuotekose* matyti, kad bendrojo azoto koncentracija nė viename mėginyje neviršija 12 mg/lN nustatytos ribinės vertės. Tai sudaro prielaidą teigti, kad nuotekų valymo įrenginiai dirba efektyviai.



3 pav. Bendrojo azoto koncentracija *upės vandens* mėginiuose

3 paveiksle matyti, kad didžiausia bendrojo azoto koncentracija *upės vandens* mėginiuose aukščiau ir žemiau išleistuvo buvo nustatyta 2024 metų sausio mėn. (11,4 mg/LN ir 10,7 mg/LN). Mažiausia bendrojo azoto koncentracija *upės vandens* mėginiuose aukščiau ir žemiau išleistuvo buvo nustatyta 2024 m. lapkričio mėn. (0,76 mg/LN ir 0,80 mg/LN). Vidutinė bendrojo azoto koncentracija *upės vandens* mėginiuose *aukščiau išleistuvo* – 4,7 mg/LN, o *upės vandens* mėginiuose *žemiau išleistuvo* nustatyta vidutinė bendrojo azoto koncentracija – 4,8 mg/LN.

Pagal nuotekų tvarkymo reglamente pateiktus bendruosius reikalavimus nustatyta bendrojo azoto didžiausia leistina koncentracija vandens telkinyje yra 2,5 mg/LN (Lietuvos Respublikos aplinkos ministras, 2006. Įsakymas Nr. D1-236).

Vertinant 2024 m. ir 2025 m. 1–4 mėn. bendrojo azoto koncentracijos tyrimo rezultatus *upės vandenyje aukščiau ir žemiau išleistuvo* žiemos ir pavasario sezonų metu gauti rezultatai nuo 1,22 iki 4,56 kartų viršijo Nuotekų tvarkymo reglamente nustatytą didžiausią leidžiamą bendrojo azoto koncentraciją vandens telkinyje (2,5 mg/LN) (Lietuvos Respublikos aplinkos ministras, 2006, Įsakymas Nr. D1-236). Vasaros (išskyrus birželio mėn.) ir rudens sezonais bendrojo azoto koncentracija sumažėjo ir neviršijo ribinės koncentracijos. Bendrojo azoto taršą galėjo lemti išleidžiamos į gamtinę aplinką nuotekos, išorinė tarša arba sezoniškumas.

Ištirti *gamybinių nuotekų* mėginiai pasižymėjo aukšta bendrojo azoto koncentracija, bet *išleidžiamų nuotekų į gamtinę aplinką* mėginiuose koncentracija buvo ženkliai mažesnė. Galima teigti, kad *išleidžiamos nuotekos į gamtinę aplinką* nesukėlė neigiamos įtakos *upės vandens* kokybei. *Upės vandens* mėginiuose daugelį kartų nustatyta bendrojo azoto koncentracija viršijo 2,5 mg/LN vertę, todėl galima teigti, kad vandens telkinys buvo teršiamas bendrojo azoto atžvilgiu.

Labai gera *upės ekologinės būklės* klasė, vertinant pagal bendrojo azoto koncentraciją, nustatyta 2024 m. liepos–gruodžio mėn., šiuo laikotarpiu vidutinė koncentracija – 1,1 mg/LN. Gera *upės ekologinės būklės* klasė pagal bendrojo azoto koncentraciją nustatyta 2025 m. sausio mėn. (2,2 mg/LN), vidutinė – 2024 m. birželio mėn. (3,2 mg/LN). Bloga *upės ekologinės būklės* klasė nustatyta 2024 m. sausio–gegužės mėn., šiuo laikotarpiu vidutinė bendrojo azoto koncentracija buvo 8,2 mg/LN ir 2025 m. vasario–balandžio mėn. (vidutinė koncentracija – 7,5 mg/LN). Tyrimo metu nustatyta vidutinė bendrojo azoto koncentracija (4,7 mg/LN) *upės vandenyje aukščiau ir žemiau išleistuvo*, todėl galima teigti, kad *upės ekologinės būklės* klasė buvo vidutinė.

Išvados.

1. Bendrasis azotas turi reikšmingą įtaką vandens ekosistemoms. Šių junginių perteklius nuotekose, ypač dėl žemės ūkio, pramonės bei buitinių šaltinių, prisideda prie paviršinių vandenų eutrofikacijos ir biologinės pusiausvyros sutrikdymo.

2. Spektrofotometrinio metodu nustatytas bendrojo azoto kiekis gamybinių ir išleidžiamų į gamtinę aplinką nuotekų X įmonės mėginiuose neviršijo Nuotekų tvarkymo reglamente nustatytos ribinės koncentracijos, tačiau upės vandens mėginiuose aukščiau ir žemiau išleistuvo bendrojo azoto koncentracija žiemos ir pavasario sezonų metu viršijo didžiausią leidžiamą koncentraciją vandens telkinyje.

LITERATŪRA

Dubois, V., Falipou, E., & Boutin, C. (2022). Quantification and qualification of the urban domestic pollution discharged per household and per resident. *Water Science and Technology*, 85(5), 1484–1499. <https://doi.org/10.2166/wst.2022.064>

Halicki, W., & Halicki, M. (2022). From Domestic Sewage to Potable Water Quality: New Approach in Organic Matter Removal Using Natural Treatment Systems for Wastewater. *Water*, 14(12), Article 12. <https://doi.org/10.3390/w14121909>

Holmes, D. E., Dang, Y., & Smith, J. A. (2019). Chapter Four—Nitrogen cycling during wastewater treatment. G. M. Gadd & S. Sariaslani (Sud.), *Advances in Applied Microbiology* (T. 106, p. 113–192). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/bs.aambs.2018.10.003>

Lietuvos Respublikos aplinkos ministras. (2006). *Dėl Nuotekų tvarkymo reglamento patvirtinimo: Įsakymas Nr. D1-236.* <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.276576>

Lietuvos Respublikos aplinkos ministras. (2007). Dėl teršalų išsiskyrimo į aplinkos orą, paviršinius vandenį ir (ar) dirvožemį ribinių verčių nustatymo metodikos patvirtinimo (Įsakymas Nr. D1-528). Lietuvos Respublikos Seimas. <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.366727>

Moloantoa, K. M., Khetsha, Z. P., van Heerden, E., Castillo, J. C., & Cason, E. D. (2022). Nitrate Water Contamination from Industrial Activities and Complete Denitrification as a Remediation Option. *Water*, 14(5), Article 5. <https://doi.org/10.3390/w14050799>

Nacionalinė visuomenės sveikatos priežiūros laboratorija. (2022). *CHS-SVP-133 azoto kiekio nustatymo vandenyje oksidacinio mineralinimo peroksodisulfatu metodu standartinės veiklos procedūros aprašas*. Nepublikuotas vidaus dokumentas skirtas NVSPL.

The Editors of Encyclopaedia Britannica (2025). *Nitrogen cycle*. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/science/nitrogen-cycle>

Omar, A., Almomani, F., Qiblawey, H., & Rasool, K. (2024). Advances in Nitrogen-Rich Wastewater Treatment: A Comprehensive Review of Modern Technologies. *Sustainability*, 16(5), Article 5. <https://doi.org/10.3390/su16052112>

The Editors of Encyclopaedia Britannica (2025). *Eutrophication*. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/science/eutrophication>

Zhou, Y., Zhu, Y., Zhu, J., Li, C., & Chen, G. (2023). A Comprehensive Review on Wastewater Nitrogen Removal and Its Recovery Processes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(4), 3429. <https://doi.org/10.3390/ijerph20043429>

SPECTROPHOTOMETRIC DETERMINATION OF TOTAL NITROGEN IN WASTEWATER AND SURFACE WATER

Summary. In the modern world, we are facing the problem of depletion and pollution of groundwater and surface water resources. The main reasons for this are the rapidly growing population and the intensification of industry. One of the main problems of surface water

pollution is eutrophication, which is caused by an increased concentration of nitrogen and phosphorus compounds. It is caused by human activities - agriculture, and wastewater discharge into water bodies. To ensure the protection of water resources, many countries have strict legal regulations for the treatment and discharge of wastewater. In this study, the total nitrogen content in industrial wastewater, wastewater discharged into the natural environment and river water samples were determined using the spectrophotometric method. The results of the study showed that the wastewater of company X was properly treated, and the wastewater discharged into the natural environment did not exceed the limit value of 12 mg/l N set in Lithuania. However, the nitrogen concentration in the river water samples exceeded the limit value of 2.5 mg/l N specified in the Wastewater Ordinance for many months.

Keywords: *Total Nitrogen, Industrial Wastewater, Wastewater Discharged into the Natural Environment, Surface Water (River Water).*

GAMTINIO POLIMERO CHITIZANO TAIKYMAS PRAMONĖJE: LITERATŪROS ŠALTINIŲ APŽVALGA

Nijolė Ružienė

Vilniaus kolegija, Agrotechnologijų fakultetas

Anotacija: Chitozanas yra gamtinės kilmės polimeras, gaunamas deacetilinant chitiną. Siekiant mažinti plastiko naudojimą, chitozanas yra puiki alternatyva, pasižyminti biologiniu skaidumu, antimikrobinio aktyvumu, gebėjimu absorbuoti sunkiuosius metalus, yra netoksiškas. Dėl šių savybių chitozanas panaudojamas įvairiose pramonės šakose. Maisto pramonėje naudojamas valgomųjų dangų, maisto pakuočių gamybai, kaip emulsiklis, flokulantas ir maisto papildas. Chitozono kompozitai naudojami kaip konservantai maisto pramonėje, pasižymintys antimikrobinio aktyvumu prieš patogenines bei antibiotikams atsparias bakterijų padermes. Dėl gebėjimo sudaryti gelio tinklą, kuriame sulaikomi riebalai bei cholesterolis, chitozanas taikomas lipidų absorbcijai bei nutukimo prevencijai.

Būdamas labai trombogeniškas, chitozanas gali aktyvinti kraujo krešėjimą, todėl naudojamas hemostatinių tvarsčių gamybai. Chitozono pagrindu pagamintos nanomedžiagos užtikrina lėtą agrochemikalų išsiskyrimą, tikslingą biologiškai aktyvių junginių ir maistinių medžiagų panaudojimą, mažesnę poveikį aplinkai, todėl naudojamos žemės ūkyje. Veterinarijoje chitozanas taikomas odos, sąnarių ir kraujagyslių pažeidimams, navikiniams procesams gydyti. Chitozanas ir jo dariniai pasižymi priešgrybeliniu poveikiu, netoksiškumu ir biologiniu skaidumu, suriša vandenį, drėkina odą ir gali būti naudojami kaip tirštiklis, reologinis modifikatorius ir emulsijos stabilizatorius kosmetikos priemonėse. Chitozanas ir jo kationiniai dariniai geba sąveikauti su keratinu, sudarydami skaidrias, elastingas plėveles ant plaukų paviršiaus, kurios minkština, stiprina plaukus ir padeda išvengti jų pažeidimų. Chitozanas, gaminamas iš jūros gėrybių atliekų, prisideda prie tvarių atliekų perdirbimo ir panaudojimo sprendimų.

Raktiniai žodžiai: *biopolimeras, chitinas, chitozanas, panaudojimas.*

Įvadas. Pastaruoju metu kyla būtinybė pereiti prie tvarių, ekologiškų ir aplinkai draugiškų medžiagų, kurios galėtų pakeisti sintetinius ir sunkiai suyrančius junginius. Dėl ekologinių problemų, tokių kaip plastiko tarša, šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijos bei biologinių išteklių eikvojimas, išryškėjo bioskaidžių ir atsinaujinančių biopolimerų reikšmė.

Atsižvelgiant į tai, daug dėmesio skiriama gamtinių polimerų, kaip alternatyvos sintetiniams polimerams, panaudojimui įvairiose pramonės šakose dėl jų išskirtinių savybių – biologinio skaidumo, netoksiškumo, antimikrobinio aktyvumo, gebėjimo absorbuoti sunkiuosius metalus ir radionuklidus, universalumo ir kitų funkcinių savybių. Didėjantis poreikis mažinti plastiko naudojimą ir skatinti žiedinę ekonomiką skatina ieškoti natūralių alternatyvų – šiuo atveju gamtinis polimeras chitozanas tampa ne tik funkcionali, bet ir ekologiškai atsakingu pasirinkimu. Jo gamyba iš jūros gėrybių atliekų padeda mažinti biologinių atliekų kiekį, taip prisidedant prie **tvarumo** ir atliekų perdirbimo sprendimų.

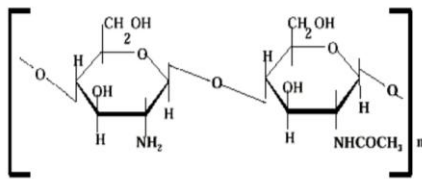
Tikslas: charakterizuoti chitozono, biologiškai skaidaus ir tvaraus produkto, panaudojimo galimybes įvairiose pramonės šakose.

Uždaviniai:

1. Apibūdinti chitozono kilmę ir gavimą;
2. Charakterizuoti chitozono savybes;
3. Atskleisti chitozono panaudojimą įvairiose pramonės šakose.

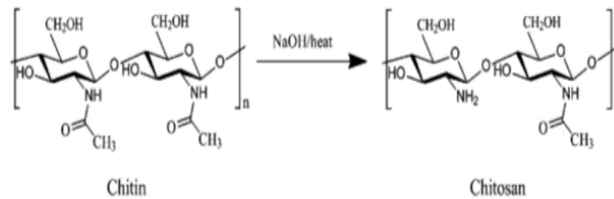
Tyrimas pagrįstas mokslinės literatūros analize ir informacijos sisteminimu, kuris leidžia įvertinti chitozono, tvaraus ir skaidaus produkto panaudojimo galimybes įvairiose pramonės šakose bei didinti jo žinomumą.

Gamtinės kilmės polimeras chitozanas (1 pav.) yra antras pagal gausumą natūralus biopolimeras po celiuliozės, gaunamas deacetilinant chitiną [poli-β-(1→4)-N-acetil-D gliukozaminą] (2 pav.), pagrindinį vėžiagyvių, vabzdžių ir kitų gyvūnų dengiamųjų audinių dalių, grybų komponentą (No, Meyers et al., 2007).



1 pav. Chitozano cheminė formulė

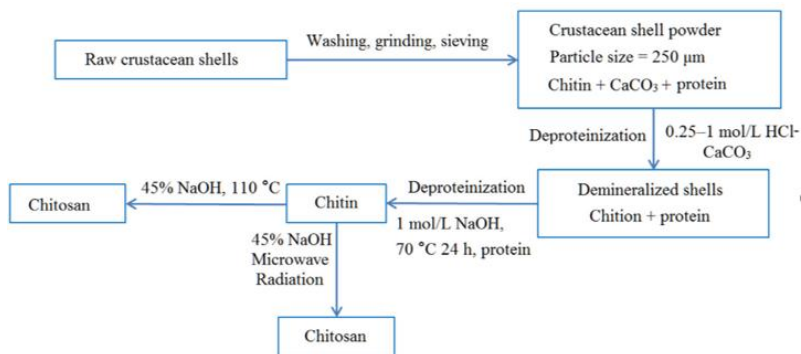
Šaltinis: Speičienė, V., Sekmokienė D. (2005). Chitozanas ir jo pritaikymas maisto pramonėje.



2 pav. Chitino deacetilinimo procesas

Šaltinis: <http://jbb.xml-journal.net/article/doi/10.1016/j.jobab.2022.01.002>

Chitozanas gali būti gaminamas iš jūros gėrybių perdirbimo atliekų, vabzdžių egzoskeleto, pelėsių ir makromicetų karalystės grybų. Jūros gėrybių perdirbimo atliekose be chitino randama baltymų, kalcio karbonato, lipidinės kilmės karotenoidų (astaksantino, liuteino, β -karoteno ir kt.), kuriuos reikia pašalinti. Chitozano gamybą iš vėžiagyvių kriauklelių sudaro šie technologiniai etapai: baltymų šalinimas kriaukleles apdorojant 1 mol/l NaOH tirpalu, kalcio šalinimas, apdorojant 10 % HCl, chitino deacetilinimas 40–50 % NaOH, plovimas, pH reguliavimas ir džiovinimas (3 pav.). Pramoniniu būdu gaminamas chitozanas yra baltos, rausvos arba gelsvos spalvos bekvapiai, beskoniai milteliai. Jo fizikinės ir cheminės savybės kinta priklausomai nuo gaminimo sąlygų ir žaliavos. Pastaruoju metu siekiama naudoti ekologiškesnius perdirbimo metodus – mechanocheminį, karštu vandeniu, gliceroliu (Hug, et al., 2022).



3 pav. Chitozano gamybos iš vėžiagyvių kiautų schema

Šaltinis: <http://www.keaipublishing.com/en/journals/journal-of-bioresource>

Chitozanas ir jo dariniai tirpalų, suspensijų, gelių/hidrogelių, putų, pluoštų, mikroskopinių siūlų ir kt. forma pritaikomi daugelyje sričių: medicinoje, kosmetologijoje, žemės ūkyje, popieriaus gamyboje, maisto, chemijos, biotechnologijos ir kt. pramonės šakose (Morin-Crini et al., 2019). Chitozano molekulės funkcinės grupės suteikia junginiui įvairių biologinių savybių, įskaitant plėvelės formavimo gebėjimą, hipolipideminį aktyvumą, biologinį skaidumą, antimikrobinį aktyvumą, imunoadjuvantinį aktyvumą ir žaizdų gijimo spartinimą (Thi Doan et al., 2025).

Chitozano antibakterinis poveikis

Chitozanas ir jo junginiai pasižymi antibakteriniu ir antigrybiniu aktyvumu – stabdo mikroorganizmų augimą *in vitro* bei *in vivo*, apsaugo nuo infekcijų (Speičienė, Sekmokienė, 2005), suaktyvina augalų apsauginius mechanizmus (Xing, K. et al., 2015). Chitozanas pasižymi didesniu veiksmingumu prieš kenksmingus mikroorganizmus esant nedidelėms koncentracijoms, negu sintetinės antimikrobinės medžiagos (Hug et al., 2022).

Chitozano antimikrobinio veikimo mechanizmas dar nėra aiškus. Yan ir kt. (2021) teigia, kad chitozanas pažeidžia mikroorganizmų ląstelių membranų vientisumą. Teigiamai įkrautos chitozano molekulės aminogrupės sąveikauja su neigiamai įkrautais mikroorganizmų ląstelių

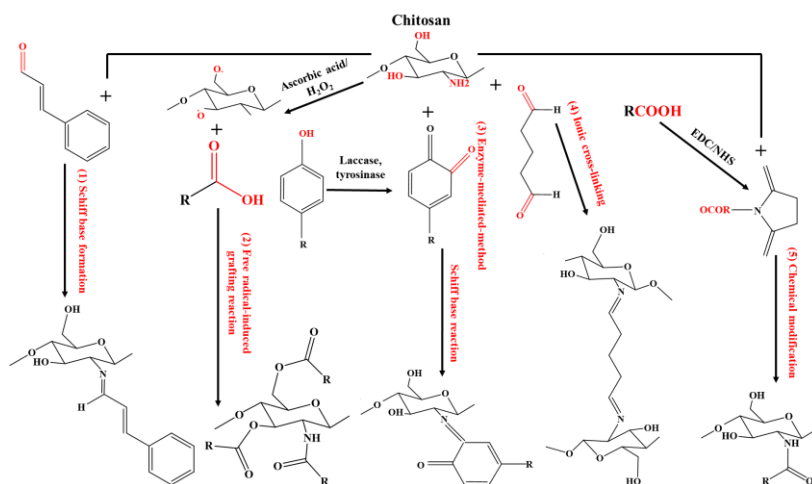
membranų komponentais, pavyzdžiui, su lipopolisacharidais gramneigiamose bakterijose arba teicho rūgštimis gramteigiamose bakterijose. Ši sąveika gali sukelti membranos pralaidumą, pažeisti mikroorganizmo struktūrinį vientisumą ir sukelti ląstelių mirtį. Guarnieri ir kt. (2022) teigia, kad mikroorganizmų membranos vientisumo pažeidimus lemia chitozono gebėjimas chelatuoti metalų jonus, sudarant mikrobams neprieinamą chelatą ir taip stabdant mikrobu augimą. Trečioji teorija teigia, kad mažos molekulinės masės chitozanas, patekęs į ląstelės vidų, gali blokuoti RNR transkripciją ir baltymų sintezę, taip slopindamas bakterijų augimą. Didelės molekulinės masės chitozanas gali sudaryti tankią polimerinę plėvelę ant ląstelės paviršiaus, padengdamas gramteigiamų bakterijų išorinės membranos porinus. Šis procesas trukdo maisto medžiagų mainams ir deguonies pasisavinimui, todėl galiausiai mikrobu ląstelės žūsta (Feng, et al., 2021).

Chitozono panaudojimas maisto pramonėje

Chitozanas funkcinėmis grupėmis jungiasi su biologiškai aktyviais junginiais, sudarydamas chitozono kompozitus, pasižyminčius struktūros ir funkcijų įvairove (4 pav.). Dėl unikalios linijinio polimero struktūros chitozanas gali sudaryti stabilią struktūrinę sistemą su fitocheminėmis medžiagomis. Chitozono aminogrupė ($-NH_2$) reaguoja su fitocheminių medžiagų karbonilo ($-C=O$) grupe, vykstant kondensacijos reakcijai, susidaro $-C=N-$ imino jungtis, kuri žymiai padidina kompozito stabilumą ir antimikrobinį aktyvumą (Doan, et al., 2025).

Kaip teigia Quan ir kt. (2025), vandeniliniai ryšiai, esterifikacijos reakcijos dar labiau sustiprina kompozito mechaninį ir cheminį stabilumą, kartu pagerindamos jo biologinį aktyvumą, ypač antimikrobines savybes. Šie kompozitai naudojami kaip konservantai maisto pramonėje, pasižymintys antimikrobinio aktyvumu prieš patogenines bei antibiotikams atsparias bakterijų padermes. Chitozono-fitocheminių medžiagų kompozitai taip pat integruojami į aktyviasias maisto pakuočių sistemas, apsaugančias nuo mikrobinės taršos laikymo ir transportavimo metu.

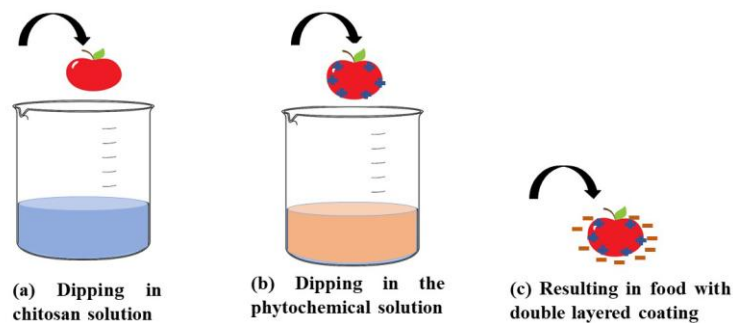
Dalyvaudamas jonų mainų reakcijose, chitozanas sudaro kompleksus su daugeliu sunkiųjų metalų (Cd, Zn, Ni, Fe, Cu, Hg, Pb ir kt.). Kompleksų susidarymo greitį bei stabilumą nulemia chitozono molekulinis svoris, deacetilinimo laipsnis, tirpale esantys priešingo ženklo jonai, pH, temperatūra (Speičienė, Sekmokienė, 2005).



4 pav. Chitozono ir fitocheminių medžiagų kompozitų susidarymo schema

Šaltinis: Quan et al., 2025. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39942558/>

Chitozanas naudojamas, siekiant prailginti maisto produktų galiojimo laiką, kaip emulsiklis, flokulantas ir maisto papildas. Kita chitozono taikymo sritis yra valgomųjų dangų gamyba. Valgomosios dangos atlieka ne tik pirminės maisto pakuotės funkciją, bet ir apsaugo maisto produktus nuo drėgmės praradimo, deguonies patekimo, pasižymi antimikrobinio ir antioksidacinio poveikiu (Kabanov & Novinyuk, 2020).



5 pav. Chitozano ir fitocheminių medžiagų pagrindu sukurtos sluoksninės dangos

Šaltinis: Doan et al., 2025. <https://www.mdpi.com/1420-3049/30/3/455>

Sluoksninio dengimo metodas yra pažangi technologija, kai maisto produktai dengiami pakaitomis dedant skirtingų medžiagų sluoksnius, taip suformuojant daugiasluksnę dangą (5 pav.). Šis metodas leidžia tiksliai kontroliuoti dangos sudėtį, storį ir funkcines savybes, todėl jis yra ypač naudingas įvairiose maisto pramonės srityse (Doan et al., 2025).

Viena iš dažniausių maisto gedimo priežasčių yra grybelinė tarša. Chitozanas gali veikti grybelių ląsteles, sukeldamas molekulinę dezorganizaciją ir struktūrinius citoplazmos bei plazminės membranos pokyčius (Hug et al., 2022).

Chitozano panaudojimas pakuotėms

Naftos pagrindu pagamintos medžiagos, naudojamos maisto produktų pakuotėms, daro neigiamą poveikį aplinkai, nėra perdirbamos, kompostuojamos ar biologiškai skaidomos. Chitozanas pasižymi savybe sukurti dangas ir pusiau pralaidžias plėveles, į kurias įpakavus maisto produktus, kontroliuojami drėgmės mainai su aplinka, prailginamas produkto galiojimo laikas (Bhakta et al., 2023). Flórez et al. (2022) teigia, kad sukurtos dvi pagrindinės naujoviškos pakavimo technologijos: išmanioji ir aktyvioji pakuotė, kuriose gali būti naudojamas chitozanas. Išmaniosioms pakuotėms priskiriami laiko ir temperatūros indikatoriai, šviežumo indikatoriai arba pH indikatoriai. Išmaniosios pH indikatorių plėvelės naudojamos maisto produktų šviežumui stebėti. Indikatorius keičia spalvą, kai keičiasi produkto pH. Tokiu būdu vartotojai gali iš karto pamatyti, ar maisto produktas, kurį jie ruošiasi valgyti, yra tinkamos būklės. Dauguma aktyviųjų plėvelių, sukurtų naudojant chitozaną, yra antioksidacinės ir (arba) antimikrobinės plėvelės, papildytos veikliosiomis eterinių aliejų ir fenolinių junginių medžiagomis, naudojamos kartu su biologiškai skaidžiomis polimerinėmis matricomis maisto dangoms ar plėvelėms kurti. Kaip teigia Xing et al. (2015), chitozano pagrindu pagaminta danga, papildyta antimikrobinėmis medžiagomis (eteriniais aliejais, organinėmis rūgštimis, bičių vašku ir kt.), gali pailginti vaisių ir daržovių galiojimo laiką, sulėtinti fermentų sukeltą nepageidaujamą poveikį, slopinti laisvųjų radikalų susidarymą. Šiam tikslui naudojami citrinų, rozmarinų, bergamočių, pipirmėčių ir kt. eteriniai aliejai. Doan et al. (2025) nustatė, kad chitozano nanodalelės gali kontroliuoti bakterijų, tokių kaip *E. coli*, *Salmonella choleraesuis*, *Salmonella typhimurium* ir *Staphylococcus aureus* augimą. Chitozano junginiai su galo, kavos rūgštimi slopina bakterijų *S. aureus*, *B. subtilis*, *B. cereus*, *E. faecalis* veikimą, prailgina maisto produktų galiojimo laiką. Šie konjugatai įeina į maisto pakavimo medžiagų sudėtį, apsaugo maisto produktus nuo bakterinės taršos visuose laikymo ir transportavimo etapuose.

Chitozano taikymas lipidų absorbcijai

Pakankamas skaidulų (celiuliozės) kiekis maiste gali sumažinti kūno svorį, užkirsdamas kelią per dideliu riebalų suvartojimui ir riebalų kaupimuisi. Nutukimo gydymui ir prevencijai taikomas lipidų absorbcijos virškinamajame trakte blokavimas. Kaip teigia Jin et al (2017), 20 % chitino ir 80 % chitozano mišinys gali užkirsti kelią pelių kūno masės didėjimui, slopindamas lipidų absorbciją. 1 g vandenyje tirpaus chitozano gali absorbuoti 2–8 g žemės riešutų aliejaus arba 50–65 mg cholesterolio. Tai žymiai daugiau, nei gali absorbuoti celiuliozė. Speičienė ir kt. (2005) pažymi, kad chitozanui būdingas didelis biologinis ir fiziologinis aktyvumas, todėl jis naudojamas kaip funkcionaliojo maisto (teigiamai veikiančio daugelį organizmo funkcijų ir profilaktiškai saugančio nuo ligų) ingredientas. Manoma, kad chitozanas sudaro gelio tinklą,

kuriame sulaikomi riebalai bei cholesterolis. Chitozano oligosacharidai daugiausia gaminami chitino arba chitozano rūgštinės arba fermentinės hidrolizės būdu. Jie yra biologiškai suderinami, saugūs bei lengvai pasisavinami organizmo. Chitozano oligosacharido papildai gali reguliuoti gliukozės ir lipidų apykaitą ir užkirsti kelią nutukimui ar diabetui (Liu et al., 2021). Rasweefali et al. (2021) nustatė, kad chitozano vandens sulaikymo ir riebalų surišimo pajėgumai yra dideli ir yra tinkami naudoti dietinių ingredientų, funkcinio maisto ir anticholesteroleminių medžiagų gamybai.

Chitozanas gali sujungti riebalus, reaguodamas su trigliceridais, cholesteroliu ir tulžies rūgštimis. Žarnyne šarminėje terpėje susidaro netirpus kompleksas, veikiantis kaip maistinės skaidulos, todėl chitozanas gali būti laikomas perspektyviu ingredientu kuriant funkcinį maistą. Fatemeh (2009) atlikdamas tyrimus su eksperimentinėmis žiurkėmis nustatė, kad maitinant gyvūnus riebia dieta, sudaryta iš 1 % cholesterolio, 0,2 % cholio rūgšties ir 7,5 % chitozano, cholesterolio lygis sumažėjo 57 %. Chitozanas, naudojamas kaip maisto papildas, mažina cholesterolio ir trigliceridų kiekį plazmoje bei pagerina DTL-cholesterolio ir bendrojo cholesterolio santykį. Tačiau ilgai vartojant dideles chitozano dozes reikia laikytis tam tikrų medicininių atsargumo priemonių, kad būtų išvengta galimų neigiamų medžiagų apykaitos pasekmių. Speičienė ir kt. (2005) teigia, kad chitozanui būdingos tirštiklio bei gelį sudarančių medžiagų savybės. Pasižymėdamas antimikrobinio ir priešgrybelinio aktyvumu, yra potencialus natūralios kilmės maisto, ypač mėsos produktų, konservantas.

Chitozanas medicinoje

Chitozanas naudojamas fermentų imobilizavimui, žaizdų gijimo pagreitinimui, tvarsliaivos gamybai ir kt. Būdamas labai trombogeniškas, chitozanas gali aktyvinti kraujo krešėjimą, todėl, išskirtas iš grybų, gali būti naudojamas hemostatinių tvarščių gamybai, kartu su polivinilo alkoholio (PVA) kompozitinėmis membranomis, taikant užšaldymo–atšildymo ciklą metodą arba medvilnės tekstilę padengiant chitozanu ir polietilenglikoliu (PEG), išdžiovinus šaltyje, iš chitozano ir PEG susidaro labai akyta plona tvarščio plėvelė (Huq et al., 2022). Žaizdų gydymui, ypač karo medicinoje, gali būti naudojamas chitozano ir antibiotiko darinys („Mokslininkai kuria ypatingą preparatą“, 2022).

Kaip teigia Sinkevičiūtė (2022), pagaminta antibakterinė membrana iš cinamonu prisotintų chitozano / želatinos nanopluoštų. Nanopluoštai tapo atsparesni skilimui, pagerėjo biologinis suderinamumas ir antibakterinis aktyvumas. Dėl šių priežasčių ši nanopluošto membrana gali būti taikoma odontologijoje, tvarsliaivos gamyboje, ortopedijoje. Nanodalelės gali būti užprogramuotos atpažinti ir jungtis prie specifinių ląstelių. Pavyzdžiui, vėžiui gydyti naudojamos nanodalelės gali būti sukurtos taip, kad jos atpažintų vėžines ląsteles ir pristatytų vaistus tiesiai į jas (Santaros žinios, 2024). Yanat & Schröen (2021) teigia, kad chitozanu padengtos polimerinės nanodalelės naudojamos kaip vaistų ar kitų veikliųjų medžiagų nešikliai, kurios inkapsuliuoja medžiagas, pavyzdžiui, vaistus, pristato juos į pažeistą kūno vietą ir užtikrina jų atpalaidavimą.

Chitozano pagrindu pagamintų nanomedžiagų panaudojimas žemės ūkyje, veterinarijoje.

Šiuolaikinis žemės ūkis turi būti pritaikytas prie vykstančios klimato kaitos ir didėjančio maisto poreikio. Atsižvelgiant į ribotus gamtos išteklius, tvarus pasėlių auginimas yra labai svarbus. Dėl antimikrobinų, antiinsekticidinių, netoksiškų ir biologiškai skaidžių chitozano savybių jis gali būti veiksmingai naudojamas žemės ūkyje. Pastaruoju metu žemės ūkyje vis daugiau dėmesio skiriama chitozano pagrindu pagamintoms nanomedžiagoms, kurios naudojamos kaip išmaniosios biologiškai aktyvių junginių tiekimo priemonės. Šios nanomedžiagos užtikrina lėtą agrochemikalų išsiskyrimą, tikslingą biologiškai aktyvių junginių ir maistinių medžiagų panaudojimą, mažesnę poveikį aplinkai. Jo gebėjimas jungtis su kitais junginiais leidžia tiekti maistingąsias medžiagas, pesticidus ir biomolekules augalų sistemose. Pavyzdžiui, pesticidai, inkapsuliuoti chitozano polimere, tampa mažiau toksiški (Shahrajabian et al., 2021). Chitozano nanodalelėmis galima tiekti trąšas, herbicidus augalų apsaugai, naudoti nanojutiklius augalų stebėsenai ir gerinti dirvožemio būklę (Reshad et al, 2021). Xing et al.

(2015) nustatė, kad chitozanas sukelia augalų atsparumą virusinėms ligoms ir slopina sisteminių virusų plitimą, todėl daugumai chitozanu apdorotų augalų neišsivysto sisteminė virusinė infekcija. Mažos molekulinės masės chitozanas slopina tabako mozaikos viruso sukeltas vietines nekrozes. Tiesioginis slopinamasis chitozano poveikis virusams daugiausia pasireiškė virusų inaktyvavimu.

Šiuolaikinė augalininkystė susiduria su biotiniais ir abiotiniais streso veiksniais, tokiais kaip dirvožemio ir drėkinamojo vandens druskingumas, vandens trūkumas, ekstremalūs ir nesavalaikiai meteorologiniai reiškiniai, patogenų ir kenkėjų sukeltos infekcijos, kurios daro didelę įtaką pasėlių produktyvumui ir galutinių produktų kokybei. Atsižvelgiant į tai, chitino, chitozano ir išvestinių biopolimerų taikymas gali būti labai svarbus dėl jų patvirtinto biostimuliuojančio aktyvumo įvairiuose augaluose, ypač daržovėse, kurios labiau veikiamos streso veiksnių. Pagrindinė šio biopolimero veikla yra augalų apsauga nuo įvairių biotinių ir abiotinių streso veiksnių per įvairius mechanizmus (Shahrajabian et al., 2021).

Atsparumo antibiotikams problema ir didėjanti vartotojų paklausa ekologiškiems gyvūniniams produktams privertė mokslininkus ieškoti naujų strategijų, kaip pagerinti ūkiuose auginamų gyvūnų produktyvumą ir kartu apsaugoti aplinką ir žmonių sveikatą. Chitozanas yra alternatyvus antibiotikas ir pašarų priedas, šiuo metu naudojamas gyvūnų mityboje. Mažos molekulinės masės chitozanas pasižymi antimikrobinėmis savybėmis ir yra labai veiksmingas prieš virusus ir bakterijas. Chitozano pridedama į pieninių galvijų pašarus, kad pagerintų jų virškinamumą ir fermentaciją skrandyje, naudojamas siloso gamyboje, dėl savo antimikrobinio aktyvumo dažnai naudojamas pašarams konservuoti. Chitozanas naudojamas kuriant nanodalelių vakcinas, skirtas arbovirusų sukeltoms ligoms gydyti (Amenta ir kt., 2015). Chitozano nanodalelės padidina antivirusinių vaistų poveikį (Boamah, et al. 2023). Hassanein et al. (2021) nustatė, kad šeriant triušius pašarais su nanochitozanu, sumažėjo pavojingų bakterijų (*E. coli* ir *Salmonella spp.*), kartu didėjo naudingų *Lactobacillus* bakterijų skaičius. Underwood ir van Eps (2012) nurodo, kad iš chitozano pagaminti komerciniai maisto papildai naudojami šunų ir kačių lėtinėms inkstų ligoms gydyti.

Veterinarijoje chitozanas taikomas odos, sąnarių ir kraujagyslių pažeidimams, navikiniais procesams gydyti, siekiant pagreitinti žaizdų gijimą, sumažinti antrinės infekcijos tikimybę (Maldonado-Cabrera, 2021).

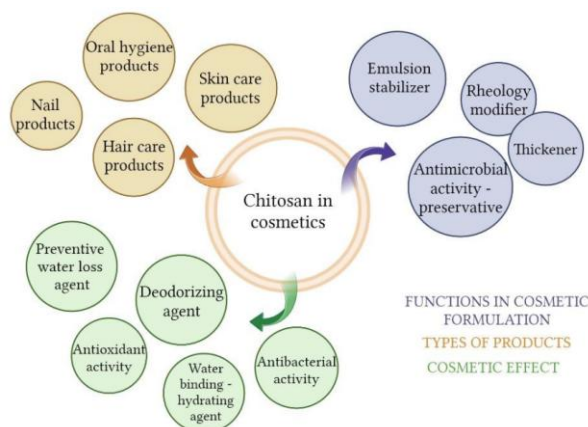
Chitozano ir jo darinių panaudojimas kosmetikos priemonių gamybai

Didėjant ekologiškos kosmetikos paklausai, ieškota būdų tradicinės kosmetikos gaminių sudedamąsias dalis, gaunamas iš naftos produktų, pakeisti natūralios kilmės polimerais. Tai ypač svarbu, kai medžiaga liečiasi su žmogaus kūnu.

Pagrindinė chitozano, skirtos kosmetikai, gamybos medžiaga paprastai yra jūrų organizmų biomasės atliekos. Remiantis Europos Komisijos CosIng duomenų baze, kurioje pateikiama informacija apie kosmetikos gaminiuose esančias medžiagas ir ingredientus, chitozanas atlieka plėvelės formavimo ir plaukų fiksavimo funkcijas (Kulka & Sionkowska, 2023). Pasak Dutta et al. (2004), chitozano ir jo darinių yra daugelyje įvairių plaukų priežiūros produktų: šampūnuose, skalavimo skysčiuose, ilgalaikio garbanojimo priemonėse, plaukų dažikliuose, losjonuose, plaukų tonikuose (6 pav.). Chitozanas ir jo katijoniniai dariniai geba sąveikauti su keratinu, sudarydami skaidrias, elastingas plėveles ant plaukų paviršiaus. Sionkowska et al. (2017) teigė, kad šios plėvelės didina plaukų minkštumą, stiprina plaukus ir padeda išvengti jų pažeidimų. Chitozanas buvo maišomas su hialurono rūgštimi ir kolagenu ir tiriamos ant plaukų susidariusios plėvelės. Padengus plaukus, padidėjo plaukų storis, pagerėjo bendra plaukų išvaizda ir kondicionavimas. Chitozanas gali sąveikauti su anijoninėmis paviršinio aktyvumo medžiagomis, todėl gali būti naudojamas kaip emulsijų stabilizatorius kosmetikos preparatuose. Chitozano dariniai, turintys riebalų rūgščių, pavyzdžiui, Chitosan Lauramide Succinamide, Chitosan Lauroyl Glycinate, Hydrolysed Chitosan Ferulyl Linoleate CosIng duomenų bazėje aprašyti kaip stabilizatoriai (Desbrières et al, 2010).

Chitozanas ir jo dariniai pasižymi priešgrybeliniu poveikiu, netoksiškumu ir biologiniu skaidumu (Acosta et al., 2018), suriša vandenį, drėkina odą ir gali būti naudojamas kaip

tirštiklis, reologinis modifikatorius ir emulsijos stabilizatorius (Baek et al., 2021). Dėl chitozano antimikrobinio aktyvumo galima sumažinti konservantų kiekį kosmetikos priemonėse (Aranaz et al., 2018).



6 pav. Chitozano panaudojimo kosmetikoje galimybės

Šaltinis: Kulka, K., & Sionkowska, A. (2023). Chitosan-based materials in cosmetic applications: A review. *Molecules*, 28(4), 1817. <https://doi.org/10.3390/molecules28041817>

Apibendrinimas. Chitozanas – tai gamtinis polimeras, gaunamas iš chitino, kuris pasižymi daugybe vertingų savybių, leidžiančių jį plačiai taikyti įvairiose srityse. Dėl savo antibakterinio poveikio, bioskaidumo ir saugumo aplinkai chitozanas tampa perspektyvia alternatyva plastikui, ypač maisto pramonėje ir pakuočių gamyboje. Medicinoje jis naudojamas žaizdų gydymui, svorio ir cholesterolio kiekiui kraujyje reguliuoti, taip pat aktyviai taikomas veterinarijoje bei žemės ūkyje – dedamas į pašarus ir naudojamas augalų apsaugai. Kosmetikos pramonėje chitozanas įtraukiamas į plaukų priežiūros priemones. Be to, iš jo gaminami įvairūs kompozitai ir nanomedžiagos, pritaikomi pažangiose technologijose. Dėl šių savybių chitozanas laikomas perspektyvia tvaria medžiaga, atitinkančia šiuolaikinius aplinkosaugos ir sveikatos apsaugos reikalavimus.

LITERATŪRA

- Acosta, N., Civera, C., Elorza, B., Mingo, J., Castro, C., Gandía, M. I., & Caballero, A. H. (2018). Chitosan and their derivatives. *Polymers*, 10(2), 213. <https://doi.org/10.3390/polym10020213>
- Aranaz, I., Acosta, N., Civera, C., Elorza, B., Mingo, J., Castro, C., de los Gandía, M. L., & Caballero, A. H. (2018). Cosmetics and cosmeceutical applications of chitin, chitosan and their derivatives. *Polymers*, 10(2), 213. <https://doi.org/10.3390/polym10020213>
- Baek, J., Ramasamy, M., Willis, N. C., Kim, D. S., Anderson, W. A., & Tam, K. C. (2021). Encapsulation and controlled release of vitamin C in modified cellulose nanocrystal/chitosan nanocapsules. *Current Research in Food Science*, 4, 215–223. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.03.010>
- Bhakta, A., Chandra, S., & Kundu, S. (2023). Innovations in chitosan for food packaging application. *Tech Vistas*, 4(1).
- Boamah, P. O., Onumah, J., Agolisi, M. H., & Idan, F. (2023). Application of low molecular weight chitosan in animal nutrition, husbandry, and health: A review. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 6, 100323. <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2023.100323>
- Desbrières, J., Bousquet, C., & Babak, V. (2010). Surfactant–chitosan interactions and application to emulsion stabilization. *Cellulose Chemistry and Technology*, 44, 395–406.
- Doan, T.N., Quan, V.N., Anh, L.H., Duc, D.N., & Xuan, T.D. (2025). Exploring the potential of chitosan–phytochemical composites in preventing the contamination of antibiotic-resistant bacteria on food surfaces: A review. *Molecules*, 30, 455. <https://doi.org/10.3390/molecules30020455>

- Dutta, P. K., Dutta, J., & Tripathi, V. S. (2004). Chitin and chitosan: Chemistry, properties and applications. *Journal of Scientific & Industrial Research*, 63, 20–31.
- Fatemeh, E., Rahmani, A. H., Salehi, M., & et al. (2009). Effects of chitosan and *Salvadora persica* on blood lipids in the Wistar rat. *Medical Journal of Islamic World Academy of Sciences*, 17(3), 95–102.
- Feng, P., Luo, Y., Ke, C., Qiu, H., Wang, W., Zhu, Y., Hou, R., Xu, L., & Wu, S. (2021). Chitosan-based functional materials for skin wound repair: Mechanisms and applications. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 9, 650598. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.650598>
- Flórez, M., Guerra-Rodríguez, E., Cazón, P., & Vázquez, M. (2022). Chitosan for food packaging: Recent advances in active and intelligent films. *Food Hydrocolloids*, 124, 107328. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107328>
- Guarnieri, A., Triunfo, M., Scieuzo, C., Ianniciello, D., Tafi, E., Hahn, T., Zibek, S., Salvia, R., De Bonis, A., & Falabella, P. (2022). Antimicrobial properties of chitosan from different developmental stages of the bioconverter insect *Hermetia illucens*. *Scientific Reports*, 12, 8084. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-12480-y>
- Hassanein, E. M., Abdel-Wareth, A. A. A., Elsayed, D. A., & Scholkamy, T. H. (2021). Efficiency of GnRH-loaded chitosan nanoparticles for inducing LH secretion and fertile ovulations in protocols for artificial insemination in rabbit does. *Animals*, 11(2), 440. <https://doi.org/10.3390/ani11020440>
- Huq, T., Khana, A., Brown, D., Dhayagude, N., He, Z., & Ni, Y. (2022). Sources, production and commercial applications of fungal chitosan: A review. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 7(2), 85–98. <https://doi.org/10.1016/j.jobbp.2022.01.003>
- Huq, T., Khan, A., Brown, D., Dhayagude, N., He, Z., & Ni, Y. (2022). Sources, production and commercial applications of fungal chitosan: A review. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 7(4), 227–245. <https://doi.org/10.1016/j.jobab.2022.07.004>
- Huq, T., Khan, A., Brown, D., Dhayagude, N., He, Z., & Ni, Y. (2022). Sources, production and commercial applications of fungal chitosan: A review. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 7(2), 85–98. <https://doi.org/10.1016/j.jobab.2022.03.001>
- Yan, D., Li, Y., Liu, Y., Li, N., Zhang, X., & Yan, C. (2021). Antimicrobial properties of chitosan and chitosan derivatives in the treatment of enteric infections. *Molecules*, 26, 7136. <https://doi.org/10.3390/molecules26237136>
- Yanat, M., & Schröen, K. (2021). Preparation methods and applications of chitosan nanoparticles; with an outlook toward reinforcement of biodegradable packaging. *Reactive and Functional Polymers*, 161, 104878. <https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2021.104878>
- Jin, Q., Yu, H., Wang, X., Li, K., & Li, P. (2017). Effect of the molecular weight of water-soluble chitosan on its fat-/cholesterol-binding capacities and inhibitory activities to pancreatic lipase. *PeerJ-Life and Environment*, 3, e3279. <https://doi.org/10.7717/peerj.3279>
- Kabanov, V.L., & Novinyuk, L.V. (2020). Chitosan application in food technology: A review of recent advances. *Food Systems*, 3(1). <https://doi.org/10.21273/foodsystems0301>
- Koide, S. S. (1998). Chitin-chitosan: Properties, benefits and risks. *Nutrition Research*, 18(6), 1091–1101. [https://doi.org/10.1016/S0271-5317\(98\)00088-5](https://doi.org/10.1016/S0271-5317(98)00088-5)
- Kulka, K., & Sionkowska, A. (2023). Chitosan-based materials in cosmetic applications: A review. *Molecules*, 28(4), 1817. <https://doi.org/10.3390/molecules28041817>
- Liu, S.-H., Chen, R.-Y., & Chiang, M.-T. (2021). Effects and mechanisms of chitosan and chitosan oligosaccharide on hepatic lipogenesis and lipid peroxidation, adipose lipolysis, and intestinal lipid absorption in rats with high-fat diet-induced obesity. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(3), 1139. <https://doi.org/10.3390/ijms22031139>
- López-Caballero, M. E., Gómez-Guillén, M. C., Pérez-Mateos, M., & Montero, P. (2005). A functional chitosan-enriched fish sausage treated by high pressure. *Journal of Food Science*, 70(3), C166–C171. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb07140.x>

Maldonado-Cabrera, B., Sánchez-Machado, D. I., López-Cervantes, J., Osuna-Chávez, R. F., Escárcega-Galaz, A. A., Robles-Zepeda, E. R., & Sanches-Silva, A. (2021). Therapeutic effects of chitosan in veterinary dermatology: A systematic review of the literature. *Preventive Veterinary Medicine*, 190, 105325. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2021.105325>

Morin Crini, N., Lichtfouse, E., Torri, G., & Crini, G. (2019). Applications of chitosan in food, pharmaceuticals, medicine, cosmetics, agriculture, textiles, pulp and paper, biotechnology, and environmental chemistry. *Environmental Chemistry Letters*, 17, 1667–1692. <https://doi.org/10.1007/s10311-019-00866-9>

No, H.K., Meyers, S.P., Prinyawiwatkul, W., & Xu, Z. (2007). Applications of chitosan for improvement of quality and shelf life of foods: A review. *Journal of Food Science*, 72(5), R87–R100. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00445.x>

Quan, N.V., Anh, L.H., Duc, N.D., & Xuan, T.D. (2025). Exploring the potential of chitosan–phytochemical composites in preventing the contamination of antibiotic-resistant bacteria on food surfaces: A review. *Molecules*, 30, 455. <https://doi.org/10.3390/molecules30020455>

Rasweefali, M. K., Sabu, S., Sunooj, K. V., Sasidharan, A., & Martin Xavier, K. A. (2021). Consequences of chemical deacetylation on physicochemical, structural and functional characteristics of chitosan extracted from deep-sea mud shrimp. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 2(5), 100135. <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2021.100135>

Reshad, R. A. I., Jishan, T. A., & Chowdhury, N. N. (2021). Chitosan and its broad applications: A brief review. *Journal of Clinical and Experimental Investigations*, 12(4), em00779. <https://doi.org/10.29333/jcei/11268>

Xing, K., Zhu, X., Peng, X., & Qin, S. (2015). Chitosan antimicrobial and eliciting properties for pest control in agriculture: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35, 569–588.

Santaros žinios. (2024, spalio 28). *Revoliucinis vaistų pristatymo metodas: naujosios nanotechnologijos medicinoje*. <https://santaroszinios.lt/revoliucinis-vaistu-pristatymo-metodas-naujosios-nanotechnologijos-medicinoje/>

Sinkevičiūtė, J. (2022). *Kolageno dangos iš gyvulinės kilmės atliekų kūrimas ir panaudojimas medicininei tvarsliai gauti* (Magistro baigiamasis darbas, Kauno technologijos universitetas).

Sionkowska, A., Kaczmarek, B., Michalska, M., Lewandowska, K., & Grabska, S. (2017). Preparation and characterization of collagen/chitosan/hyaluronic acid thin films for application in hair care cosmetics. *Pure and Applied Chemistry*, 89(11), 1829–1839. <https://doi.org/10.1515/pac-2016-1106>

Shahrajabian, M. H., Chaski, C., Polyzos, N., Tzortzakis, N., & Petropoulos, S. A. (2021). Sustainable agriculture systems in vegetable production using chitin and chitosan as plant biostimulants. *Biomolecules*, 11(6), 819. <https://doi.org/10.3390/biom11060819>

Speičienė, V., & Sekmokienė, V.D. (2005). Chitozanas ir jo pritaikymas maisto pramonėje (apžvalga). *Maisto chemija ir technologija*, 39(1), 13–20. <https://doi.org/10.5932/maisto.chem.technol>

Technologijos.lt. (2022, gruodžio 5). *Mokslininkai kuria ypatingą preparatą kareiviams: „stebuklinga savybė“ jau patikrinta ir veikia!* <http://www.technologijos.lt/n/technologijos/karyba/S-113074/straipsnis/Mokslininkai-kuria-ypatinga-preparata-kareiviams-stebuklinga-savybe-jau-patikrinta-ir-veikia>

Underwood, S., & Van Eps, A. W. (2012). Nanomedicine and veterinary science: The reality and the practicality. *The Veterinary Journal*, 193(1), 12–23. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2011.12.012>

Xing, K., Zhu, X., Peng, X., & Qin, S. (2015). Chitosan antimicrobial and eliciting properties for pest control in agriculture: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35, 569–588. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0271-3>

Xing, Y., Xu, Q., Jiang, L., et al. (2015). Effect of different coating materials on the biological characteristics and stability of microencapsulated *Lactobacillus acidophilus*. *RSC Advances*, 5(29), 22825–22837. <https://doi.org/10.1039/C5RA03350G>

APPLICATION OF THE NATURAL POLYMER CHITOSAN IN INDUSTRY: A REVIEW OF LITERATURE SOURCES

Summary. Chitosan is a naturally occurring polymer obtained by deacetylation of chitin. Chitosan is an excellent alternative with biodegradability, antimicrobial activity, the ability to absorb heavy metals and is non-toxic in order to reduce the use of plastics. These properties make chitosan suitable for use in various industries. In the food industry, it is used in the manufacture of edible coatings, food packaging, as an emulsifier, flocculant and food additive. Chitosan composites are used as preservatives in the food industry with antimicrobial activity against pathogenic and antibiotic-resistant bacterial strains. Due to its ability to form a gel network that traps fat and cholesterol, chitosan is used for lipid absorbance and obesity prevention.

Being highly thrombogenic, chitosan can activate blood coagulation and is therefore used in the manufacture of haemostatic dressings. Chitosan-based nanomaterials ensure slow release of agrochemicals, targeted use of bioactive compounds and nutrients, lower environmental impact and are therefore used in agriculture.

In veterinary medicine, chitosan is used to treat skin, joint and vascular lesions, and tumour processes. Chitosan and its derivatives are antifungal, non-toxic and biodegradable, water-binding, moisturising and can be used as a thickener, rheology modifier and emulsion stabiliser in cosmetic products. Chitosan and its cationic derivatives are able to interact with keratin to form transparent, elastic films on the surface of the hair, which soften and strengthen the hair and help to prevent hair damage. Chitosan, produced from seafood waste, contributes to sustainable recycling and reuse solutions.

Keywords: biopolymer, chitin, chitosan, applications.

VILNIAUS MIESTO SAVIVALDYBĖS ŠALTINIŲ VANDENS KOKYBĖS ĮVERTINIMAS PAGAL NITRATŲ IR NITRITŲ KIEKĮ

Ingrida Radveikienė, Emilis Ivanauskas, Danylo Potapov

Vilniaus kolegija, Agrotechnologijų fakultetas

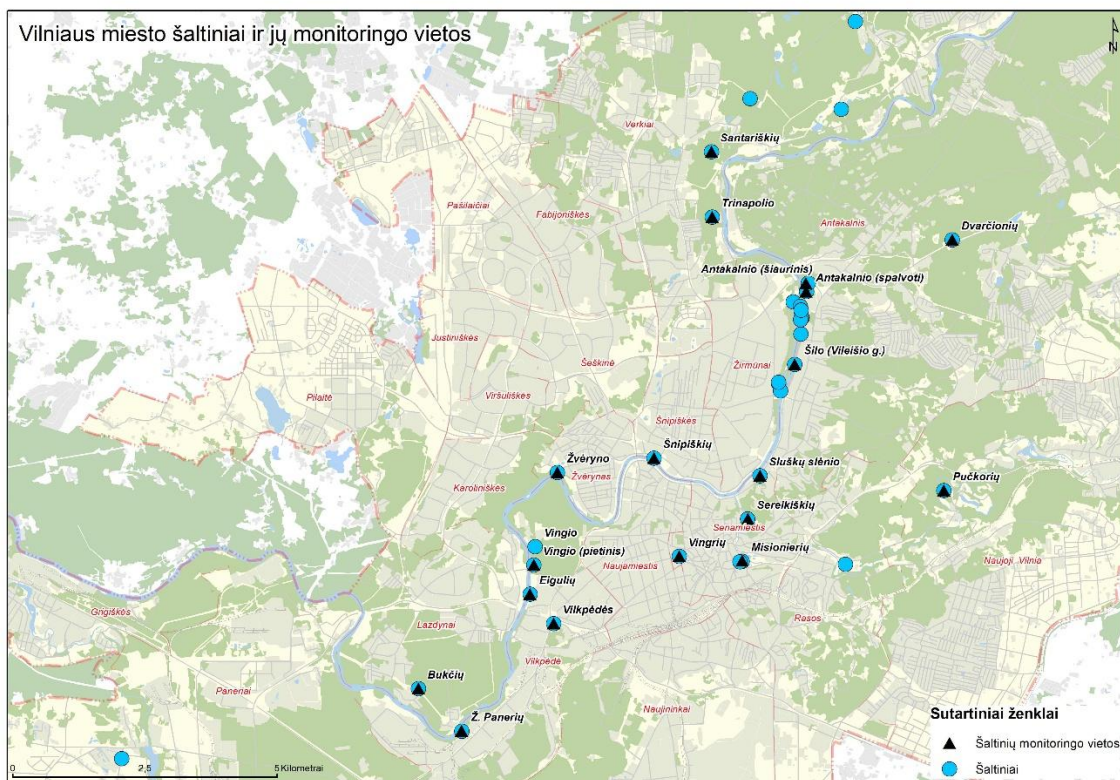
Anotacija. Azoto ciklas, apimantis fiksaciją, nitrifikaciją, amonifikaciją ir denitrifikaciją, reguliuoja „fiksauto“ azoto formų pusiausvyrą. Požeminiame vandenyje mikroorganizmai aerobinėmis sąlygomis amonį paverčia į nitritus (NO_2^-) ir toliau iki nitrato (NO_3^-). Žemės ūkio trąšos, nuotekos ir natūralūs mikrobiologiniai procesai skatina perteklinį nitratų patekimą į gruntinį vandenį. Visuomenės sveikatai svarbu, kad geriamasis vanduo atitiktų kokybės reikalavimus ir būtų saugus vartoti, ypač kai dalis gyventojų neturi galimybės jungtis prie centralizuoto vandentiekio ir naudoja gręžinių ar šulinių vandenį, galimai užterštą nitratais bei nitritais. Šiame straipsnyje buvo tiriama nitratų (NO_3^-) ir nitritų (NO_2^-) koncentracijos kaita rugsėjo–lapkričio mėnesiais Vilniaus miesto savivaldybės vandens šaltiniuose: Dvarčionių, Šilo tilto (Vileišio g.) ir Šnipiškių. Nitratų ir nitritų koncentracija nustatyta spektrofotometrinio metodu. Tyrimo rezultatai parodė, kad nitratų koncentracija rugsėjo mėn. svyravo nuo mažesnės nei nustatymo riba ($< 0,02 \text{ mg/l}$) iki $24,05 \text{ mg/l}$, spalio mėn. stebimas padidėjimas šaltinių vandenyje (nustatyta didžiausia konc. $29,70 \text{ mg/l}$), o lapkričio mėn. sumažėjo (nustatyta didžiausia konc. $27,65 \text{ mg/l}$). Manoma, kad nitratų koncentracijos kitimas priklausė nuo kritulių kiekio; rugsėjo–lapkričio mėn. nitritai neviršijo $0,02 \text{ mg/l}$. Visos nustatytos nitratų ir nitritų vertės atitiko Lietuvos higienos normos HN 24:2023 ribines vertes ($\text{NO}_3^- \leq 50 \text{ mg/l}$; $\text{NO}_2^- \leq 0,5 \text{ mg/l}$), todėl šaltinių vanduo saugus ir tinkamas vartoti.

Raktiniai žodžiai: *šaltinio vanduo, nitratai, nitritai, spektrofotometrinis metodas.*

Įvadas. Švarus geriamasis vanduo yra būtinas ne tik tiesioginiam vartojimui, bet ir maisto gamybai, pramonės procesams bei biologinės įvairovės palaikymui („ekosistemų sveikatai“). Vandenyje esantys nitratai (NO_3^-) ir nitritai (NO_2^-) kelia grėsmę aplinkai, visuomenės sveikatai (Schwarzenbach R. P., 2010). Pagal Pasaulio sveikatos organizacijos (PSO) rekomendacijas, geriamajame vandenyje nitratų koncentracija neturėtų viršyti 50 mg/l , o nitritų – 3 mg/l (World Health Organization, 2017); Lietuvos higienos norma HN 24:2023 „Geriamojo vandens saugos ir kokybės reikalavimai“ nustato sveikatai saugias geriamojo vandens sąlygas, įskaitant leidžiamus teršalų ir kitų pavojingų medžiagų kiekius. Šioje higienos normoje nurodomos maksimalios ribinės nitratų ir nitritų koncentracijos, kurios užtikrina tinkamą vandens kokybę gyventojams. Nustatyta, kad nitratų koncentracija neturėtų viršyti 50 mg/l , o nitritų – $0,5 \text{ mg/l}$ (Dėl Lietuvos higienos normos HN 24:2023 „Geriamojo vandens saugos ir kokybės reikalavimai“ patvirtinimo. Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2003 m. liepos 23 d. įsakymas Nr. V-455). Ilgalaikis geriamojo vandens, kuriame nitratų ir nitritų koncentracijos viršija rodiklio ribinę vertę, vartojimas gali sukelti methemoglobinemiją (deguonies trūkumą) ir padidinti tikimybę susirgti onkologinėmis ligomis dėl organizme susidarančių kancerogeninių N-nitrozo junginių (World Health Organization, 2017).

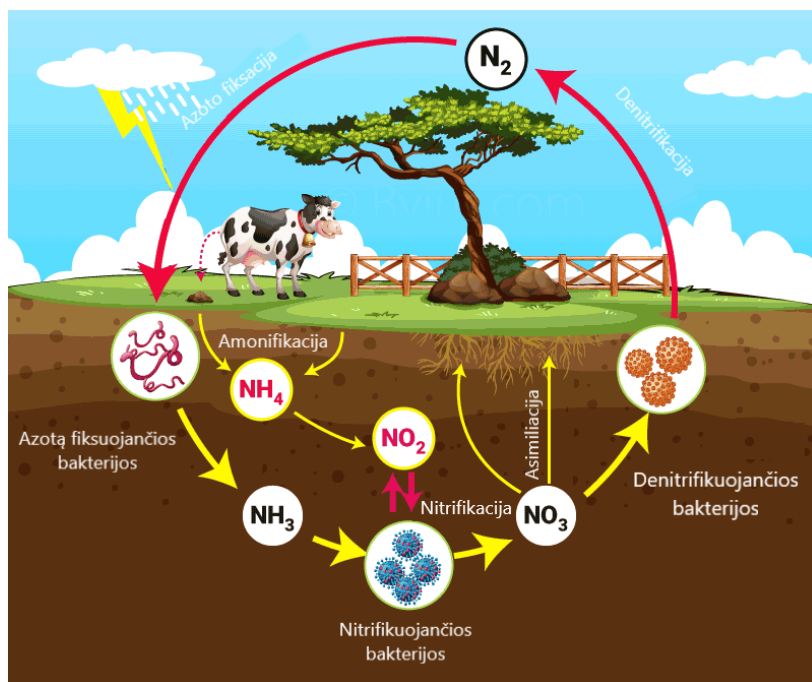
Vilniaus miesto savivaldybės teritorijoje yra 31 šaltinis (1 pav.), kurių kokybę nuo 2004 m. nuolat stebi Aplinkos apsaugos agentūra kartu su savivaldybe, todėl gyventojai yra reguliariai informuojami apie šaltinių būklę. Remiantis 2024 m. tyrimo duomenimis, Šilo (Vileišio g.) monitoringo vietoje buvo nustatyta $30,56 \text{ mg/l}$ nitratų ir $< 0,05 \text{ mg/l}$ nitritų (Marcinonis A., 2024). Literatūroje teigiama, kad sezoniniai nitratų koncentracijų svyravimai priklauso nuo kritulių kiekio, temperatūros bei hidrogeologinių sąlygų, dėl klimato kaitos (t. y. didesnio kritulių intensyvumo) – požeminiame vandenyje šių teršalų koncentracija gali keistis (Stuart ir kt., 2011).

Be azoto (N) negalėtų susidaryti gyvybei svarbios molekulės. Be to, azotas dalyvauja oksidacijos-redukcijos reakcijose. Azoto ciklas (2 pav.) lemia organizmams prieinamo („fiksauto“) azoto kiekį ir formą. Šio ciklo pagrindiniai etapai yra azoto fiksacija, nitrifikacija, azoto įsisavinimas, amonifikacija ir denitrifikacija. Kitaip tariant, šis ciklas palaiko augmenijos augimą, reguliuoja dirvos derlingumą ir prisideda prie atmosferos azoto pusiausvyros (Zhang, X., 2020). Šaltinių vandenyje aptinkami nitratai ir nitritai dėl aerobinės nitrifikacijos ir anaerobinės denitrifikacijos procesų.



1 pav. Vilniaus miesto šaltiniai ir jų monitoringo vietos.

Prieiga per internetą <https://aplinka.vilnius.lt/aplinkos-kokybe/geriamas-vanduo/saltiniai/#16>



2 pav. Azoto ciklas.

Prieiga per internetą byjus.com/biology/nitrogen-cycle/

Pagrindiniai nitratų ir nitritų šaltiniai geriamajame vandenyje yra žemės ūkio veikla, buitinės nuotekos, pramoninės nuotekos, natūralūs procesai (dirvožemyje ir vandenyje esančios trąšos, turinčios neorganinio azoto, ir atliekos, kurių sudėtyje yra organinio azoto, pirmiausia skaidomos mikroorganizmų, išskiriant amoniaką, kuris nitrifikacijos proceso metu virsta nitritais ir nitratais) (Heaton et al., 2012; Kendall et al., 2007; Yue et al., 2014; Zhang et al.,

2022). Augalai augimo metu pasisavina nitratus ir naudoja juos organinių azoto junginių sintezei, o perteklinis nitratų kiekis dėl didelio tirpumo patenka į požeminį vandenį (World Health Organization, 1998).

Darbo tikslas. Įvertinti Vilniaus miesto savivaldybės šaltinių vandens kokybę rugsėjo–lapkričio mėn. pagal nitratų ir nitritų kiekį.

Uždaviniai:

1. Išnagrinėti literatūros šaltinius apie nitratų ir nitritų taršą geriamajame vandenyje bei poveikį žmogaus sveikatai.

2. Nustatyti nitratų ir nitritų koncentraciją spektrofotometrinio metodu Vilniaus miesto savivaldybės šaltiniuose.

Tyrimo objektas. Vilniaus miesto savivaldybės Dvarčionių, Šilo tilto (Vileišio g.) ir Šnipiškių šaltinių vanduo.

Tyrimo metodas. Nitritų kiekis mėginiuose nustatytas spektrofotometrinio metodu pagal standartą „ISO 6777-1984 „Vandens kokybė. Nitritų nustatymas – molekulinės sugerties spektrometrinis metodas“. Metodas pagrįstas nitrito diazotavimo reakcija su 4-aminobenzeno sulfonamidu rūgščioje terpėje, kurios metu susidaro diazonio druska. Ši druska su N-(1-naftil)-1,2-diaminoetano dihidrochloridu, sudaro rausvai raudoną azo dažą, o išmatavus šviesos sugerties intensyvumą įvertinama nitritų koncentracija. Nitrito kalibravimo kreivės koncentracijų intervalas nuo 0,02 iki 0,2 mg/l, naudota 10 mm optinio stiklo kiuvetė, šviesos sugertis išmatuota esant 540 nm šviesos bangos ilgiui. Nitritų kiekis yra išreikštas (C) miligramais litre (mg/l), naudojant nitrito kalibravimo kreivės tiesinės regresijos lygtimi ($y = 1,0221x - 0,0042$, kur koeficientas $R^2 = 0,9999$) apskaičiuojamas pagal formulę: $C = \frac{c \times V}{v}$ (mg/l), čia: c – nitritų koncentracija (mg/l), nustatyta iš kalibravimo kreivės; V – bendras tūris (ml); v – mėginio tūris (ml).

Nitratų kiekis mėginiuose nustatytas spektrofotometrinio metodu pagal standartą ISO 7890-3:1998 „Vandens kokybė. Nitratų kiekio nustatymas. 3-ioji dalis. Spektrometrinis metodas, vartojant sulfosalicilo rūgštį“. Metodas esmė – rūgščioje terpėje nitratai reaguoja su sulfosalicilo rūgštimi, susidaro 3-nitro-5-sulfosalicilo rūgštis (geltonas junginys), pagal UPAC 3-nitro-2-hidroksi-5-sulfobenzenkarboksirūgšties kompleksas, kurio šviesos sugertis išmatuojama esant 415 nm šviesos bangos ilgiui. Buvo paruošta nitratų kalibravimo kreivė, kurios koncentracijų intervalas 0,5–50 mg/l, naudota 10 mm optinio stiklo kiuvetė. Nitratų koncentracija (mg/l) apskaičiuojama pagal nitratų kalibravimo kreivės tiesinės regresijos lygtį ($y = 0,0173x + 0,0037$, kur koeficientas $R^2 = 0,9925$).

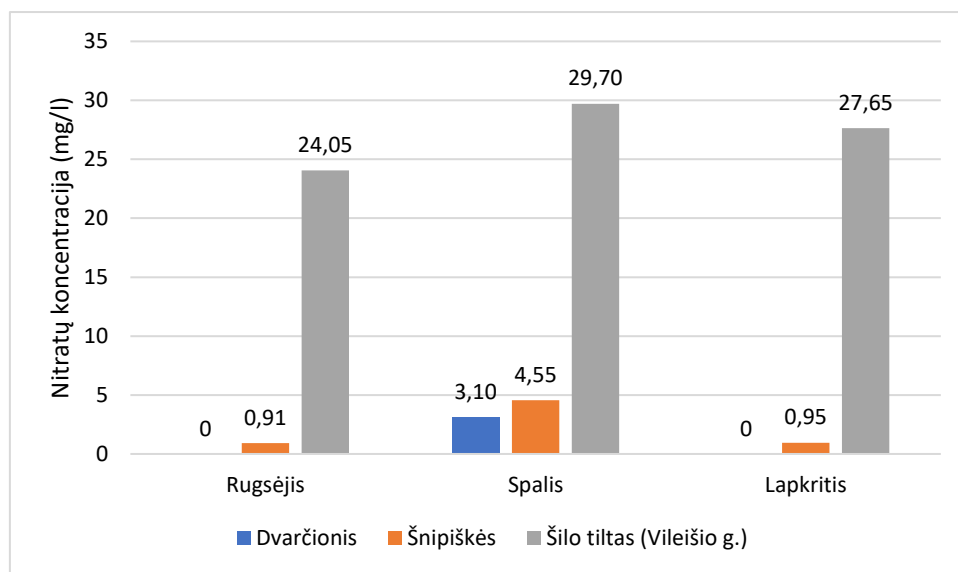
Tyrimo rezultatų analizė. Tyrimo metu nustatytas nitratų ir nitritų kiekis Vilniaus miesto savivaldybės Dvarčionių, Šilo tilto (Vileišio g.) ir Šnipiškių šaltinių vandenyje (3 pav.).

Tyrimo rezultatai parodė, kad rugsėjo mėnesį Dvarčionių šaltinio vandenyje nitratų koncentracija nebuvo nustatyta (<0,02 mg/l), tuo tarpu Šilo tilto (Vileišio g.) šaltinio vandenyje nitratų koncentracija siekė 24,05 mg/l, o Šnipiškių šaltinio vandenyje – 0,91 mg/l (4 pav.).



3 pav. Tirti Vilniaus miesto savivaldybės šaltiniai: Dvarčionių (a), Šilo tilto (Vileišio g.) (b) ir Šnipiškių (c). Sudaryta autorių

Spalio mėnesį nitratų koncentracija tirtų šaltinių vandenyje padidėjo: Dvarčionių šaltinio vandenyje padidėjo iki 3,1 mg/l, Šilo tilto (Vileišio g.) šaltinio vietoje – padidėjo iki 4,55 mg/l, o Šnipiškių šaltinio vandenyje iki 29,7 mg/l nei buvo nustatyta rugsėjo mėn. (4 pav.). Lyginant lapkričio ir spalio mėn. tyrimo rezultatus, gauti panašūs tyrimo rezultatai. Nustatyta, kad lapkričio mėnesį Dvarčionių šaltinio vandenyje nitratų nebuvo nustatyta, Šilo tilto (Vileišio g.) šaltinio vandenyje sumažėjo iki 27,65 mg/l, o Šnipiškių – iki 0,95 mg/l (4 pav.). Literatūroje teigiama, kad nitratų koncentracijos padidėjimas siejamas su intensyvesne tarša arba lietingu laikotarpiu, nes skatinamas nitratų išplovimas iš dirvožemio į vandens telkinius, tokiu būdu didinant nitratų koncentraciją (Ghaly and Ramakrishnan, 2015). Manoma, kad gauti tyrimo rezultatų svyrimai spalio ir lapkričio mėnesiais glaudžiai koreliuoja su kritulių kiekiu prieš ėminių paėmimą – spalį buvo 10 lietingų dienų, o lapkritį tik 5 dienos (Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba prie Aplinkos ministerijos, 2024). Nustatyta, kad Dvarčionių, Šilo tilto (Vileišio g.) ir Šnipiškių šaltinių vandenyje nitritų koncentracija neviršijo nustatymo ribos (<0,02 mg/l) rugsėjo–lapkričio mėn.



4 pav. Nitratų kiekio kaita rugsėjo–lapkričio mėnesiais tirtų Vilniaus miesto savivaldybės šaltinių vandenyje

Tyrimo rezultatai rodo, kad nitratų ir nitritų koncentracijos tirtų Vilniaus miesto šaltinių vandenyje neviršijo Lietuvos higienos normos HN24 rodiklio ribinių verčių, todėl vanduo yra saugus ir tinkamas vartoti.

Išvados.

1. Nitrato jonai (NO_3^-) yra termodinamiškai stabilūs oksidacinėje būsenoje ir savaime mažai reaktyvūs, tačiau mikroorganizmų vykdoma nitrifikacija ir denitrifikacija užtikrina jo nuolatinį perėjimą į kitas azoto formas (pvz., nitrito, amonio, azoto oksido ir kt.). Nitrito jonai (NO_2^-) oksidacinėje būsenoje yra mažiau stabilūs, todėl intensyviai dalyvauja oksidacijos-redukcijos reakcijose. Nitritai pasižymi didesniu neigiamu poveikiu žmogaus organizmui. Jei nitritų kiekis viršija HN 24:2023 rodiklio ribines vertes, didėja rizika susirgti methemoglobinemija ir onkologinėmis ligomis.

2. Spektrofotometrinio metodu nustatyta, kad rugsėjo–lapkričio mėn. nitratų ir nitritų koncentracija neviršijo Lietuvos higienos normos HN24:2023 ribinių rodiklio verčių (NO_3^- 50 mg/l, NO_2^- 0,5 mg/l), todėl vanduo saugus vartoti. Didžiausias nitratų kiekis stebimas spalio mėn., ir nustatyta, kad Dvarčionių vandenyje yra 3,1 mg/l, Šilo tilto (Vileišio g.) – 4,55 mg/l, o Šnipiškėse – 29,7 mg/l. Manoma, tai lėmė lietingesnis laikotarpis, nes nitratai buvo išplauti iš dirvožemio.

- 3.

LITERATŪRA

Antanas Marcinonis. (2024). *Vilniaus miesto savivaldybės požeminio vandens monitoringo 2024 m. ataskaita*. Vilnius: Vilniaus miesto savivaldybė. <https://aplinka.vilnius.lt/wp-content/uploads/2024/08/vilniaus-m-poz-vandens-monitoringo-metine-ataskaita-2024-m.pdf>

Cao, M. D., Yin, X. J., Zhang, J., Jin, M. G., & Huang, X. (2022). Sources and transformations of nitrogen in an agricultural watershed on the Jiangnan Plain, China: An integration of $\delta^{15}\text{N}\text{-NH}_4^+$, $\delta^{15}\text{N}\text{-NO}_3^-$, $\delta^{18}\text{O}\text{-NO}_3^-$ and a Bayesian isotope-mixing model. *Science of the Total Environment*, 850. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158427>

Ghaly, A. E., & Ramakrishnan, V. (2015). Nitrogen sources and cycling in the ecosystem and its role in air, water and soil pollution: A critical review. *Journal of Environmental Science and Technology*, 8(2), 120–136. <https://doi.org/10.3923/jest.2015.120.136>

Heaton, T. H. E., Stuart, M. E., Sapieno, M., & Sultana, M. M. (2012). An isotope study of the sources of nitrate in Malta's groundwater. *Hydrogeology Journal*, 20(8), 1591–1605. <https://doi.org/10.1007/s10040-012-0899-5>

Kendall, C., Elliott, E. M., & Wankel, S. D. (2007). *Tracing anthropogenic inputs of nitrogen to ecosystems*. *Stable Isotopes in Ecology and Environmental Science*, 2nd ed., 375–449.

Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba prie Aplinkos ministerijos. (2024). Faktiniai orai. Archyvas. <https://beta.meteo.lt/?pid=archyvas&station=vilniaus-ams&date=2024-10-31>

Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro įsakymas Nr. V-408. (2023, vasario 2 d.). Dėl Lietuvos higienos normos HN 24:2023 „Geriamojo vandens saugos ir kokybės reikalavimai“ patvirtinimo. Valstybės žinios, 2023-02-15, Nr. 17-823. <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.216309/asr>

Schwarzenbach, R. P., Egli, T., Hofstetter, T. B., von Gunten, U., & Wehrli, B. (2010). Global water pollution and human health. *Annual Review of Environment and Resources*, 35, 109–136. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-100809-125342>

Stuart, M. E., Gooddy, D. C., Bloomfield, J. P., & Williams, A. T. (2011). A review of the impact of climate change on future nitrate concentrations in groundwater of the UK.

NERC Open Research Archive.

https://nora.nerc.ac.uk/id/eprint/14419/1/Nitrate_climate_change_version_for_NORA.pdf

World Health Organization. (1998). Nitrate and nitrite in drinking-water. In *Guidelines for drinking-water quality* (2nd ed., pp. 31–54). World Health Organization. https://cdn.who.int/media/docs/default-source/wash-documents/wash-chemicals/who-sde-wsh-04-03-56-eng.pdf?sfvrsn=e2fe0837_4

World Health Organization. (2017). *Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition incorporating the first addendum*. World Health Organization.

<https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>

Yue, F. J., Liu, C. Q., Li, S. L., Zhao, Z. Q., Liu, X. L., Ding, H., Liu, B. J., & Zhong, J. (2014). Analysis of $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{18}\text{O}$ to identify nitrate sources and transformations in the Songhua River, Northeast China. *Environmental Science and Pollution Research*, 21(14), 8790–8802. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-2701-6>

Zhang, X., Ward, B. B., & Sigman, D. M. (2020). Global nitrogen cycle: critical enzymes, organisms, and processes for nitrogen budgets and dynamics. <https://par.nsf.gov/servlets/purl/10194995>

Assessment of Water Quality in the Springs of Vilnius City Municipality Based on Nitrate and Nitrite Content

Summary. The nitrogen cycle — fixation, nitrification, ammonification, and denitrification — regulates the ratio of "fixed" forms of nitrogen. Microorganisms in aerobic environments in groundwater oxidize ammonium to nitrites (NO_2^-) and subsequently to nitrates (NO_3^-). Excess nitrates that are added to groundwater are due to agricultural fertilizers, sewage,

and natural microbiological activity. It is crucial for public health that drinking water meets standards of quality and is safe to drink, especially since some residents lack access to centralized drinking water networks and resort to using well or borehole water with nitrates and nitrites. This study explored the dynamics of nitrate (NO_3^-) and nitrite (NO_2^-) in September–November water sources of the Vilnius City Municipality: Dvarčionys, Šilas Bridge (Vileišio St.), and Šnipiškės. Nitrates and nitrites were determined by the spectrophotometric method. Based on the results, concentrations of nitrate in September ranged from less than the detection limit (< 0.02 mg/l) to 24.05 mg/l. During October, the levels of nitrates were maximum in spring water (29.70 mg/l) and then there was a decrease during November (27.65 mg/l maximum). The shift in the levels of nitrates is thought to have occurred due to the amount of rainfall. During the period from September to November, the levels of nitrites were never greater than 0.02 mg/l. All the contents of nitrates and nitrites determined were within the Lithuanian hygiene standard HN 24:2023 ($\text{NO}_3^- \leq 50$ mg/l; $\text{NO}_2^- \leq 0.5$ mg/l) and hence confirm that the spring water is safe for drinking.

Keywords: *spring waters, nitrates, nitrites, spectrophotometric method.*

GYDOMŲ GYVŪNŲ ŽAIZDŲ GIJIMO ĮVERTINIMAS NAUDOJANT MOBILAUS LAZERIO TECHNOLOGIJĄ

Dr. Virginija Jarulė, dr. Ernest Kostenko, Birutė Kryževičienė, Milda Vasaitytė, Lukas Mačiulis, Birutė Anzienė

Vilniaus kolegija, Agrotechnologijų fakultetas, Veterinarijos katedra

Anotacija. Tyrimo tikslas – įvertinti mobilaus lazerio (K-Laser) terapijos poveikį gyvūnų pooperaciniam gijimui. Analizė apėmė 76 atvejus, lyginta gijimo trukmė be lazerio ir su lazerio terapija. Buvo taikyti poriniai t-testai, Wilcoxon testas bei chi kvadrato testas. Rezultatai parodė, kad lazerio terapija statistiškai reikšmingai sumažina žaizdos gijimo trukmę (vid. 11,9 d. vs 7,9 d., $p < 0,000001$) ir komplikacijų dažnį ($p < 0,00000001$).

Raktiniai žodžiai: *lazerio terapija, žaizdų gijimas, komplikacijos, fotobiostimuliacija, veterinarinė medicina.*

Įvadas. Lazerinė terapija, dar vadinama fotobiomoduliacija, pastaraisiais metais vis plačiau taikoma veterinarijoje įvairioms būklėms gydyti – nuo raumenų-skeleto skausmų iki odos žaizdų ir uždegimų (Wardlaw et al., 2019). Lazerio spinduliuotė skleidžia tam tikro bangos ilgio šviesą, kuri audiniuose stimuliuoja biologinius procesus: gerina kraujotaką, skatina ląstelių energijos apykaitą, slopina uždegimą ir skausmą (Miller, 2024). Dėl šių savybių lazerinė terapija tiriama kaip papildoma priemonė greitinti žaizdų gijimą, gerinti audinių regeneraciją bei mažinti skausmą. Moksliniai rezultatai kol kas nevienareikšmiai: tyrimų metu nustatyta, kad žemo lygio lazerio spinduliavimas chirurginiams pjūviams nežymiai arba visai nepagerino žaizdos gijimo greičio, palyginti su vien tradicine priežiūra (Millis & Bergh, 2023). Tačiau kitame tyrime gauti duomenys rodo šiek tiek spartesnį gijimą ir geresnį rando susiformavimą taikant lazerį: šunims, kuriems po operacijos 7 dienas kasdien buvo taikomas 8 J/cm² dozės lazeris, jau 7-ą parą pastebėtas geresnis žaizdos sugijimas, o po 21 dienos lazeriu gydytų pjūvių randai buvo labiau susitraukę ir ataugusiu plauku, palyginti su negydytais lazeriu (Wardlaw et al., 2019). Tai leidžia spręsti, kad lazerinė terapija gali pagreitinti gijimo laiką ir kai kuriais atvejais pagerinti kosmetinį rezultatą gydant chirurgines žaizdas.

Audinių regeneracijos požiūriu, lazerio spinduliai infraraudonųjų spindulių spektre skatina fibroblastų proliferaciją, kolageno sintezę ir angiogenezę (Miller, 2024). Dėl to teoriškai chirurginis pjūvis turėtų greičiau atkurti audinių vientisumą ir įgyti stiprumo. Nors kai kuriuose tyrimuose objektyvūs žaizdos rodikliai nekito (Millis & Bergh, 2023), histologiškai stebėta daugiau brandžių kolageno skaidulų lazeriu gydytuose pjūviuose (Wardlaw et al., 2019).

Kitas svarbus aspektas – skausmo mažinimas. Tradiciškai skausmui valdyti naudojami analgetikai; lazerio terapija veikia patį uždegiminį procesą ir nervų receptorius, mažindama patinimą ir citokinų išsiskyrimą (Miller, 2024). Naujo randomizuoto tyrimo duomenimis, vienkartinė lazerio procedūra iškart po operacijos sumažino šunų skausmo balus palyginti su vien standartiniu nuskausminimu (Alves¹ et al., 2024). Lazeriu gydyti gyvūnai taip pat greičiau atgavo apetitą po operacijos, tai rodo greitesnį komforto sugrįžimą (Alves¹ et al., 2024). Galiausiai chirurginių žaizdų komplikacijų rizika paprastai yra maža dėl aseptikos, bet lazeris teoriškai gali dar labiau ją sumažinti – spartesnis gijimas reiškia trumpesnį laiką, per kurį žaizda yra imli infekcijai. Tirtuose atvejuose lazerio taikymas nesukėlė neigiamų efektų ar žaizdų pablogėjimo (Wardlaw et al., 2019). Taigi, lazerinė terapija chirurginių žaizdų gijimą gali palengvinti – pagerinti randėjimą ir sumažinti pooperacinį skausmą, nors kai kurie tyrimai didelio skirtumo palyginti su tradiciniu gijimu nerodo. Dėl nevienodų rezultatų ekspertai pažymi, kad būtina toliau tirti optimalius lazerio parametrus ir protokolus (Wardlaw et al., 2019).

Lazerinė terapija taikoma kaip adjuvantinė priemonė infekcijai kontroliuoti ir audinių atstatymui skatinti. Skirtingai nuo chirurginių švarių pjūvių, esant infekuotoms žaizdoms lazerio antimikrobinis poveikis tampa itin svarbus. Nors ankstesni bandymai neįrodė reikšmingos naudos, pvz., viename tyrime lazerio naudojimas nepakeitė infekuotų žaizdų gijimo rodiklių palyginti su tradiciniu gydymu (Wardlaw et al., 2019) – naujesni tyrimai rodo

daug žadančius rezultatus. 2021 m. atliktame atsitiktinių imčių placebo kontroliuojamame tyrime, kuriame dalyvavo 14 šunų su kąstinėmis ir plėštinėmis žaizdomis, nustatyta, kad pridėjus mažo lygio lazerio terapiją prie įprastinės žaizdų priežiūros, žaizdose esančių bakterijų kiekis statistiškai reikšmingai sumažėjo. Ypač efektyvi buvo 2 J/cm² dozė: ši grupė turėjo žymiai mažesnę kolonijų formuojančių vienetų (KfV) skaičių nei placebo grupė, be to, lazeriu gydomų žaizdų būklės balai (įvertinant paraudimą, eksudaciją, granuliaciją) buvo geresni (Rico-Holgado et al., 2024). Nepageidaujamų reiškinių nenustatyta – lazeris nesutrikdė gijimo ir nesukėlė papildomo dirginimo (Rico-Holgado et al., 2024).

Be tiesioginio lazerio poveikio bakterijoms, tyrimai nagrinėja ir šviesos (tam tikrų bangų) poveikį konkreitiems patogenams. Pavyzdžiui, *Pseudomonas aeruginosa* – dažna užsitęsusių šunų žaizdų ir ausų infekcijų sukėlėja – pasirodo, yra jautri tam tikro spektro šviesai. In vitro eksperimentuose 405 nm mėlynos šviesos ekspozicija 20 minučių sumažino *Pseudomonas* kolonijų skaičių labiau nei įprastinis antibiotikas enrofloksacinas; derinant šviesos terapiją su antibiotiku, bakterijų sumažėjimas buvo didžiausias (Gigante et al., 2024).

Audinių regeneracija esant septinėms žaizdoms pagerėja, kai sumažėja bakterinė tarša. Lazeris, malšindamas infekciją, sudaro palankesnes sąlygas granuliaciniam audiniui augti ir epitelizuotis. Taip pat lazerio fotobiomoduliacija aktyvina makrofagus, neutrofilus infekcijos vietoje, kas gali pagreitinti nekrozių audinių pašalinimą ir naujų audinių susidarymą (Wardlaw et al., 2019). Infekuotų žaizdų skausmo kontrolė yra reikšminga, nes tokios žaizdos labai skausmingos dėl uždegimo. Tradiciškai skiriami analgetikai ir net raminaujieji, tačiau lazeris, mažindamas patinimą ir išskiriamų uždegimo mediatorių kiekį, gali palengvinti skausmą tiesiogiai žaizdoje. Lazeriu apdorotos žaizdos klinikiuose tyrimuose turėjo mažesnius skausmo ir uždegimo skalės balus nei kontrolinės (Tambella et al., 2020). Komplikacijų rizika sumažėja, jei infekcija efektyviau suvaldoma pradiniam etape. Taigi lazerio terapija, derinama su klasikiniu žaizdos gydymu, gali pagreitinti septinių žaizdų gijimą – sutrumpinti infekcijos fazę, skatinti greitesnę užgijimą ir sumažinti sunkesnių komplikacijų tikimybę (Rico-Holgado et al., 2021). Vis dėlto optimaliems rezultatams pasiekti svarbu tinkamai parinkti lazerio dozę – minėtas tyrimas parodė 2 J/cm² esant veiksmingesnei dozei nei 6 J/cm² (Rico-Holgado et al., 2021), todėl dozavimo niuansai dar tyrinėjami.

Tyrimai rodo, kad lazerio terapija gali būti naudinga po profesionalios burnos higienos procedūrų. Atsitiktinių imčių tyrime su 47 šunimis, kuriems buvo atliktas dantų apnašų valymas, vienai pusei žandikaulio papildomai pritaikius vienkartinę lazerio (PBM) procedūrą, toje pusėje dantenų uždegimas žymiai sumažėjo greičiau nei kontrolinėje pusėje be lazerio (Alves² et al., 2024). Per 15 dienų po procedūros lazeriu gydytos dantenos turėjo ženkliai mažesnius gingivito įvertinimo balus, kas reiškia spartesnę uždegimo atsitraukimą (Alves² et al., 2024). Taigi, lyginant su vien tik mechaniniu valymu, lazerio terapija sutrumpino gijimo laiką – gyvūnų dantenos greičiau grįžo į normalią būklę. Kitas aspektas – periodontito sukeltų kišenių gylių mažinimas. Ilana Zuckerman ir kolegų (2024) retrospektyvinėje analizėje vertintas diodinio dantų lazerio naudojimas: po 6–7 mėn. pakartotinės apžiūros metu nustatyta, kad periodonto kišenės vidutiniškai sumažėjo ~2,6 mm gylio (Zuckerman et al., 2024).

Eksperimentiniai tyrimai rodo, kad PBM terapija gali skatinti kaulo ląstelių aktyvumą – pvz., graužikų modeliuose fiksuotas greitesnis kaulinio audinio formavimasis esant lazerio poveikiui (Miller, 2024). Tad teoriškai lazeris galėtų sulėtinti ar sustabdyti periodonto kaulo nykimą sergant periodontitu, ypač derinant su įprastomis priemonėmis.

Kai kuriais atvejais lazerinė terapija siūloma gydant lėtinį kačių stomatitą – labai skausmingą, į įprastą gydymą sunkiai reaguojančią būklę. Nors auksinis standartas tokiais atvejais yra dantų šalinimas, mažo intensyvumo lazeris tyrimuose parodė galintis sumažinti skausmą ir burnos uždegimą stomatito atvejais (Kamlangchai et al., 2024). Lazerinė terapija dantų ligoms yra perspektyvus papildinys: ji greitina gijimą, mažina uždegimą ir skausmą, potencialiai gerina periodontito ilgalaikius rezultatus. Vis dėlto ji nepakeičia mechaninio

apnašų pašalinimo – greičiau papildoma ji, suteikdama geresnį trumpalaikį ir galbūt ilgalaikį gijimo efektą.

2025 m. paskelbta in vitro studija parodė, kad mažo intensyvumo mėlynos šviesos terapija slopina *Malassezia* augimą laboratorinėmis sąlygomis: jau po 4 min. švitinimo kultūrose pastebėtas statistiškai reikšmingas kolonijų sumažėjimas lyginant su nešvitintomis (Gil et al., 2025). Tai patvirtina, jog fototerapija gali veikti ne tik bakterijas, bet ir grybus, suteikdama platesnio spektro pagalbą otito atveju. Kaip minėta, *Pseudomonas* taip pat jautri tam tikrai šviesai – taigi lazerinė terapija gali tiesiogiai mažinti ausies infekcijų sukėlėjų kiekį (Gigante et al., 2024).

Lazerio terapija ausų infekcijoms yra perspektyvi alternatyva ar papildas: ji efektyviai mažina mikroorganizmų kiekį ir uždegimą, gali sutrumpinti gydymo trukmę ir pagerinti gyvūnų komfortą bei savininkų gydymo režimo laikymąsi (Tambella et al., 2020). Kol kas tai nauja sritis, tačiau pirmųjų tyrimų rezultatai teikia vilčių, kad ateityje otito gydymas taps efektyvesnis ir mažiau priklausomas nuo antibiotikų.

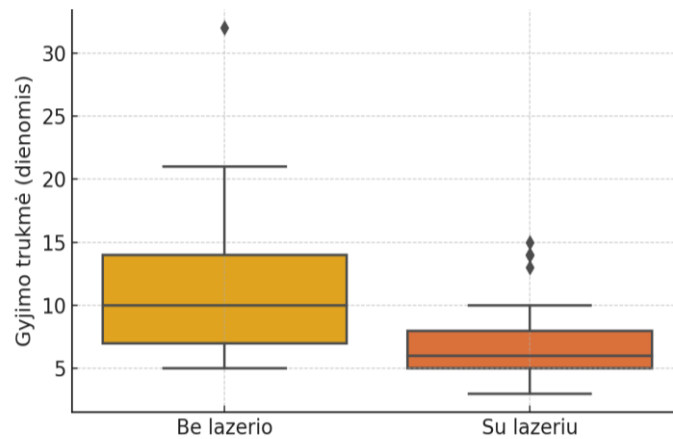
Daugelio apžvelgtų tyrimų autoriai pabrėžia, kad rezultatams įtakos turi skirtingi lazerio parametrai (bangos ilgis, dozė, seansų dažnis) ir kad dar trūksta vieningo protokolo (Millis & Bergh, 2023). Kai kuriuose tyrimuose nenustatytas reikšmingas skirtumas tarp lazerio ir tradicinio gydymo, todėl akivaizdu, kad lazerio efektyvumas priklauso nuo konkrečių sąlygų ir tinkamo pritaikymo. Apibendrinant dabartiniai (2020–2025 m.) tyrimai leidžia teigti, jog lazerinė terapija turi didelį potencialą pagerinti žaizdų ir infekcijų gydymo rezultatus mažinant gijimo trukmę, spartinant audinių atsinaujinimą, malšinant skausmą ir galimai mažinant komplikacijas. Tolesni plataus masto klinikiniai tyrimai padės tiksliau nustatyti, kurioms būklėms ir kaip optimaliai taikyti lazerio terapiją veterinarijoje, tačiau jau dabar akivaizdu, kad ši technologija gali reikšmingai papildyti tradicinius gydymo metodus ir pagerinti gyvūnų sveikimo kokybę.

Darbo tikslas – įvertinti mobilaus lazerio (K-Laser) terapijos poveikį gyvūnų pooperaciniam gijimui.

Metodika. Atliktas tyrimas truko nuo 2023 m. lapkričio iki 2025 m. gegužės mėn. Duomenys buvo archyvuojami ir fiksuojami naudojant pacientų registracijos sistemą „Proximus“ (1.6.8.2 versija). Į tyrimą buvo įtraukti gyvūnai, turėję chirurginių žaizdų, kuriems prireikė gydymosi lazerio terapijos. Gijimo trukmė buvo matuojama dienomis ir lyginama tarp gyvūnų grupių, gavusių įprastinį gydymą be lazerio, ir tų, kuriems taikyta K-Laser Cube Performance 30 terapija.

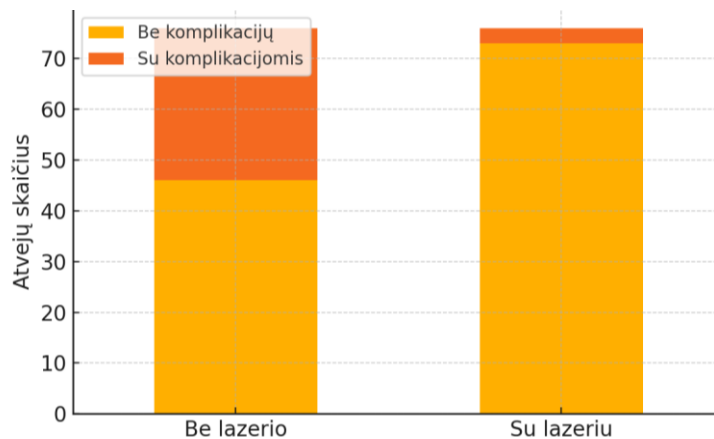
Statistinei analizei buvo naudojami poriniai t-testai, Wilcoxon rangų testas ir χ^2 (chi kvadrato) testas. Visi statistiniai skaičiavimai atlikti naudojant „MATLAB“ programinę įrangą (24.1 versija). Prieš pradedant gydymą, visų gyvūnų savininkai pasirašė informuoto sutikimo formas, dalis ir bendrosios anestezijos sutikimus, nes kai kuriems gyvūnams buvo taikyta bendroji nejautra.

Tyrimo rezultatų analizė. Vidutinė chirurginių žaizdų gijimo trukmė gyvūnams, negavusiems lazerio terapijos, buvo 11,9 dienos (SD $\pm 2,8$), o gydytiems K-Laser Cube Performance 30 terapija – 7,9 dienos (SD $\pm 2,2$). Skirtumas tarp grupių buvo statistiškai reikšmingas tiek taikant porinį t-testą ($p < 0,000001$), tiek Wilcoxon rangų testą, patvirtinant, kad gydomoji lazerio terapija reikšmingai sutrumpina žaizdų gijimo laiką (1 pav.).



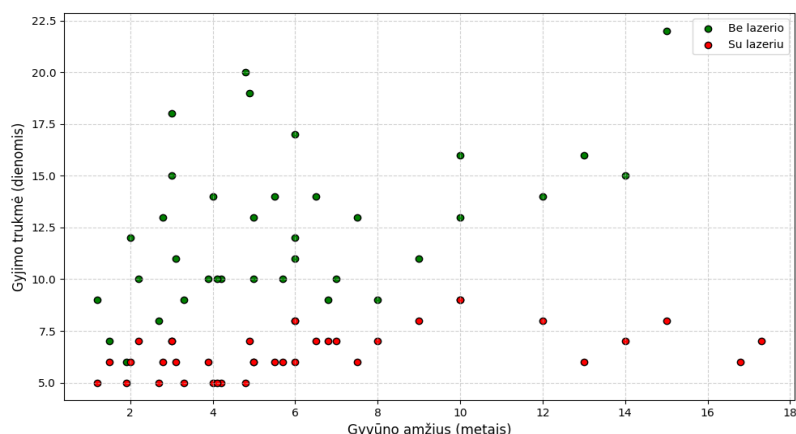
1 pav. Gijimo trukmės pasiskirstymas be ir su lazeriu

Komplikacijų dažnis gyvūnams, gydytiems be lazerio, siekė 48,9 proc., tuo tarpu lazerio terapiją gavusių gyvūnų grupėje komplikacijos pasireiškė tik 8,5 proc. atvejų. Šis skirtumas buvo itin statistiškai reikšmingas (χ^2 testas, $p < 0,00000001$), tai rodo stiprų lazerio terapijos poveikį komplikacijų prevencijai (2 pav.).



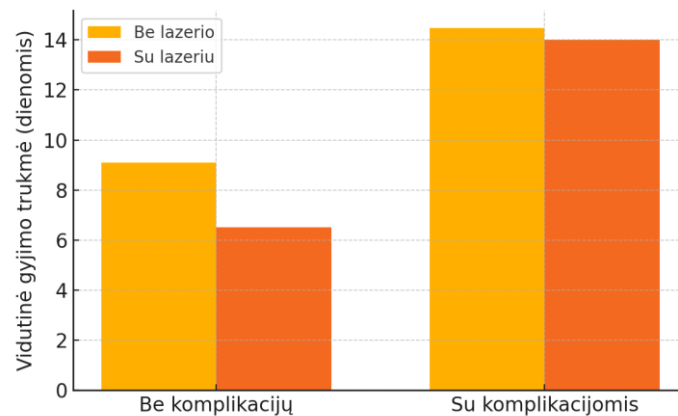
2 pav. Komplikacijų dažnis be ir su lazeriu, atvejų sk.

Skaidros analizė parodė, kad amžius neturėjo reikšmingos koreliacijos su gijimo trukme nei lazerio terapijos, nei kontrolinėje grupėje (koreliacijos koeficientas $r < 0,1$ abiejose grupėse, $p > 0,05$). Tai leidžia teigti, kad amžius nebuvo svarbus moduluojantis veiksnys gijimo procese šiame imties kontekste (3 pav.).



3 pav. Amžiaus ir gijimo trukmės priklausomybė

Gyvūnų, kuriems pasireiškė komplikacijų, gijimo trukmė buvo statistiškai reikšmingai ilgesnė. Grupėje be lazerio gijimo trukmė siekė vidutiniškai 14,5 dienos, palyginti su 9,1 dienos gyvūnams be komplikacijų. Lazerio terapijos grupėje šis skirtumas taip pat buvo pastebimas – atitinkamai 14,0 ir 6,5 dienos. Šie rezultatai rodo, kad komplikacijos prailgina gijimo procesą, tačiau lazerio terapija padeda sumažinti jų neigiamą poveikį (4 pav.).



4 pav. Komplikacijų įtaka gijimo trukmei

Išvados

1. K-Laser Cube Performance 30 terapija reikšmingai sutrumpina chirurginių žaizdų gijimo laiką – lazeriu gydytų gyvūnų gijimo trukmė vidutiniškai sumažėjo apie 4 dienas, palyginti su gyvūnais, negavusiais terapijos ($p < 0,000001$).
2. Lazerio terapija ženkliai sumažina pooperacinių komplikacijų dažnį, kuris kontrolinėje grupėje buvo beveik 6 kartus didesnis nei gydytų lazeriu grupėje ($p < 0,00000001$).
3. Gyvūno amžius neturėjo reikšmingos įtakos gijimo trukmei, todėl lazerio terapijos efektyvumas nuo amžiaus nepriklauso.
4. Komplikacijos prailgina gijimo procesą, tačiau net ir jų atveju lazerio terapija ženkliai sutrumpina gijimo laiką, palyginti su gyvūnų, kurie komplikacijas patyrė be lazerio gydymo, gijimo trukme.

LITERATŪRA

- Alves¹, J. C., Filipe, A., & Santos, A. (2024). Post-surgical photobiomodulation therapy improves outcomes following elective gastropexy in dogs. *Lasers in Medical Science*, 39(1), 211. <https://doi.org/10.1007/s10103-024-04164-2>
- Alves², J. C., Jorge, P., & Santos, A. (2024). The effect of photobiomodulation therapy on inflammation following dental prophylaxis. *Journal of Veterinary Dentistry*, 41(1), 26–30. <https://doi.org/10.1177/08987564221150525>
- Gigante, A. M., Hadis, M. A., Secker, B., Shaw, S. C., Cooper, P. R., Palin, W. M., Milward, M. R., & Atterbury, R. J. (2024). Exposure to blue light reduces antimicrobial resistant *Pseudomonas aeruginosa* isolated from dog ear infections. *Frontiers in Microbiology*, 15, 1414412. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1414412>
- Gil, N., Santoro, D., & Marsella, R. (2025). In vitro use of a low-level laser therapy device inhibits growth of *Malassezia pachydermatis*. *American Journal of Veterinary Research*, 86(5), Article ajvr.24.11.0355. <https://doi.org/10.2460/ajvr.24.11.0355>
- Kamlangchai, P., Kampa, N., Srithunyarat, T., Seesupa, S., Hoisang, S., Kaenkangploo, D., Jitasombuti, P., Nonthakotr, C., Boonbal, N., & Jitpean, S. (2024). Assessing the potential efficacy of 830-nanometer low-level laser therapy in cats: Extraoral applications. *Veterinary World*, 17(5), 1124–1129. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2024.1124-1129>

Millis, D. L., & Bergh, A. (2023). A systematic literature review of complementary and alternative veterinary medicine: Laser therapy. *Animals*, 13(4), 667. <https://doi.org/10.3390/ani13040667>

Miller, L. A. (2024). Benefits of photobiomodulation in veterinary patients with dental and oral conditions. *IVC Journal*, 15(1).

Rico-Holgado, S., Ortiz-Díez, G., Martín-Espada, M. C., Fernández-Pérez, C., Baquero-Artigao, M. R., & Suárez-Redondo, M. (2021). Effect of low-level laser therapy on bacterial counts of contaminated traumatic wounds in dogs. *Journal of Lasers in Medical Sciences*, 12, e78. <https://doi.org/10.34172/jlms.2021.78>

Tambella, A. M., Attili, A. R., Beribè, F., Galosi, M., Marchegiani, A., Cerquetella, M., Palumbo Piccionello, A., Vullo, C., Spaterna, A., & Fruganti, A. (2020). Management of otitis externa with an LED-illuminated gel: A randomized controlled clinical trial in dogs. *BMC Veterinary Research*, 16, Article 91. <https://doi.org/10.1186/s12917-020-02305-1>

Wardlaw, J. L., Gazzola, K. M., Wagoner, A., Brinkman, E., Burt, J., Butler, R., Gunter, J. M., & Senter, L. H. (2019). Laser therapy for incision healing in 9 dogs. *Frontiers in Veterinary Science*, 5, Article 349. <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00349>

Zuckerman, I., Force, J., Hanlon, A. L., Lozano, A. J., Ji, W., & Anderson, J. G. (2024). Periodontal pocket therapy using a Class IV dental diode laser in dogs: A retrospective analysis. *Journal of Veterinary Dentistry*, 41(2), 155–162. <https://doi.org/10.1177/08987564231164493>

ASSESSMENT OF WOUND HEALING IN TREATED ANIMALS USING MOBILE LASER TECHNOLOGY

S u m m a r y. This study evaluates the effect of mobile laser (K-Laser) therapy on post-operative wound healing in animals. Paired analysis of healing times with and without laser therapy (n = 76) using paired t-tests, Wilcoxon tests, and chi-square tests showed a significant reduction in healing time (mean 7.9 vs 11.9 days, $p < 0.000001$) and complication rates ($p < 0.00000001$). Age was not a significant factor, while complications prolonged healing. The results support K-Laser therapy as an effective tool in veterinary postoperative care.

Keywords: *Laser Therapy, Wound Healing, Complications, Photobiomodulation, Veterinary Medicine.*

GALVIJŲ UŽSIKRĖTIMO HELMINTAIS ANALIZĖ EKOLOGINIUOSE IR NEEKOLOGINIUOSE ŪKIUOSE: SEZONINIS IR AMŽIAUS GRUPIŲ PALYGINIMAS

Dr. Virginija Jarulė, Kęstutis Radziulis

Vilniaus kolegija, Agrotechnologijų fakultetas, Veterinarijos katedra

Anotacija. Šiame darbe pristatoma parazitologinės galvijų būklės analizė, atlikta ekologiniuose ir neekologiniuose ūkiuose, siekiant įvertinti helmintų paplitimą skirtingose gyvulių amžiaus grupėse ir laikymo sezonais – tvartiniu ir ganykliniu laikotarpiu. Tyrimas atliktas šešiuose ūkiuose (po tris kiekvieno tipo), taikant kokybinius (sedimentacijos, flotacijos) ir kiekybinius (modifikuotas McMasterio) koprologinius metodus. Nustatyta, kad dažniausiai pasitaikantys parazitai buvo *Cryptosporidium spp.*, *Strongyloides spp.*, *Eimeria spp.* ir *Ostertagia spp.* Veršeliai pasižymėjo didžiausiu užsikrėtimo *Cryptosporidium* paplitimu, ypač tvartiniu laikotarpiu, o suaugę galvijai dažniau buvo užsikrėtę *Strongyloides spp.* ir *Paramphistomum spp.* Pastebėtas aiškus sezoninis parazitų paplitimo intensyvumo kitimas bei rūšinė įvairovė, ypač ekologiniuose ūkiuose. Tyrimo rezultatai pabrėžia būtinybę taikyti amžiui ir sezonui pritaikytas prevencines priemones bei skatina tolesnius tyrimus apie ekologinio ūkininkavimo poveikį parazitų kontrolei.

Raktiniai žodžiai: *galvijai, ekologiniai ūkiai, neekologiniai ūkiai, Cryptosporidium spp., Strongyloides spp.*

Išvadas. Galvijų endoparazitai, tokie kaip *Cryptosporidium spp.*, *Eimeria spp.*, *Strongyloides spp.*, *Ostertagia spp.*, *Paramphistomum spp.*, *Toxocara vitulorum*, *Fasciola spp.* ir *Chabertia ovina*, visame pasaulyje sukelia reikšmingų sveikatos ir produktyvumo problemų. Ekologiniuose ūkiuose galvijai paprastai auginami taikant natūralesnes sąlygas – jie ganomi laisvai, o cheminių antiparazitinių priemonių naudojimas griežtai ribojamas. Tuo tarpu neekologiniuose ūkiuose dažnai pasitelkiamos profilaktinės dehelmintizacijos ir intensyvesnės biosaugos priemonės. Teoriškai ribojant antiparazitinių vaistų naudojimą, ekologiniuose ūkiuose galėtų padidėti parazitų paplitimas, tačiau praktiniai tyrimai rodo nevienareikšmius rezultatus (Chincarini et al., 2022).

Cryptosporidium spp. ir *Eimeria spp.* pirmuonių invazijos labiausiai paplitusios tarp jaunų veršelių. Daugelio tyrimų duomenimis, kriptosporidijų paplitimas veršelių populiacijoje gali siekti ~40–50 proc. ar daugiau (Rzeżutka & Kaupke, 2023). Pavyzdžiui, didelės apimties tyrime nustatyta, kad apie 45 proc. iki 4 mėn. amžiaus veršelių buvo užsikrėtę *Cryptosporidium* pirmuonimis (Rzeżutka & Kaupke, 2023). Šių parazitų sporų (oocistų) galima aptikti tiek ekologiniuose, tiek pramoniniuose ūkiuose, dažniausiai ten, kur trūksta higienos ir didelė jauniklių koncentracija. Svarbu pažymėti, kad ekologinio ir neekologinio ūkininkavimo sistema pati savaime, atrodo, neturi reikšmingos įtakos *Cryptosporidium* paplitimui – Švedijoje atliktas tyrimas parodė beveik vienodą veršelių užsikrėtimą ekologiniuose ir įprastiniuose ūkiuose (atitinkamai ~45 proc. ir 52 proc., statistiškai nereikšminga). Panašias išvadas padarė ir kiti autoriai, teigiantys, jog ganymas ekologiniuose ūkiuose iš esmės nesukelia didesnio kriptosporidiozės paplitimo, palyginti su neekologiniais ūkiais (Chincarini et al., 2022). Kokcidijų (*Eimeria spp.*) sukeliamą infekciją yra labai paplitusi tarp galvijų – literatūroje nurodoma, jog praktiškai visi intensyviai auginami veršeliai per pirmuosius gyvenimo mėnesius susiduria su *Eimeria* infekcija. Lenkijoje ožkų ūkių tyrimas parodė, kad *Eimeria* paplitimas netgi šiek tiek didesnis įprastiniuose ūkiuose (85,4 proc.) nei ekologiniuose (77,6 proc.). Ekologiniuose ūkiuose, nors chemoprofilaktika nenaudojama, mažesnis gyvulių tankis ar geresnės higienos sąlygos gali apriboti klinikinės kokcidiozės protrūkius (Pilarczyk et al., 2021).

Ekologiniuose ūkiuose ganymas yra privalomas pagal gyvulininkystės standartus, todėl natūralu, kad ganyklose gyvuliai susiduria su gastrointestinalinių nematodų invazijomis. Svarbiausi galvijų nematodai yra *Trichostrongylidae* šeimos atstovai, tarp kurių dominuojanti rūšis vidutinių platumų klimato zonoje – *Ostertagia ostertagi*. Tyrimai rodo, kad be

antiparazitinio gydymo praktiškai visi ganomi galvijai anksčiau ar vėliau užsikrečia šiuo parazituojančiu helmintu. Pvz., Nyderlanduose ir Belgijoje atlikti tyrimai parodė net 80–100 proc. melžiamų karvių užsikrėtimą *O. ostertagi* – t. y. beveik kiekvienoje bandos karvėje aptikta specifinių antikūnų ar kitų parazitų buvimo rodiklių (Kuehne et al., 2025).

Toksokaroze (sukeliama *Toxocara vitulorum*) paprastai serga jauni veršeliai, jie užsikrečia dar žindomi – migravusios askaridžių lervos patenka į karvių pieną ir taip perduodamos jaunikliams. Šis parazitas labiau paplitęs šilto klimato kraštuose bei buivolų populiacijose; Europoje ilgą laiką buvo laikomas reta egzotika. Vis dėlto sporadiškai *T. vitulorum* registruojama ir Europoje (Ebmer et al., 2024). Regionuose, kur *T. vitulorum endeminė* (pvz., Azijoje, Afrikoje), ekologinių ir įprastinių ūkių skirtumai menkai dokumentuoti. Galima numanyti, kad ekologinėse sistemose, nenaudojant profilaktinio gydymo veršeliams, toksokarozės protrūkiai galėtų būti sunkiau suvaldomi. Pavyzdžiui, Turkijoje nustatyta, kad iki 35 proc. veršelių (0–6 mėn. amžiaus) buvo infekuoti *T. vitulorum*, kai tuo tarpu vyresnių nei vienerių metų galvijų grupėje teigiamų mėginių buvo ~10 proc. (Afshar et al., 2023). Tai rodo, kad infekcija intensyviai plinta tarp jauniklių, o dalis vyresnių galvijų gali išlaikyti parazitą ilgiau nei manyta. Nigerijos tyrime 79,9 proc. skersti tinkamų galvijų buvo infekuoti bent vienos rūšies helmintais, o dažnai nustatyta ir kelių rūšių mišrios invazijos (Ola-Fadunsin et al., 2021). Tai rodo, kad ūkio statusas savaime neužtikrina apsaugos nuo helmintų – svarbiau yra parazitų kontrolės strategija. Deja, net ir ūkiuose, kur taikomos profilaktinės dehelmintizacijos, pastebima, jog dabartinės programos ne visada efektyvios: Lenkijoje atlikta studija su ožkomis parodė, kad tiek ekologiniuose, tiek neekologiniuose ūkiuose naudojamos schemos neapsaugojo nuo didelio parazitų paplitimo, todėl būtina jas tobulinti (Pilarczyk et al., 2021).

Fasciola hepatica ir *Paramphistomum* yra trematodai, kurių gyvybinis ciklas susijęs su vandens moliuskais. Šių parazitų paplitimas labiau priklauso nuo aplinkos sąlygų nei nuo laikymo sistemos, nes tiek ekologiniuose, tiek tradiciniuose ūkiuose galvijai gali ganytis teritorijose, kuriose aptinkama kūdrinių sraigių (*Galba truncatula* ir kt.), pernešančių siurbikių lervas (Forstmaier et al., 2021). Neekologiniuose ūkiuose, ypač tose vietovėse, kur fascioliozė endeminė, įprasta bent kartą per metus profilaktiškai sugirdyti antiparazitinių vaistų arba tikrinti kepenų būklę skerdykloje. Ekologiniuose ūkiuose chemoprofilaktika apsiribojama tik būtiniais atvejais – pagal ES ekologinio ūkininkavimo reglamentus, sintetiniai antihelmintikai gali būti naudojami tik gavus veterinarijos gydytojo indikaciją ir laikantis ilgo išlaukos periodo. Dėl to kyla prielaida, kad ekologiniuose ūkiuose fascioliozės paplitimas gali būti didesnis. Vis dėlto keli tyrimai parodė, kad skirtumai nėra statistiškai reikšmingi. Pavyzdžiui, lyginamuosiuose tyrimuose Danijoje ir Brazilijoje fascioliozės dažnumas ekologinėse ir neekologinėse bandose buvo panašus. Tuo tarpu Lenkijoje ožkų ūkiuose pastebėta tendencija, kad *F. hepatica* infekcija dažnesnė neekologinėse bandose (6,1 proc.) negu ekologinėse (2,6 proc.) (Pilarczyk et al., 2021). *Paramphistomum*, *Calicophoron* spp. pastaraisiais dešimtmečiais išplito daugelyje Europos šalių, fiksuojami vis nauji jų židinių atvejai. Vokietijoje atlikus išsamius tyrimus nustatyta, kad apie 5,5 proc. galvijų bandų užsikrėtę siurbikėmis, o kai kuriuose regionuose (pvz., šiaurinėje šalies dalyje) paplitimas didesnis nei pietuose (Forstmaier et al., 2021). Kitose šalyse, kur kepeninės siurbikės įsitvirtinusios seniau, rodikliai dar aukštesni – pavyzdžiui, Airijoje skerdyklose apie 52 proc. tirtų galvijų turėjo *Paramphistomum* infekciją, Prancūzijoje iki 45 proc. ūkių rasta užsikrėtusių kepeninėmis siurbikėmis (Forstmaier et al., 2021). Šie duomenys rodo, kad siurbikių paplitimas nepriklauso nuo ūkio ekologinio statuso, o labiau nuo geografinės padėties ir ganyklų sąlygų. Tačiau ekologinių ūkių galvijai, būdami nuolat ganomi pievose, turi didesnę tikimybę susidurti su trematodų lervomis, ypač jei ganyklos šlapios. Be to, negydomi galvijai gali tapti ilgalaikiais infekcijos nešiotojais. Danijoje atlikta analizė parodė, kad ekologinių bandų galvijai dažniau sirgo lėtine fasciolioze (remiantis skerdienos patikra) nei tradicinių ūkių gyvuliai. Kita vertus, ilgalaikis ganymasis be cheminių intervencijų gali lemti ir tam tikrą atsparumo išsivystymą: nuolatinis kontaktas su nedideliu parazitų kiekiu gali suformuoti stipresnį imuninį atsaką. Literatūroje užsimenama, kad ekologiniuose ūkiuose

auginami galvijai galbūt įgyja geresnį natūralų atsparumą kai kuriems parazitams, nes patiria „treniruojamąjį“ poveikį nuo mažens (Chincarini, 2022).

Vidaus parazitų paplitimas išlieka aukštas tiek ekologiniuose, tiek neekologiniuose galvijų ūkiuose, o absoliučios tendencijos, kad vieno tipo ūkiai būtų akivaizdžiai mažiau užsikrėtę nei kito tipo, neišryškėjo (Chincarini et al., 2022, Pajoro et al., 2024). Ekologinis ūkininkavimas, nepaisant cheminių vaistų ribojimo, nebūtinai lemia prastesnę gyvulių parazitologinę būklę, nes ūkininkai taiko kitas prevencijos priemones (didesnis ganyklų plotas vienam gyvuliui, rotacinis ganymas, ilgesnis žolės apauginimas, natūralūs preparatai). Tuo tarpu tradiciniuose ūkiuose, nors prieinami antihelmintikai ir kokcidiostatikai, praktikoje parazitų infekcijos vis tiek plačiai paplitusios, ypač jei vaistai naudojami netinkamai ar išsivysto rezistentiškumas (Pilarczyk et al., 2021). Esminis veiksnys, lemiantis skirtumus, yra ne tiek „ekologiškumas“, kiek konkretūs valdymo sprendimai: reguliarius parazitologinis stebėjimas, tikslinis gydymas pagal indikacijas, higienos palaikymas bei gyvulių imuniteto stiprinimas. Mokslininkai pabrėžia, kad gyvulių gerovės ir produktyvumo užtikrinimui abiejose sistemose būtina integruota parazitų kontrolė (Pilarczyk et al., 2021).

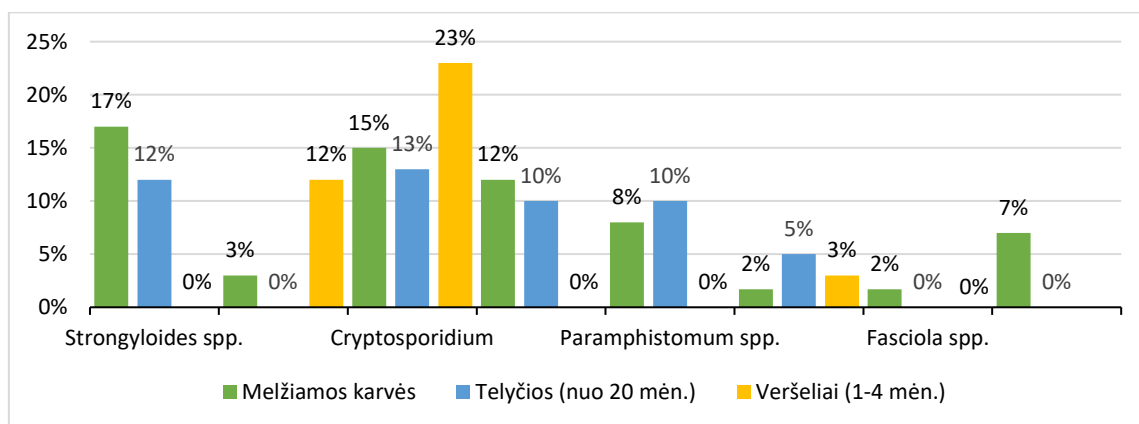
Darbo tikslas – atlikti sisteminę parazitologinės būklės analizę ir palyginamąjį vertinimą ekologiniuose ir neekologiniuose galvijininkystės ūkiuose, remiantis gyvulių amžiaus grupėmis ir laikymo sąlygų sezoniškumu.

Uždaviniai:

1. Įvertinti skirtingo amžiaus galvijų užsikrėtimo helmintais lygį ekologiniuose ūkiuose, atsižvelgiant į tvartinį ir ganyklinį laikotarpį.
2. Įvertinti skirtingo amžiaus galvijų užsikrėtimo helmintais lygį neekologiniuose ūkiuose, atsižvelgiant į tvartinį ir ganyklinį laikotarpį.
3. Palyginti helmintų užkrėstumo intensyvumą ekologiniuose ir neekologiniuose ūkiuose, analizuojant amžiaus ir sezoniškumo veiksnių sąsajas.

Tyrimo rezultatų analizė. Tyrimas buvo atliktas šešiuose skirtinguose gyvulininkystės ūkiuose – trijuose ekologiniuose ir trijuose neekologiniuose. Tyrimai vykdyti tiek tvartiniu (žiemos), tiek ganykliniu (vasaros) laikotarpiu, siekiant įvertinti helmintų paplitimą, atsižvelgiant į skirtingas laikymo sąlygas ir ūkininkavimo tipus. Kiekviename ūkyje buvo tiriami 60 galvijų: po 20 melžiamų karvių, telyčių ir veršelių (iki 4 mėn. amžiaus). Šių gyvūnų išmatų mėginiai buvo tiriami taikant kokybinius (sedimentacijos ir flotacijos) bei kiekybinius (modifikuotas McMasterio) koprologinius tyrimo metodus.

Atliekant analizę buvo nustatytas helmintų kiaušinėlių kiekis, jų morfologiniai požymiai bei rūšinė priklausomybė. Tvartinio laikotarpio metu papildomai vertintas uždarų laikymo sąlygų poveikis parazitų plitimui, ypač atsižvelgiant į padidėjusią helmintų transmisijos riziką.



1 pav. Dažniausiai nustatyti galvijų parazitai neekologiniuose ūkiuose tvartinio laikotarpio metu (proc.)

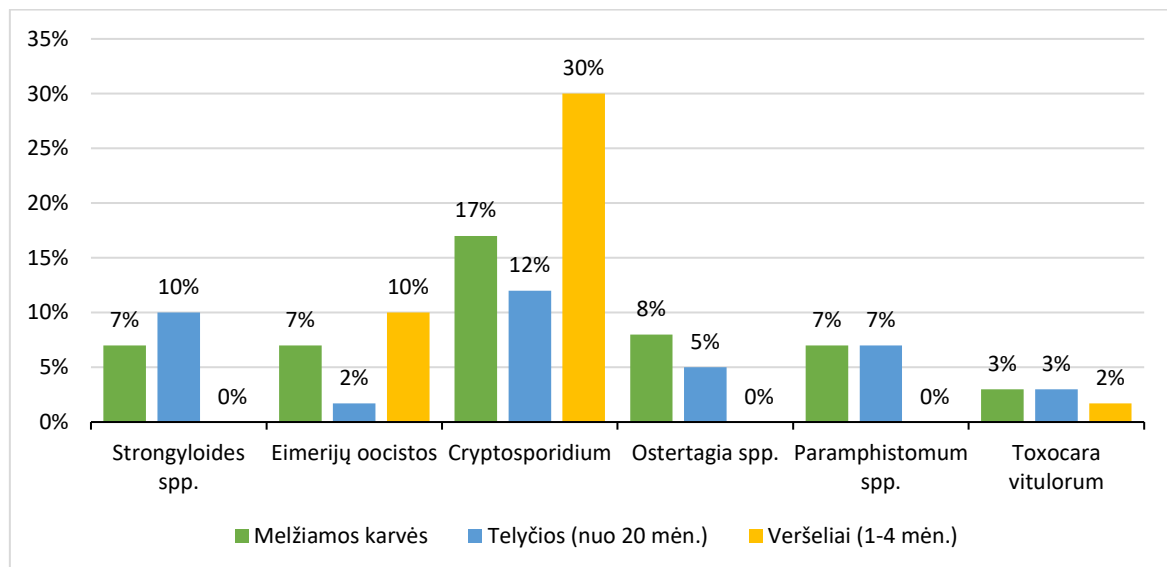
Paveikslėlyje pavaizduotas dažniausiai nustatytų parazitų paplitimas trijų skirtingų galvijų amžiaus grupių koprologiniuose mėginiuose: melžiamų karvių, telyčių (nuo 20 mėnesių) ir veršelių (1–4 mėn.). Duomenys pateikiami procentais nurodant, kokia dalis kiekvienos grupės gyvūnų buvo užsikrėtę konkrečiais parazitais.

Melžiamų karvių mėginiuose dažniausiai nustatyti *Strongyloides spp.* (17 proc.), *Cryptosporidium* (15 proc.), *Ostertagia spp.* (12 proc.), *Paramphistomum spp.* (8 proc.) ir *Chabertia ovina* (7 proc.). Taip pat nustatyta *Toxocara vitulorum* (2 proc.), *Fasciola spp.* (2 proc.) ir eimerijų oocistos (3 proc.).

Telyčių mėginiuose dažniausiai pasitaikė *Cryptosporidium* (13 proc.), *Strongyloides spp.* (12 proc.), *Ostertagia spp.* (10 proc.) ir *Paramphistomum spp.* (10 proc.). *Toxocara vitulorum* nustatyta 5 proc. telyčių mėginių. Kitų parazitų šioje grupėje nenustatyta.

Veršelių išmatų mėginiuose vyrauja *Cryptosporidium* (23 proc.) ir eimerijų oocistos (12 proc.). *Toxocara vitulorum* nustatyta 3 proc. veršelių mėginių. Kiti parazitai šioje grupėje neaptikti.

Šie duomenys rodo aiškius skirtumus tarp amžiaus grupių, ypač *Cryptosporidium* dominavimą veršelių mėginiuose, o *Strongyloides spp.* – suaugusių galvijų mėginiuose. Taip pat matyti, kad kai kurios rūšys, pavyzdžiui, *Fasciola spp.* ar *Chabertia ovina*, pasitaikė tik melžiamų karvių mėginiuose. Tai leidžia daryti prielaidas apie užsikrėtimo šaltinius ir parazitų vystymosi ciklą ryšį su gyvulių amžiumi bei laikymo sąlygomis.



2 pav. Dažniausiai nustatyti galvijų parazitai neekologiniuose ūkiuose ganyklinio laikotarpio metu (proc.)

Paveikslėlyje pateikiama stulpelinė diagrama, vaizduojanti dažniausiai nustatytų parazitų paplitimą tarp skirtingų amžiaus grupių galvijų – melžiamų karvių, telyčių (nuo 20 mėn.) ir veršelių (1–4 mėn.) – ganyklinio laikotarpio metu neekologiniuose ūkiuose.

Rezultatai parodė, kad *Cryptosporidium* buvo dažniausiai nustatytas parazitas veršelių mėginiuose (30 proc.), kiek mažiau – karvių (17 proc.) ir telyčių (12 proc.). *Strongyloides spp.* dažniau aptiktas telyčių mėginiuose (10 proc.) nei melžiamų karvių (7 proc.); veršelių mėginiuose neaptiktas. Eimerijų oocistos dažniausiai nustatytos veršeliams (10 proc.), rečiau karvėms (7 proc.) ir telyčioms (2 proc.). *Ostertagia spp.* dažnesni buvo karvių (8 proc.) ir telyčių (5 proc.) mėginiuose, veršelių mėginiuose nenustatyta. *Paramphistomum spp.* rasta tik tarp suaugusių galvijų (karvių – 7 proc., telyčių – 7 proc.). *Toxocara vitulorum* identifikuotas visoms amžiaus grupėms, tačiau nedideli kiekiai (2–3 proc.). Duomenys atskleidžia, kad veršeliai yra labiausiai pažeidžiama grupė *Cryptosporidium* ir *Eimeria* infekcijoms, o suaugusiems galvijams būdingesnis platesnis parazitų spektras. Tai rodo amžiaus bei imuninės

sistemos brandos svarbą helmintinių ligų paplitimui ir reikšmę prevencinėms priemonėms ūkiuose. Remiantis pateiktais duomenimis, pastebimi reikšmingi parazitų paplitimo skirtumai tarp tvartinio ir ganyklinio laikotarpių neekologiniuose ūkiuose. Analizuojant rezultatus matyti, kad tiek parazitų rūšinė įvairovė, tiek jų paplitimo intensyvumas kinta priklausomai nuo laikymo sąlygų ir gyvulių amžiaus grupės. *Cryptosporidium spp.* išlieka labiausiai paplitęs parazitas abiem laikotarpiais visose amžiaus grupėse, tačiau jo paplitimas yra didesnis ganykliniu laikotarpiu, ypač tarp veršelių (30 proc., palyginti su 23 proc. tvartiniu laikotarpiu). Tai gali būti siejama su aktyvesniu kontaktu su aplinka ir natūralių vandens telkinių naudojimu.

Strongyloides spp. dažniau nustatyti tvartiniu laikotarpiu, ypač melžiamų karvių (17 proc.) ir telyčių (12 proc.) mėginiuose, tuo tarpu ganykliniu laikotarpiu jų paplitimas sumažėjo iki 7 proc. ir 10 proc. atitinkamai, o veršelių mėginiuose nebuvo nustatyta nei vienu laikotarpiu. Tai gali būti siejama su intensyvesniu užkratu tvartuose ir trumpesniu vystymosi ciklu šiltose, drėgnose patalpose.

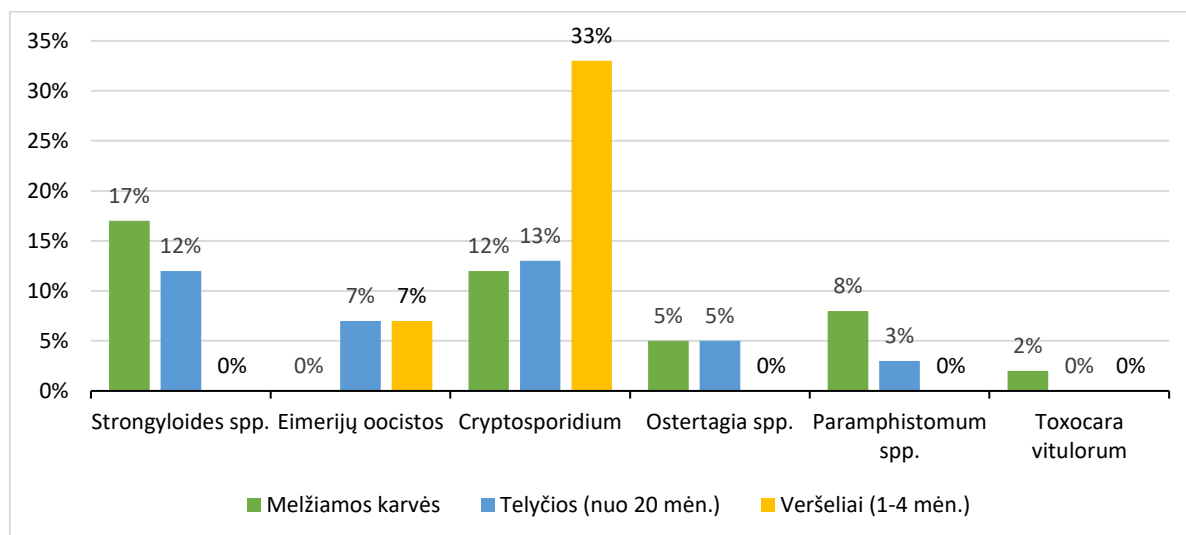
Eimerijų oocistos abiem laikotarpiais buvo dažniausiai nustatomos veršeliams, tačiau ganykliniu laikotarpiu jų paplitimas buvo kiek mažesnis (10 proc. vs. 12 proc.). Suaugusių galvijų mėginiuose šių parazitų paplitimas išliko žemas.

Ostertagia spp. aptikti tik suaugusių galvijų mėginiuose abiem laikotarpiais, tačiau tvartiniu laikotarpiu paplitimas buvo didesnis (12 proc. karvių, 10 proc. telyčių) nei ganykliniu (8 proc. ir 5 proc.). Panaši tendencija pastebima ir *Paramphistomum spp.*, kurių paplitimas karvių mėginiuose tvartiniu laikotarpiu buvo šiek tiek didesnis (8 proc.) nei ganykliniu (7 proc.).

Toxocara vitulorum nustatyta visose amžiaus grupėse, tačiau labai nedidelis lygis (2–5 proc.), be ryškaus sezoniškumo.

Be to, tvartiniu laikotarpiu buvo nustatyta *Fasciola spp.* (2 proc. karvių mėginių) ir *Chabertia ovina* (7 proc. karvių), kurios nebuvo aptiktos ganyklinio laikotarpio metu. Šios rūšys greičiausiai susijusios su vidine infekcija, pasireiškiančia mažesniu judėjimu ir intensyvesne kontaminacija tvartų aplinkoje.

Apibendrinant – tvartiniu laikotarpiu fiksuotas didesnis parazitų rūšių spektras ir kai kurių helmintų paplitimo intensyvumas suaugusių galvijų mėginiuose, tuo tarpu ganykliniu laikotarpiu išsiskyrė *Cryptosporidium* dominavimas veršeliuose. Šie skirtumai rodo sezoninių veiksnių ir gyvulių amžiaus sąveiką helmintų plitimui ir pabrėžia būtinybę taikyti tikslines profilaktikos priemones skirtingais laikotarpiais.

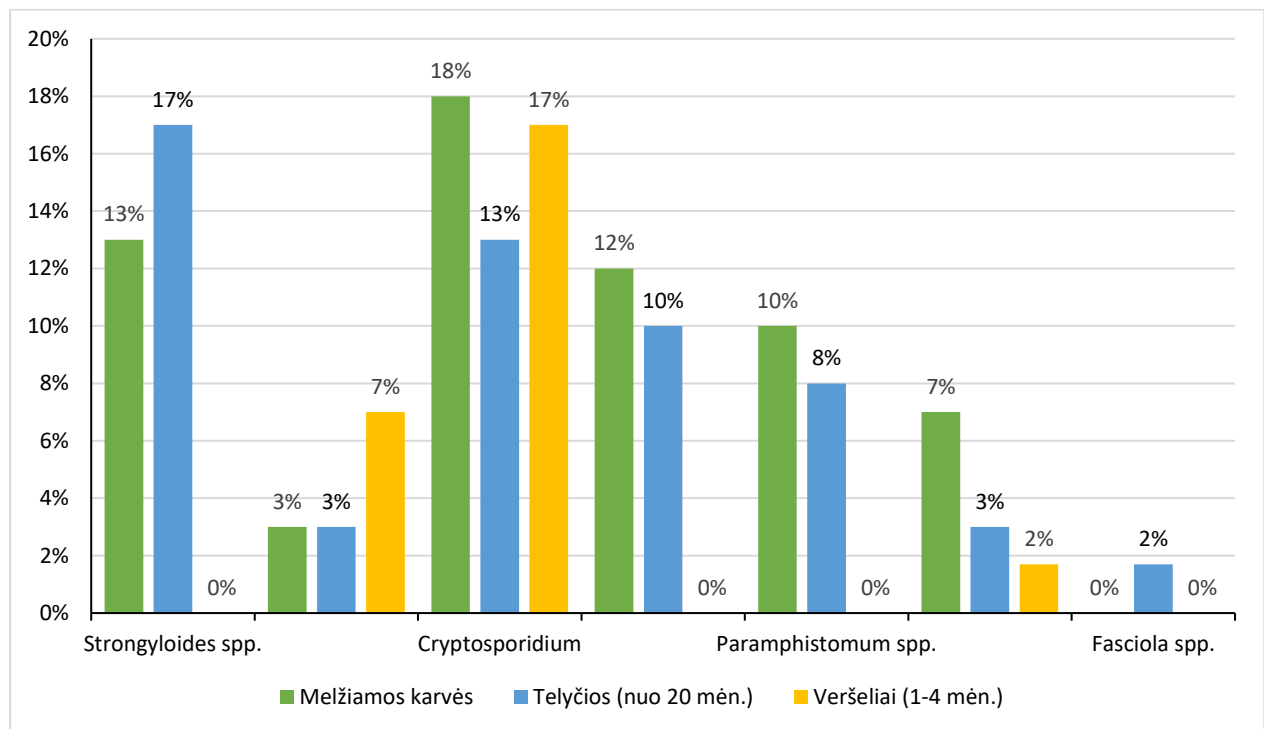


3 pav. Dažniausiai nustatyti galvijų parazitai ekologiniuose ūkiuose tvartinio laikotarpio metu (proc.)

Paveikslėlyje pateikta stulpelinė diagrama, kurioje vaizduojamas dažniausiai nustatytų parazitų paplitimas skirtingų amžiaus grupių galvijų mėginiuose – melžiamų karvių, telyčių

(nuo 20 mėn.) ir veršelių (1–4 mėn.) – ekologiniuose ūkiuose tvartinio laikotarpio metu. Rezultatai rodo, kad *Cryptosporidium* buvo dominuojantis parazitas, ypač veršelių mėginiuose – net 33 proc., taip pat dažnai nustatytas telyčių (13 proc.) ir melžiamų karvių (12 proc.) mėginiuose. *Strongyloides spp.* dažniau nustatyti karvių (17 proc.) ir telyčių (12 proc.), o veršelių mėginiuose neaptikti. Eimerijų oocistos aptiktos vienodai dažnai telyčių ir veršelių mėginiuose (po 7 proc.), karvių mėginiuose neaptiktos. *Ostertagia spp.* rasta tik tarp suaugusių galvijų – karvių ir telyčių – po 5 proc. *Paramphistomum spp.* nustatytas 8 proc. karvių ir 3 proc. telyčių mėginiuose, veršelių mėginiuose neaptiktas. *Toxocara vitulorum* aptiktas tik karvių mėginiuose – 2 proc.

Duomenys atskleidžia, kad veršeliai ekologiniuose ūkiuose yra ypač jautrūs *Cryptosporidium* infekcijai, o suaugę gyvuliai dažniau užsikrečia *Strongyloides spp.* ir *Paramphistomum spp.* Tokie rezultatai rodo ne tik amžiaus, bet ir ekologinio ūkininkavimo ypatybių reikšmę helmintų paplitimui ir gali būti svarbūs formuojant prevencines ir gydymo strategijas.



4 pav. Dažniausiai nustatyti galvijų parazitai ekologiniuose ūkiuose ganyklinio laikotarpio metu (proc.)

Atlikus pateikto paveikslėlio duomenų analizę nustatyta, kad *Cryptosporidium* išlieka dominuojančiu parazitu visose amžiaus grupėse: 18 proc. karvių, 13 proc. telyčių ir 17 proc. veršelių buvo užsikrėtę. *Strongyloides spp.* dažniausiai nustatyti telyčių (17 proc.) ir karvių (13 proc.) mėginiuose. *Ostertagia spp.* aptikti karvių (12 proc.) ir telyčių (10 proc.) mėginiuose, veršelių – neaptikti. *Paramphistomum spp.* nustatyta karvių (10 proc.) ir telyčių (8 proc.), veršelių mėginiuose neaptikta. *Toxocara vitulorum* paplitimas siekė 7 proc. karvių, 3 proc. telyčių ir 2 proc. veršelių mėginių. Eimerijų oocistos irgi buvo nustatytos visose grupėse, tačiau mažesniais rodikliais – 3 proc. karvių ir telyčių bei 7 proc. veršelių. *Fasciola spp.* identifikuota tik telyčių mėginiuose (2 proc.).

Cryptosporidium spp. infekcija išlieka aktuali visų amžiaus grupių gyvuliams ir ganyklinio laikotarpio metu, o tokie parazitai kaip *Strongyloides spp.* ir *Ostertagia spp.* dažnesni tarp suaugusių gyvulių. Pastebimas ryšys tarp laikymo sąlygų bei užsikrėtimo intensyvumo, kas rodo būtinybę diegti prevencines priemones visose amžiaus grupėse, ypač ganymo sezono metu.

Lyginant dažniausiai nustatytų galvijų parazitų paplitimą ekologiniuose ūkiuose tvartinio ir ganyklinio laikotarpių metu, išryškėja tiek bendros tendencijos, tiek sezoniški skirtumai tarp skirtingų amžiaus grupių. *Cryptosporidium spp.* išlieka pagrindinis patogenas abiem laikotarpiais visose amžiaus grupėse. Tvartiniu laikotarpiu veršelių infekcijos lygis buvo didžiausias – net 33 proc., o ganykliniu sumažėjo iki 17 proc. Karvėms ir telyčioms paplitimas išliko panašus abiem sezonais (atitinkamai ~12–18 proc.). Ši tendencija leidžia manyti, kad uždaros laikymo sąlygos tvartuose gali sudaryti palankesnes sąlygas šio parazito plitimui, ypač tarp jauniklių. *Strongyloides spp.* paplitimas buvo didesnis ganykliniu laikotarpiu, ypač telyčių mėginiuose (17 proc., palyginti su 12 proc. tvartiniu laikotarpiu). Karvėms taip pat fiksuotas nežymus sumažėjimas (nuo 17 proc. iki 13 proc.). Veršeliuose šis parazitas nebuvo nustatytas nė vienu laikotarpiu, tai gali būti siejama su jų trumpesniu sąlyčiu su užsikrėtimo šaltiniais aplinkoje.

Kiti galvijų nematodai taip pat pasitaiko abiejose ūkių sistemose, pvz., *Strongyloides papillosus* protrūkia kartais stebimi ten, kur drėgna ir nehygieniška aplinka, nepriklausomai nuo ūkio statuso. Apskritai *Strongyloides* paplitimas yra žemesnis nei *Ostertagia* ar kitų ganyklinių helmintų; pavyzdžiui, Nigerijoje atliktas tyrimas parodė ~12 proc. galvijų užsikrėtimą *S. papillosus* (Ola-Fadunsin et al., 2020).

Ostertagia spp. buvo aptikti tik suaugusių gyvulių mėginiuose – karvių ir telyčių. Ganykliniu laikotarpiu jų paplitimas buvo didesnis (karvėms – 12 proc., telyčioms – 10 proc.) nei tvartiniu (po 5 proc.). Tai leidžia daryti prielaidą, kad natūrali aplinka sudaro palankesnes sąlygas šių nematodų vystymuisi ir plitimui.

Mokslinių tyrimų, lyginančių *O. ostertagi* paplitimą ekologiniuose ir neekologiniuose ūkiuose, rezultatai prieštaringi. Kai kuriuose darbuose nerasta jokios sąsajos tarp laikymo sistemos ir ostertagiozės lygio, tuo tarpu kituose tyrimuose nustatyta, kad ekologinėse bandose *Ostertagia* pasireiškia dažniau arba intensyviau negu įprastinėse. Pavyzdžiui, Skandinavijoje pastebėta tendencija, jog ekologinių ūkių karvės skerdyklose dažniau turėdavo *Ostertagia* kirmėlių pažeidimų, lyginant su įprastinių ūkių karvėmis. Tai sietina su tuo, kad ekologiniuose ūkiuose rečiau atliekamas masinis dehelmintizavimas (Chincarini et al., 2022). Tiek ekologiniuose, tiek neekologiniuose ūkiuose infekcija paplitusi plačiai, o skirtumus dažniau nulemia konkretūs veiksniai (klimatas, bandos dydis, ganyklų tvarkymas) nei ūkininkavimo tipas (Pajoro et al., 2024).

Paramphistomum spp. nustatyti tik suaugusiems galvijams abiem laikotarpiais. Tvartiniu laikotarpiu infekcijos lygis buvo šiek tiek žemesnis (karvių – 8 proc., telyčių – 3 proc.), palyginti su ganykliniu (atitinkamai 10 proc. ir 8 proc.). Šis augimas gali būti susijęs su parazito tarpinių šeimininkų (pvz., moliuskų) aktyvumu ganyklose. *Toxocara vitulorum* identifikuotas abiem laikotarpiais visose amžiaus grupėse, tačiau labai žemu lygiu. Tvartiniu laikotarpiu jis nustatytas tik karvėms (2 proc.), o ganykliniu laikotarpiu – ir telyčioms (3 proc.), ir veršeliams (2 proc.). Eimerijų oocistos abiem laikotarpiais buvo labiausiai paplitusios veršelių mėginiuose (7 proc.), o suaugusiems gyvuliams paplitimas išliko žemas. Tai atitinka žinomą šių pirmuonių tendenciją infekuoti jaunesnius, mažiau atsparius gyvulius. *Fasciola spp.* nustatyta tik ganyklinio laikotarpio metu ir tik telyčioms (2 proc.). Tai atitinka parazito biologinį ciklą, kuris susijęs su tarpinių šeimininkų buvimu drėgnoje aplinkoje.

Apibendrinant – tvartiniu laikotarpiu ekologiniuose ūkiuose fiksuotas didesnis *Cryptosporidium spp.* paplitimas, ypač tarp veršelių, o ganyklinio laikotarpio metu padidėjo *Strongyloides spp.*, *Ostertagia spp.* ir *Paramphistomum spp.* infekcijų dažnis tarp suaugusių galvijų. Šie duomenys atskleidžia ne tik amžiaus, bet ir sezono bei ekologinio ūkininkavimo sąlygų įtaką helmintų plitimui, todėl būtina taikyti sezonui pritaikytas prevencines ir antiparazitines priemones.

Išvados:

1. *Cryptosporidium spp.* buvo dažniausiai nustatytas parazitas tiek ekologiniuose, tiek neekologiniuose ūkiuose visose galvijų amžiaus grupėse, ypač tarp veršelių. Tvartiniu laikotarpiu infekcijos lygis buvo didesnis nei ganykliniu, tai rodo uždarų laikymo sąlygų įtaką šio pirmuonio plitimui.

2. *Strongyloides spp.* dažniau nustatyta tarp suaugusių galvijų, ypač tvartiniu laikotarpiu, tačiau ekologiniuose ūkiuose jos paplitimas ganykliniu sezonu buvo dar didesnis tarp telyčių. Šis skirtumas galimai siejamas su aplinkos higienos sąlygomis ir užsikrėtimo šaltiniais.

3. Eimerijų oocistos buvo dažniausiai nustatomos veršelių mėginiuose abiem laikotarpiais. Tai atitinka jų amžiaus grupės imuninę nebrandumą ir didesnę jautrumą infekcijoms.

4. *Ostertagia spp.* ir *Paramphistomum spp.* infekcijos dažniau pasitaikė tarp suaugusių galvijų, ypač ganykliniu laikotarpiu, kas siejasi su natūralių tarpinių šeimininkų buvimu ir kontaktu su aplinka. Tai ryšku ekologiniuose ūkiuose.

5. *Toxocara vitulorum* nustatyta visose amžiaus grupėse abiejų laikotarpių metu, tačiau žemu paplitimo lygiu. Tai rodo stabilų, bet ribotą šio parazito buvimą ūkiuose.

6. *Fasciola spp.* ir *Chabertia ovina* aptiktos tik pavieniais atvejais – dažniausiai tvartiniu laikotarpiu – ir tik suaugusių karvių mėginiuose, kas galimai susiję su lėtesniu šių parazitų ciklu ir kaupimu organizme.

7. Pastebėti ryškūs sezoniniai skirtumai, ypač tarp tvartinio ir ganyklinio laikotarpių, kurie daro įtaką tiek užsikrėtimo intensyvumui, tiek rūšinei helmintų įvairovei. Tvartiniu laikotarpiu dažniau pasitaikė plintančios per uždara aplinką infekcijos, o ganykliniu – per aplinką ir tarpinius šeimininkus.

8. Amžiaus grupių skirtumai taip pat išryškėjo – veršeliai yra labiausiai pažeidžiami *Cryptosporidium* ir *Eimeria* infekcijoms, o suaugusiems gyvuliams dažnesnės *Strongyloides spp.*, *Ostertagia spp.* ir *Paramphistomum spp.* invazijos.

9. Tyrimas parodė, kad parazitų paplitimas buvo panašiai aukštas tiek ekologiniuose, tiek neekologiniuose ūkiuose, o parazitologinė būklė nė vienoje sistemoje nebuvo akivaizdžiai geresnė. Skirtumai labiau siejami su gyvulių amžiumi, laikymo sezonu ir konkrečiomis ūkininkavimo praktikomis nei su ūkio tipu. Todėl veiksminga parazitų kontrolė priklauso ne nuo ekologinio ar tradicinio statuso, bet nuo individualiai taikomų, amžiui ir sezonui pritaikytų prevencinių priemonių.

Rekomendacijos:

1. Ekologiniams ūkiams: stiprinti biologinę prevenciją, ypač veršelių laikymo vietose – reguliariai valyti ir dezinfekuoti patalpas, riboti sąlytį su galimais infekcijos šaltiniais, sistemingai stebėti suaugusių galvijų sveikatos būklę, ypač ganykliniu laikotarpiu; kai padidėja *Paramphistomum spp.* ir *Ostertagia spp.* infekcijų rizika, atlikti profilaktinius koprologinius tyrimus ganymo sezono pradžioje ir pabaigoje, kad būtų galima laiku nustatyti užsikrėtimo lygį ir taikyti tikslines priemones.

2. Neekologiniams ūkiams: tvartiniu laikotarpiu taikyti antiparazitines priemones tiksliai, *Strongyloides spp.* ir *Cryptosporidium* kontrolei, įvertinant gyvulių amžių ir laikymo sąlygas; užtikrinti tinkamą mėšlo ir pakratų tvarkymą, siekiant sumažinti aplinkos užkrėtimą helmintų kiaušinėliais; taikyti rotacinę antiparazitinę gydymą, kad būtų išvengta atsparumo preparatams; stebėti veršelių sveikatą nuo pat ankstyvo amžiaus, nes jie yra jautriausi intensyvioms infekcijoms, ypač *Cryptosporidium*.

LITERATŪRA

Afshar, M. T., Aydemir, S., Yılmaz, H., Yıldız, R., Barlık, F., & Yasul, M. (2023). Distribution of *Toxocara vitulorum* in cattle of Ağrı region. *Turkiye Parazitoloj Derg*, 47(2), 88–92. <https://doi.org/10.4274/tpd.galenos.2022.60783>

Chincarini, M., Lanzoni, L., Di Pasquale, J., Morelli, S., Vignola, G., Paoletti, B., & Di Cesare, A. (2022). Animal welfare and parasite infections in organic and conventional dairy farms: A comparative pilot study in Central Italy. *Animals*, 12(3), 351. <https://doi.org/10.3390/ani12030351>

Ebmer, D., Unterköfler, M. S., Lindhorst, Z. T. L., Keiser, P., Haderthauer, S., Hering-Hagenbeck, S., & Joachim, A. (2024). Year after year: Recurrent *Toxocara vitulorum* infections in American bison (*Bison bison*) calves in a zoo. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*, 25, 101018. <https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2024.101018>

Forstmaier, T., Knubben-Schweizer, G., Strube, C., Zablotzki, Y., & Wenz, C. (2021). Rumen (*Calicophoron/Paramphistomum* spp.) and liver flukes (*Fasciola hepatica*) in cattle—Prevalence, distribution, and impact of management factors in Germany. *Animals*, 11(9), 2727. <https://doi.org/10.3390/ani11092727>

Kuehne, L., Hoedemaker, M., Strube, C., Knubben-Schweizer, G., Springer, A., & Oehm, A. W. (2025). Breed-dependent associations of production characteristics with on-farm seropositivity for *Ostertagia ostertagi* in dairy cows. *Parasites & Vectors*, 18, Article 91. <https://doi.org/10.1186/s13071-025-06065-0>

Ola-Fadunsin, S. D., Ganiyu, I. A., Rabi, M., Hussain, K., Sanda, I. M., Baba, A. Y., ... & Balogun, R. B. (2020). Helminth infections of great concern among cattle in Nigeria: Insight into its prevalence, species diversity, patterns of infection and risk factors. *Veterinary World*, 13(2), 338–344. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2020.338-344>

Pajoro, M., Brilli, M., Pezzali, G., Kramer, L., Moroni, P., & Bandi, C. (2024). Do organic, conventional, and intensive approaches in livestock farming have an impact on the circulation of infectious agents? A systematic review focused on dairy cattle. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8, 1397095. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1397095>

Pilarczyk, B., Tomza-Marciniak, A., Pilarczyk, R., Bombik, E., Seremak, B., Udała, J., & Sadowska, N. (2021). A comparison of the prevalence of the parasites of the digestive tract in goats from organic and conventional farms. *Animals*, 11(9), 2581. <https://doi.org/10.3390/ani11092581>

Rzeżutka, A., & Kaupke, A. (2023). *Cryptosporidium* infections in asymptomatic calves up to 4 months in Poland: A cross-sectional population study. *Scientific Reports*, 13(1), 20997. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-47810-5>

SEROLOGICAL INVESTIGATION OF HEIFER CALVES: PATHOGEN PREVALENCE AND PREVENTIVE STRATEGY INSIGHTS

Summary. This study presents the results of an analysis of the parasitological status of cattle conducted on organic and conventional farms, aiming to assess the prevalence of helminths across different age groups of animals and during different housing seasons – the barn (indoor) and pasture (outdoor) periods. The study was carried out on six farms (three of each type), using qualitative (sedimentation, flotation) and quantitative (modified McMaster) coprological methods. The most commonly detected parasites were *Cryptosporidium* spp., *Strongyloides* spp., *Eimeria* spp., and *Ostertagia* spp. Calves showed the highest prevalence of *Cryptosporidium* spp., especially during the indoor housing period, while adult cattle were more often infected with *Strongyloides* spp. and *Paramphistomum* spp. A clear seasonal variation in parasite prevalence and species diversity was observed, particularly on organic farms. The findings highlight the importance of implementing age- and season-specific preventive measures and encourage further research into the impact of organic farming on parasite control.

Keywords: Cattle, Organic farms, Conventional farms, *Cryptosporidium* spp., *Strongyloides* spp.

TELYČAIČIŲ SEROLOGINIAI TYRIMAI: PATOGENŲ PAPLITIMO ANALIZĖ IR PREVENCINIŲ PRIEMONIŲ IŽVALGOS

Dr. Virginija Jarulė, dr. Akvilė Ežerskytė-Misevičienė, dr. Edvardas Gedgaudas

Vilniaus kolegija, Agrotechnologijų fakultetas, Veterinarijos katedra

Anotacija. Atlikta serologinė telyčaičių kraujo mėginių analizė keturiuose ūkiuose, siekiant nustatyti ūkinės-ekonominės reikšmės infekcinių ligų paplitimą ir įvertinti imunologinį atsaką į pagrindinius patogeninius sukėlėjus. Vertinant kiekvieno ūkio epizootinę situaciją, nustatyti reikšmingi *Clostridium perfringens*, GRSV (galvijų respiracinis sincitinis virusas) ir GP-3 (galvijų paragripo virusas) virusų paplitimo dėsningumai. *Escherichia coli* infekcijos atvejai buvo reti, o dauguma telyčių GVD (galvijų virusinė diarėja) antikūnų neturėjo. Tyrimo rezultatai atskleidė ūkių sveikatingumo skirtumus ir sudarė pagrindą tikslinei vakcinacijos strategijai, orientuotai į specifinius patogenus. Tokia prevencinė priemonė gali sumažinti infekcinių ligų poveikį gyvulių produktyvumui ir ūkinėms išlaidoms bei užtikrinti efektyvesnę bandų sveikatos priežiūrą.

Raktiniai žodžiai: telyčaičių serologija, patogenai, galvijų virusai, *Clostridium perfringens*.

Įvadas. Neonatinis veršelių viduriavimas, kurį dažnai sukelia enterotoksigeninės *Escherichia coli* (ETEC) ir *Clostridium perfringens* bakterijos, yra viena pagrindinių ekonominių nuostolių priežasčių galvijninkystėje (Gómez et al., 2022). JAV duomenimis, apie 32 proc. veršelių nugaišta per pirmąsias tris gyvenimo savaites dėl diarėjos (Gómez et al., 2022), o *E. coli* patotipai lemia dažnus protrūkius ir reikšmingą ekonominę žalą (Sendeku et al., 2023). Diagnostika neretai komplikuoja – *E. coli* nustatymui taikoma mikrobiologinė kultūra ar PGR (Sendeku et al., 2023), o *C. perfringens* atveju rekomenduojamas kompleksinis tyrimas, nes bakterija randama ir sveikų gyvūnų žarnyne (Goossens et al., 2017).

Prevencijai ypač svarbi vakcinacija. Prieš veršiavimąsi karves vakcinuojant kombinuotomis vakcinomis (prieš *E. coli* F5, rotavirusą, koronavirusą), užtikrinamas efektyvus pasyvus imunitetas ir sumažėja mirtingumas (Viidu et al., 2022), o *C. perfringens* infekcijų atveju būtinas profilaktinis toksoidų naudojimas (Compiani et al., 2021).

Virusinių infekcijų kontekste BVDV išlieka viena reikšmingiausių galvijų ligų, dėl kurios daugelyje šalių taikomos kontrolės arba eradikacijos programos (Antos et al., 2021). Kiti kvėpavimo takų virusai – GRSV ir GP-3 – yra pagrindiniai galvijų kvėpavimo ligų komplekso komponentai, susiję su dideliu mirtingumu ir produktyvumo praradimu (Miličević et al., 2024; Ren et al., 2022). BVDV ir kvėpavimo takų virusams diagnozuoti taikomi tiek serologiniai, tiek tiesioginiai metodai – ELISA, PGR ar antigenų nustatymas (Wang & Pang, 2024), tačiau serologijos duomenys dažnai atspindi buvusią, o ne esamą infekciją (Werid et al., 2024).

Vakcinacija nuo GVD, GRSV ir GP-3 yra efektyvi, ypač kai taikoma kompleksiskai – derinant biosaugą, tiesioginę diagnostiką bei nuolat stebint cirkuliuojančias virusų atmainas (Antos et al., 2021; Tapiolas et al., 2024; Perkins-Oines et al., 2024).

Darbo tikslas – serologiniais metodais įvertinti ūkinės reikšmės patogeninių sukėlėjų paplitimą telyčių populiacijoje keturiuose skirtinguose Lietuvos ūkiuose.

Uždaviniai:

1. Serologiniais metodais nustatyti specifinių patogeninių sukėlėjų (*E. coli*, *Cl. perfringens*, GVD, GRSV, GP-3) antikūnų buvimą telyčių kraujo mėginiuose.
2. Atlikti iš skirtingų ūkių gautų serologinių duomenų lyginamąją analizę.
3. Įvertinus patogenų paplitimą, suformuluoti prevencines rekomendacijas, pritaikomas ūkių infekcinių ligų valdymui.

Tyrimo rezultatų analizė. Tyrimų metu iš kiekvieno tiriamojo ūkio buvo atrinkta po 15 kliniškai sveikų telyčaičių, kurių amžius svyravo nuo 1 iki 4 mėnesių (išimtis – vieno ūkio 5 telyčaitės buvo 10 mėnesių). Atlikti gyvulių kraujo tyrimai, siekiant nustatyti specifinius antikūnus prieš šiuos patogeninius sukėlėjus:

- *Escherichia coli*;
- *Clostridium perfringens*;
- Galvijų virusinė diarėja GDV (Bovine Viral Diarrhea Virus, BVDV);
- Galvijų respiracinis sincitinis virusas GRSV (Bovine Respiratory Syncytial Virus, BRSV);

- Galvijų paragripo virusas GP-3 (Bovine Parainfluenza Virus, BPIV-3).

Specifiniai patogeninių sukėlėjų antikūnai (Ak) buvo nustatyti naudojant imunofermentinės analizės (ELISA – Enzyme-Linked Immunosorbent Assay) metodą. Šių tyrimų duomenys leido įvertinti infekcinių ligų paplitimą tarp jaunų galvijų kiekviename ūkyje ir nustatyti jų imunologinį atsaką į specifinius patogenus. Teigiami rezultatai, rodantys sukėlėjo antikūnų buvimą, pažymėti raudona spalva, neigiami rezultatai, kai sukėlėjo antikūnų nenustatyta – juoda spalva, o įtariamai atvejai – mėlyna spalva. Gautos išvalgos padėjo formuluoti individualizuotas profilaktikos rekomendacijas, orientuotas į ūkio lygmeniu pritaikytą vakcinacijos strategiją bei efektyvesnę infekcinių ligų prevenciją.

1 lentelė. Telyčaičių kraujo tyrimo rezultatai: specifinių patogeninių sukėlėjų antikūnai (I ūkis)

Eil. Nr.	Gyvūno ident. Nr.	Amžius, mėn.	<i>E. coli</i> *	<i>Cl. Perfringens</i> *	GVD*	GRSV*	GP-3*
1.	31001	1	Neigiamas	Teigiamas	Teigiamas	Teigiamas	Teigiamas
2.	31002	1	Teigiamas	Teigiamas	Teigiamas	Teigiamas	Teigiamas
3.	31003	1	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Neigiamas	Neigiamas
4.	24964	2	Neigiamas	Teigiamas	Teigiamas	Teigiamas	Teigiamas
5.	30989	2	Neigiamas	Teigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Neigiamas
6.	30996	2	Neigiamas	Teigiamas	Teigiamas	Teigiamas	Teigiamas
7.	31004	1	Neigiamas	Teigiamas	Teigiamas	Teigiamas	Teigiamas
8.	30993	2	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Teigiamas	Teigiamas
9.	30997	2	Neigiamas	Teigiamas	Įtariamasis	Neigiamas	Teigiamas
10.	30994	2	Neigiamas	Teigiamas	Įtariamasis	Teigiamas	Neigiamas
11.	30999	2	Neigiamas	Teigiamas	Teigiamas	Teigiamas	Teigiamas
12.	31005	1	Neigiamas	Teigiamas	Teigiamas	Teigiamas	Teigiamas
13.	24965	2	Neigiamas	Teigiamas	Teigiamas	Teigiamas	Teigiamas
14.	31000	1	Neigiamas	Teigiamas	Teigiamas	Teigiamas	Teigiamas
15.	30998	2	Neigiamas	Teigiamas	Teigiamas	Teigiamas	Teigiamas

**E. coli* – *Escherichia coli*;

**Cl. perfringens* – *Clostridium perfringens*;

*GVD – Galvijų virusinės diarėjos;

*GRSV – Galvijų respiracinis sincitinis virusas;

*GP-3 – Galvijų paragripo virusas.

Atlikus pateiktos lentelės duomenų analizę nustatyta, kad *Escherichia coli* (*E. coli*) tyrimo rezultatai dažniausiai buvo neigiami, išskyrus vieną atvejį, kas rodo žemą šio patogeno paplitimą tarp tirtų telyčių. Visos tirtos telyčios turėjo *Clostridium perfringens* antikūnus, tai gali rodyti buvusią ar esamą infekciją bei galimą gyvulių kontaktą su šiuo mikroorganizmu.

Galvijų virusinė diarėja (GVD) buvo dažnai nustatyta kaip teigiama, tačiau keletas gyvūnų turėjo įtartinus ar neigiamus rezultatus, tai gali reikšti skirtingas ligos stadijas arba individualius imuninius atsakus. Galvijų respiracinio sincitinio viruso (GRSV) ir galvijų paragripo viruso (GP-3) antikūnų tyrimo rezultatai daugumos telyčių buvo teigiami, tai leidžia daryti prielaidą, jog šios gyvulių grupės jau buvo susidūrusios su šiais virusais ir jų imuninė sistema sureagavo.

2 lentelė. Telyčaičių kraujo tyrimo rezultatai: specifinių patogeninių sukėlėjų antikūnai (II ūkis)

Eil. Nr.	Gyvūno ident. Nr.	Amžius, mėn.	<i>E. coli</i> *	<i>Cl. Perfringens</i> *	GVD*	GRSV*	GP-3*
1.	26188	2	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Teigiamas	Teigiamas
2.	26189	2	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Teigiamas	Teigiamas
3.	34452	3	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Teigiamas	Teigiamas
4.	26185	2,5	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Teigiamas	Teigiamas
5.	26186	3	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Teigiamas	Teigiamas
6.	26187	3	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Teigiamas	Teigiamas
7.	26181	3	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Teigiamas	Teigiamas
8.	26182	3	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Teigiamas	Teigiamas
9.	26184	3	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Neigiamas	Teigiamas
10.	26183	3	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Teigiamas	Teigiamas
11.	34447	4	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Neigiamas	Teigiamas
12.	34451	4	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Neigiamas	Neigiamas
13.	34446	4	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Teigiamas	Teigiamas
14.	34449	4	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Teigiamas	Teigiamas
15.	26192	1	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Teigiamas	Teigiamas

E. coli* – *Escherichia coli*;Cl. perfringens* – *Clostridium perfringens*;

*GVD – Galvijų virusinės diarėjos;

*GRSV – Galvijų respiracinis sincitinis virusas;

*GP-3 – Galvijų paragripo virusas.

Atlikus pateiktos lentelės duomenų analizę nustatyta, kad visų tirtų telyčių *Escherichia coli* (*E. coli*) tyrimo rezultatai buvo neigiami, tai rodo, jog šis patogenas nebuvo aptiktas. Visoms telyčioms nustatyti *Clostridium perfringens* antikūnai, tai leidžia daryti prielaidą apie buvusią ar esamą infekciją bei galimą gyvūnų kontaktą su šiuo mikroorganizmu. Galvijų virusinės diarėjos (GVD) infekcija nebuvo nustatyta nė vienai telyčiai, tai gali reikšti, kad šio viruso nėra bandoje arba sėkmingas prevencines priemones. Daugumos telyčių galvijų respiracinio sincitinio viruso (GRSV) ir galvijų paragripo viruso (GP-3) antikūnų tyrimo rezultatai buvo teigiami, tai rodo, jog šios telyčios jau buvo susidūrusios su šiais virusais ir turėjo imuninę atsaką. Kai kurių telyčių GRSV testas buvo neigiamas, tai gali reikšti, kad jos dar neturėjo sąlyčio su šiuo patogenu.

3 lentelė. Telyčaičių kraujo tyrimo rezultatai: specifinių patogeninių sukėlėjų antikūnai (III ūkis)

Eil. Nr.	Gyvūno ident. Nr.	Amžius, mėn.	<i>E. coli</i> *	<i>Cl. Perfringens</i> *	GVD*	GRSV*	GP-3*
1.	24902	2,5	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Teigiamas	Teigiamas
2.	24903	3	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Neigiamas	Neigiamas
3.	24901	2,5	Neigiamas	Teigiamas	Teigiamas	Teigiamas	Teigiamas
4.	24888	4	Teigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas
5.	24890	4	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas
6.	24899	4	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Neigiamas	Neigiamas
7.	24892	4	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Neigiamas	Neigiamas
8.	24898	4	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas
9.	24896	4	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas
10.	24895	4	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas
11.	24886	10	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas

12.	24887	10	Teigiamas	Teigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Teigiamas
13.	24889	10	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Neigiamas	Teigiamas
14.	24885	10	Neigiamas	Teigiamas	Teigiamas	Teigiamas	Neigiamas
15.	24883	10	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas

**E. coli* – *Escherichia coli*;

**Cl. perfringens* – *Clostridium perfringens*;

*GVD – Galvijų virusinės diarėjos;

*GRSV – Galvijų respiracinis sincitinis virusas;

*GP-3 – Galvijų paragripo virusas.

Atlikus pateiktos lentelės duomenų analizę nustatyta, kad daugumos tirtų telyčių *Escherichia coli* (*E. coli*) tyrimo rezultatai buvo neigiami, tačiau nustatyti du teigiami atvejai, tai gali rodyti pavienius šio patogeno pasireiškimo atvejus. *Clostridium perfringens* antikūnai nustatyti visoms telyčioms, tai leidžia daryti prielaidą apie bendrą šio mikroorganizmo paplitimą ir galimą kontaktą su juo. Galvijų virusinės diarėjos (GVD) teigiami rezultatai buvo nustatyti tik keliuose mėginiuose, tai gali rodyti ribotą infekcijos paplitimą ar skirtingas ligos stadijas. Galvijų respiracinio sincitinio viruso (GRSV) antikūnai nustatyti daugumai telyčių, tai rodo, jog jos jau buvo susidūrusios su šiuo virusu. Kai kurių telyčių galvijų paragripo viruso (GP-3) tyrimo rezultatai buvo teigiami, tačiau bendras paplitimas yra mažesnis nei GRSV.

4 lentelė. Telyčiai kraujo tyrimo rezultatai: specifinių patogeninių sukėlėjų antikūnai (IV ūkis)

Eil. Nr.	Gyvūno ident. Nr.	Amžius, mėn.	<i>E. coli</i> *	<i>Cl. Perfringens</i> *	GVD*	GRSV*	GP-3*
1.	26113	3	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Teigiamas	Teigiamas
2.	26110	3	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Neigiamas	Neigiamas
3.	26114	3	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Teigiamas	Teigiamas
4.	26109	3	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Teigiamas	Teigiamas
5.	26112	2	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Neigiamas	Neigiamas
6.	26108	2	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Teigiamas	Teigiamas
7.	26116	2	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Teigiamas	Teigiamas
8.	26117	2	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Teigiamas	Teigiamas
9.	26118	2	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Neigiamas	Neigiamas
10.	26111	2	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Teigiamas	Teigiamas
11.	26119	2	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Teigiamas	Teigiamas
12.	26115	2	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Teigiamas	Teigiamas
13.	26107	4	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Teigiamas	Teigiamas
14.	26106	4	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas
15.	26104	4	Neigiamas	Teigiamas	Neigiamas	Teigiamas	Teigiamas

**E. coli* – *Escherichia coli*;

**Cl. perfringens* – *Clostridium perfringens*;

*GVD – Galvijų virusinės diarėjos;

*GRSV – Galvijų respiracinis sincitinis virusas;

*GP-3 – Galvijų paragripo virusas.

Atlikus pateiktos lentelės duomenų analizę nustatyta, kad visų tirtų telyčių *Escherichia coli* (*E. coli*) tyrimo rezultatai buvo neigiami, tai rodo šio patogeno nebuvimą tiriamuoju periodu. *Clostridium perfringens* antikūnai buvo aptikti visoms telyčioms, tai leidžia daryti prielaidą apie buvusį ar esamą sąlytį su šiuo mikroorganizmu. Galvijų virusinės diarėjos (GVD) infekcija nebuvo nustatyta nė vienai telyčiai, kas gali rodyti efektyvias prevencines priemones arba šio viruso nebuvimą bandoje. Didžiosios dalies telyčių galvijų respiracinio sincitinio viruso (GRSV) antikūnų tyrimas buvo teigiamas, tai rodo, jog jos jau buvo susidūrusios su šiuo virusu ir jų imuninė sistema sureagavo. Daugumos telyčių galvijų paragripo viruso (GP-3) rezultatai taip pat buvo teigiami, tai rodo, kad jos turėjo sąlytį su šiuo virusu.

Gauti tyrimų duomenys yra reikšmingi gyvūnų sveikatos stebėsenai, nes jie leidžia ūkininkams ir veterinarijos specialistams įvertinti infekcijų paplitimą, imuninės sistemos atsaką bei planuoti tikslingas prevencines ir gydymo strategijas. Serologiniai ir kiti laboratoriniai tyrimai sudaro prielaidas ankstyvam užkrečiamųjų ligų židinių nustatymui, rizikos valdymui bandos lygmeniu ir efektyviam gyvulių sveikatos užtikrinimui.

Išvados:

1. *Escherichia coli* (*E. coli*) infekcijos paplitimas yra minimalus. Didžioji dalis telyčių turėjo neigiamus *E. coli* tyrimų rezultatus, išskyrus pavienius atvejus, kur buvo nustatyta teigiama reakcija. Tai rodo, kad šio patogeno paplitimas yra labai žemas arba tiriamojoje bandoje nėra aktyvios infekcijos.

2. Visos telyčios buvo susidūrusios su *Clostridium perfringens*. *Clostridium perfringens* antikūnų buvo nustatyta visoms telyčioms, tai leidžia daryti prielaidą apie bendrą šio mikroorganizmo paplitimą. Tai gali rodyti gyvūnų imuninį atsaką į praeityje patirtą infekciją arba esantį šios bakterijos poveikį bandoje.

3. Galvijų virusinė diarėja (GVD) nebuvo paplitusi. Tik pavieniais atvejais buvo nustatyti teigiami ar įtariami GVD rezultatai, tačiau dauguma gyvūnų turėjo neigiamus tyrimų rodiklius. Tai gali rodyti sėkmingą vakcinacijos arba infekcijos kontrolės strategiją.

4. Galvijų respiracinio sincitinio viruso (GRSV) paplitimas yra reikšmingas. Didžioji dalis telyčių turėjo teigiamus GRSV tyrimų rezultatus, kas rodo, kad jos jau buvo susidūrusios su šiuo virusu. Tai gali reikšti, kad virusas yra dažnas aplinkoje ir gyvūnai formuoja imunitetą.

5. Galvijų paragripo virusas (GP-3) taip pat paplitęs. Nemaža dalis telyčių turėjo teigiamus GP-3 rezultatus, tai rodo, kad jos buvo užsikrėtusios šiuo virusu arba turėjo imunologinį atsaką į kontaktą su patogenu.

Rekomendacijos:

1. Kvėpavimo takų ligų valdymas: kadangi GRSV ir GP-3 infekcijos paplitusios, reikėtų stiprinti kvėpavimo takų ligų prevenciją – gerinti ventiliaciją, mažinti gyvūnų stresą ir, jei reikia, svarstyti vakcinaciją.

2. Žarnyno ligų prevencija: nepaisant mažo *E. coli* paplitimo, prevencinės priemonės turėtų būti palaikomos, užtikrinant higieną ir švarų girdymą.

3. Tolesni tyrimai: nors GVD virusas nėra labai paplitęs, rekomenduojama stebėti situaciją, kad būtų galima užkirsti kelią potencialiems protrūkiams.

4. Imuninio atsako stebėseną: kadangi visi gyvūnai turėjo *Clostridium perfringens* antikūnus, reikėtų įvertinti šio patogeno įtaką virškinimo sistemos sveikatai ir, esant klinikiškiems simptomams, svarstyti prevencines ar gydymo priemones.

LITERATŪRA

Antos, A., Mirosław, P., Rola, J., & Polak, M. P. (2021). Vaccination failure in eradication and control programs for bovine viral diarrhea infection. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 688911. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.688911>

Compiani, R., Grossi, S., Lucini, L., & Sgoifo Rossi, C. A. (2021). Prevention of the main clostridial diseases in cattle. *Large Animal Review*, 27(2), 51–59.

Gómez, D. E., Li, L., Goetz, H., MacNicol, J., Gamsjaeger, L., & Renaud, D. L. (2022). Calf diarrhea is associated with a shift from obligate to facultative anaerobes and expansion of lactate-producing bacteria. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 846383. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.846383>

Goossens, E., Valgaeren, B. R., Pardon, B., Haesebrouck, F., Ducatelle, R., Deprez, P. R., & Van Immerseel, F. (2017). Rethinking the role of alpha toxin in *Clostridium perfringens*-associated enteric diseases: A review on bovine necro-haemorrhagic enteritis. *Veterinary Research*, 48(1), 9. <https://doi.org/10.1186/s13567-017-0413-x>

Miličević, V., Šolaja, S., Glišić, D., Ninković, M., & Milovanović, B. (2024). Bovine parainfluenza virus 3 and bovine respiratory syncytial virus: Dominant viral players in bovine

respiratory disease complex among Serbian cattle. *Animals*, 14(10), 1458. <https://doi.org/10.3390/ani14101458>

Perkins-Oines, S., Senevirathne, N. D., Krafur, G. M., Abdelsalam, K., Renter, D., Meyer, B., & Chase, C. C. L. (2024). The detection of vaccine virus and protection of a modified live, intranasal, trivalent vaccine in neonatal, colostrum-fed calves with an experimental BRSV challenge. *Pathogens*, 13(6), 517. <https://doi.org/10.3390/pathogens13060517>

Ren, Y., Chen, X., Tang, C., & Yue, H. (2022). First isolation and characteristics of bovine parainfluenza virus type 3 from yaks. *Pathogens*, 11(9), 962. <https://doi.org/10.3390/pathogens11090962>

Sendeku, W. S., Adamu, H., Sternberg-Lewrein, S., Magnusson, U., & Tessema, T. S. (2023). Occurrence of *Escherichia coli* pathotypes in diarrheic calves in a low-income setting. *Pathogens*, 12(1), 42. <https://doi.org/10.3390/pathogens12010042>

Tapiolas, M., Gibert, M., Montbrau, C., Taberner, E., Solé, M., Santo Tomás, H., Puig, A., & March, R. (2024). Efficacy of a new multivalent vaccine for the control of bovine respiratory disease in a randomized clinical trial in commercial fattening units. *Vaccines*, 12(11), 1233. <https://doi.org/10.3390/vaccines121112>

Viidu, D.-A., & Mõtus, K. (2022). Implementation of a pre-calving vaccination programme against rotavirus, coronavirus and enterotoxigenic *E. coli* (F5) and association with dairy calf survival. *BMC Veterinary Research*, 18, 59. <https://doi.org/10.1186/s12917-022-03154-2>

Wang, Y., & Pang, F. (2024). Diagnosis of bovine viral diarrhea virus: An overview of currently available methods. *Frontiers in Microbiology*, 15, 1370050. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1370050>

Werid, G. M., Wubshet, A. K., Araya, T. T., Miller, D., Hemmatzadeh, F., Reichel, M. P., & Petrovski, K. (2024). Detection of bovine respiratory syncytial virus in cattle: A systematic review and meta-analysis. *Ruminants*, 4(4), 491–514. <https://doi.org/10.3390/ruminants4040035>

SEROLOGICAL INVESTIGATION OF HEIFER CALVES: PATHOGEN PREVALENCE AND PREVENTIVE STRATEGY INSIGHTS

Summary. This study presents the results of a serological analysis of blood samples collected from clinically healthy heifer calves in four Lithuanian farms, aiming to evaluate the prevalence of economically significant infectious agents and the animals' immune response. The research focused on detecting antibodies against *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, Bovine Viral Diarrhea Virus (BVDV), Bovine Respiratory Syncytial Virus (BRSV), and Bovine Parainfluenza Virus type 3 (BPIV-3). The results revealed a widespread presence of antibodies against *C. perfringens*, BRSV, and BPIV-3, suggesting previous exposure or ongoing circulation of these pathogens within the herds. Conversely, the prevalence of *E. coli* and BVDV was low or absent in most calves. These findings emphasize the need for targeted preventive measures and vaccination strategies based on the epidemiological status of each farm. The application of serological testing supports early detection of infectious threats and contributes to more effective herd health management and disease control planning.

Keywords: heifer serology, pathogens, bovine viruses, *Clostridium perfringens*.

FITOHORMONŲ ĮTAKA BULVIŲ MIKROAUGALAMS *IN VITRO*

dr. Rita Asakavičiūtė, Kastė Mikulėnaitė

Vilniaus kolegija, Agrotechnologijų fakultetas

Anotacija. Tyrimo tikslas – nustatyti fitohormonų kombinacijų poveikį bulvių (*Solanum tuberosum* L.) mikroaugalų augimui *in vitro*. Tyrimas buvo atliktas 2025 m. Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro Vokės filiale. Tyrimo objektai – trys auksinai (IAA, NAA, 2,4-D), du citokininai (kinetinas, BAP) ir dviejų lietuviškų bulvių veislių ('Goda', 'VB Aista') mikroaugalai. Mikroaugalai buvo auginami mitybinėje terpėje, papildytoje vieno auksino ($1,0 \text{ mg l}^{-1}$) ir vieno citokinino ($0,04 \text{ mg l}^{-1}$) kombinacija. Taikytos šešios skirtingos reguliatorių kombinacijos ir kontrolė. Po 4 savaičių buvo įvertinti augalų ilgis ir biomasė. Rezultatai parodė, kad visos augimo reguliatorių kombinacijos buvo efektyvesnės nei kontrolė. Abiejų veislių mikroaugalai pasiekė didžiausią ilgį naudojant IAA ir kinetiną. Tačiau efektyviausios kombinacijos pagal masės rodiklius skyrėsi tarp veislių: 'Goda' geriausiai augo naudojant IAA + kinetiną ir NAA + kinetiną, o 'VB Aista' – IAA + kinetiną ir IAA + BAP. Apibendrinant geriausia bendrai rekomenduojama augimo reguliatorių kombinacija abiem veislėms – IAA ir kinetinas.

Raktiniai žodžiai: *Solanum tuberosum*, fitohormonų kombinacijos, mikroaugalai, *in vitro*.

Įvadas. Bulvės yra viena svarbiausių žemės ūkio kultūrų Lietuvoje, tačiau šalyje užauginamas bulvių derlius nepatenkina vidaus rinkos poreikio. Viena iš pagrindinių bulvių auginimo problemų yra su sodinamąją medžiagą plintančios ligos. Bulvių dauginimas steriliomis laboratorijos sąlygomis suteikia galimybę greitai ir užtikrintai pasigaminti neužkrėtų bulvių gumbų sodinimui. Tai naudinga ne tik dėl didesnio prekinio gumbų derliaus, bet ir dėl sumažinto poreikio naudoti chemines augalų apsaugos priemones, tausojančias išteklius ir neteršiančias aplinkos. Bulvė buvo pirmas augalas bandytas išauginti *in vitro* iš ląstelių kultūros dar XX a. pradžioje. Šiandien jau yra atlikta daugybė mokslinių tyrimų, ieškančių optimalių sąlygų bulvių mikrodauginimui. Šie tyrimai yra svarbūs, nes skirtingos bulvių veislės reaguoja skirtingai į įvairius aplinkos parametrus, įskaitant į skirtingus augalų augimo reguliatorius maitinamojoje terpėje (Asakavičiūtė & Razukas, 2022). Nors yra žinomi bendri auksinų ir citokininų veikimo principai, jie gali suteikti skirtingų rezultatų priklausomai nuo augalo, dauginimo metodo, naudojamos augimo reguliatorių rūšies (natūralūs, įvairūs sintetiniai), koncentracijos (viena tos pačios medžiagos koncentracija skatina augimą, o kita gali būti naudojama kaip herbicidas) bei vienu metu naudojamų augimo reguliatorių sąveika. Šiame tyrime nagrinėjamas skirtingų auksinų ir citokininų kombinacijų poveikis dviejų skirtingų bulvių veislių mikroaugalams *in vitro*.

Darbo tikslas. Ištirti fitohormonų kombinacijų poveikį bulvių (*Solanum tuberosum* L.) mikroaugalams *in vitro*.

Uždavinys: nustatyti tinkamiausius fitohormonus mikroaugalams *in vitro*.

Tyrimo metodika. Tyrimas buvo atliktas Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro Žemdirbystės instituto Vokės filialo Biotechnologijos laboratorijoje 2025 m. balandžio mėn.

Tyrimo objektas: auksinai (IAR, NAR, 2,4-D), naudojami $1,0 \text{ mg l}^{-1}$ koncentracija, citokininai (kinetinas, BAP), naudojami $0,04 \text{ mg l}^{-1}$ koncentracija, bei lietuviškų bulvių veislių 'Goda' ir 'VB Aista' mikroaugalai.

Fitohormonų bandymai laboratorijoje vykdyti balandžio mėn. Bandymui naudota 2 bulvių genotipai: veislių 'Goda' ir 'VB Aista'. Mikroaugalai pasodinti į mėgintuvėlius su mitybine MS terpe ir atitinkamais augimo reguliatoriais: a) auksiniais ($1,0 \text{ mg l}^{-1}$) ir b) citokininiais ($0,04 \text{ mg l}^{-1}$). Kiekvienas variantas po 50 vnt. mikroaugalų. Iš viso 7 vnt., 350 mėgintuvėlių. Kontrolei nenaudojami augimo reguliatoriai.

Bandymo metu registruota eksplantų ilgis (cm) ir masė (mg).

Tyrimo rezultatų analizė. Bulvių veislėms 'Goda' ir 'VB Aista' buvo tiriamas šešių skirtingų auksinų ir citokininų kombinacijų (IAR ir Kinetinas, IAR ir BAP, NAR ir Kinetinas, NAR ir BAP, 2,4-D ir kinetinas, 2,4-D ir BAP) poveikis bei kontrolė be jokių augimo reguliatorių. Kiekvieno bulvių mikroaugalo ilgis buvo išmatuotas centimetrais, įskaitant ir augalo šaknis. Kiekvienoje skirtingos bulvių veislės ir augimo reguliatorių kombinacijos

grupėje buvo po 50 mikroaugalų. Kiekvienos tiriamos grupės rezultatai pateikti kaip vidurkis ir vidurkio vidutinė paklaida. Visų augimo reguliatorių kombinacijų poveikis bulvių veislės ‘Goda’ mikroaugalams suteikė geresnius bendro ilgio rezultatus, nei kontrolė (1 lentelė). Su auksinu IAR ir citokinu kinetinu ‘Goda’ mikroaugalai pasiekė didžiausią ilgį – 3,2 karto didesnę nei kontrolė. Kombinacijos IAR ir BAP, NAR ir kinetinas taip pat suteikė gerų rezultatų – mikroaugalai buvo atitinkamai 3,0 ir 2,9 karto aukštesni nei kontrolės grupėje. Blogiausių rezultatus davė auksino 2,4-D ir citokinino BAP kombinacija – mikroaugalai pasiekė tik 14,2 % didesnę ilgį nei kontrolė. Bulvių veislės ‘VB Aista’ mikroaugalų ilgio rezultatai buvo panašūs į veislės ‘Goda’. Didžiausias ilgis buvo pasiektas su IAR ir kinetinu – 2,6 karto didesnis nei kontrolė. Taip pat produktyvios buvo NAR ir kinetino, bei 2,4-D ir kinetino kombinacijos – rezultatai atitinkamai 2,3 karto ir 2,2 karto geresni nei kontrolė. Kaip ir grupėse su ‘Goda’, blogiausių rezultatus davė auksinas 2,4-D ir citokininas BAP – tik 8,4 % didesnius palyginus su kontrole. Abi bulvių veislės geriausio mikroaugalų ilgio pasiekė su augimo reguliatorių kombinacija IAR ir kinetinas. Verta pastebėti, jog veislės ‘VB Aista’ kontrolės mikroaugalai užaugo 25 % aukštesni nei veislės ‘Goda’ kontrolė. Šie tyrimai yra svarbūs, nes skirtingos bulvių veislės reaguoja skirtingai į įvairius aplinkos parametrus, įskaitant į skirtingus augalų augimo reguliatorius maitinamojoje terpėje (Asakaviciute & Razukas, 2022). Ilgio rezultatas (su IAR ir kinetinu) beveik nesiskyrė – ‘VB Aista’ buvo tik 2% aukštesnė. Abiem veislėms itin mažas poveikis buvo kombinacijos auksino 2,4-D ir citokinino BAP.

1 lentelė. Fitochormonų poveikis mikroaugalams (Trakų Vokė, 2025)

Auksinai / citokininai	Ilgis, cm		Ūglių masė, mg		Šaknų masė, mg	
	‘Goda’	‘VB Aista’	‘Goda’	‘VB Aista’	‘Goda’	‘VB Aista’
Kontrolė	3,24±0,051	4,06±0,052	0,10±0,004	0,12±0,008	0,02±0,001	0,01±0,001
IAR / Kinetinas	10,27±0,235	10,50±0,214	0,67±0,008	0,70±0,009	0,08±0,004	0,07±0,002
IAR / BAP	9,67±0,189	8,80±0,087	0,43±0,007	0,72±0,010	0,12±0,009	0,05±0,001
NAR / Kinetinas	9,53±0,175	9,50±0,165	0,66±0,008	0,57±0,006	0,10±0,002	0,06±0,001
NAR / BAP	7,37±0,098	6,47±0,086	0,10±0,005	0,13±0,009	0,06±0,001	0,04±0,001
2,4-D / Kinetinas	8,43±0,087	9,03±0,147	0,32±0,007	0,20±0,005	0,06±0,002	0,08±0,002
2,4-D / BAP	3,70±0,054	4,40±0,053	0,28±0,005	0,18±0,009	0,03±0,001	0,03±0,001

Be ilgio matavimo, bulvių veislių ‘Goda’ ir ‘VB Aista’ mikroaugalai taip pat buvo pasverti. Perkirpus mikroaugalus, daigai ir šaknys buvo pasverti atskirai. Didžiausia veislės ‘Goda’ mikroaugalų bendra masė buvo pasiekta su augimo reguliatorių kombinacijomis IAR ir kinetinas (0,75 g), bei NAR ir kinetinas (0,76 g). Abi šios sėkmingos augimo reguliatorių kombinacijos veislės ‘Goda’ mikroaugalams suteikė 6,3 karto didesnę bendrą masę, palyginus su kontrole. Tarp šių kombinacijų didesnis šaknų santykis (13,16 %) buvo pasiektas su auksinu NAR ir citokininiu kinetinu. Naudojant IAR ir kinetiną šaknys sudarė 10,67 % bendros mikroaugalų masės. Pagrindinis skirtumas tarp kontrolės bei nesėkmingos kombinacijos NAR ir BAP buvo šaknų masė – naudojant šiuos augimo reguliatorius šaknų masė buvo 37,5 % bendro svorio, o kontrolėje tik 16,7 %. Kitaip nei veislei ‘Goda’, veislei ‘VB Aista’ geriausi bendros masės rezultatai buvo pasiekti su kombinacijomis IAR ir kinetinas (0,77 g), IAR ir BAP (0,77 g). Abi augimo reguliatorių kombinacijos pasiekė 5,9 karto geresnę bendros masės rezultatą nei kontrolė, tačiau su kombinacija IAR ir kinetinas, šaknys sudarė didesnę bendros masės kiekį – 9,1 %. Su kombinacija IAR ir BAP šaknys sudarė 6,5 % bendros augalo masės. Taip pat kaip ir veislės ‘Goda’ grupėse, kombinacijos su auksinu 2,4-D nesuteikė gerų bendros masės rezultatų, o kombinacija NAR ir BAP padidino masę tik 31,1 % palyginus su kontrole. Tai buvo kombinacija, kuri suteikė mažiausią masę, bet didžiausią šaknų santykį (23,5 %). Vertinant skirtingų augimo reguliatorių kombinacijų poveikį mikroaugalams pagal masę, veislių ‘Goda’ ir ‘VB Aista’ mikroaugalų rezultatai išsiskyrė. ‘Goda’ geriausia bendrą masę suteikė augimo reguliatorių kombinacija NAR ir kinetinas, o veislei ‘VB Aista’ – kombinacija IAR ir kinetinas. Tačiau jeigu reikėtų pasirinkti vieną sėkmingiausią kombinaciją abiem

veislėms, tai būtų IAR ir kinetinas. Taip pat abiem veislėms prastus rezultatus davė kombinacijos su auksinu 2,4-D, o prasčiausius – kombacija NAR ir BAP. Abiejų veislių kontrolinė grupė pasiekė labai panašią bendrą masę: ‘Goda’ – 0,12 g, ‘VB Aista’ – 0,13 g. Tačiau išsiskyrė kontrolės grupės šaknų santykis: veislės ‘Goda’ kontrolės grupės šaknys sudarė 16,7 % bendros masės, o veislės ‘VB Aista’ – 7,7 %.

Jeigu reikėtų pasirinkti vieną geriausią auksinų ir citokininų kombinaciją abiem veislėms, tai būtų auksinas IAR ir citokininas kinetinas. Su šia kombinacija buvo pasiektas didžiausias mikroaugalų ilgis, didžiausia bendra masė veislei ‘VB Aista’ ir beveik didžiausia veislei ‘Goda’. Šie rezultatai nustebino, nes daugelio šaltinių teigimu (Hartmann ir kt., 2014; Neumann ir kt., 2020), auksinas IAR yra mažiausiai stabilus, greičiausiai suskylantis šviesoje ir pažeidžiamas IAR-oksidazės fermento augaluose. Tuo tarpu auksinai NAR ir 2,4-D, laikomi stabilesniais ir veiksmingesniais, nedavė tokių gerų rezultatų. Šių rezultatų paaiškinimas galėtų būti priešpriešinys auksinų ir citokininų veikimas (Neumann ir kt., 2020). *In vitro* vienu metu aplikuojami auksinai ir citokininai gali turėti vienas kitą slopinantį efektą IAR auksinui greičiau suirus nei auksinams NAR ir 2,4-D, priešpriešinio veikimo su citokininais laikas galėjo būti sutrumpintas, ir citokininai galėjo stipriau paveikti ūglių augimą, esant nuslopusiam auksino efektui. Dėl šio priešpriešinio auksinų ir citokininų veikimo, praktikoje ir daugelyje tyrimų (Hajare ir kt., 2021; Melnyk, 2023), pirma aplikuojami citokininai ūglių proliferacijai, o paskui auksinai įšaknydinimui.

Kaip reikėtų įvertinti gautus tyrimo rezultatus? Ar svarbiau ūglių ilgis ar masė? Ūglių masė ar šaknų masė? Atsakymas priklauso nuo tolesnio mikroaugalų panaudojimo. Jeigu planuojama užaugintus augalus toliau karkyti į atkarpas ir dauginti *in vitro*, tuomet labai svarbu ūglio ilgis ir masė. Jeigu siekiama toliau mikroaugalus adaptuoti nesterilioje aplinkoje ir užauginti pilnai, tuomet labai svarbu geras ir stiprus šaknynas. Lyginant su kitais bulvių mikroaugalų tyrimais, be ilgio ir masės rodiklių, naudinga užfiksuoti vidutinį lapų ir šaknų skaičių vienam mikroaugalui (Hajare ir kt., 2021; Xhulaj & Gixhari, 2018). Ypač vidutinis lapų skaičius būtų naudingas vertinimo rodiklis, nes toliau dauginant atkarpomis naudojami pažastiniai pumpurai. Pagal šio tyrimo rezultatus negalime padaryti išvados, ar ūglių masė yra didelė dėl kotelių išstypimo ar dėl didelio lapų kiekio.

Galiausiai reikėtų pabrėžti, kad nors ir žymiai mažesnio ilgio ir masės, abiejų veislių mikroaugalai užaugo ir kontrolės grupėje, be pridėtinių augimo reguliatorių. Išsivystė tiek šaknys, tiek ūgliai. Dėl to galima daryti išvadą, kad bulvių veislių ‘Goda’ ir ‘VB Aista’ mikroaugalai, dauginant pažastiniais ūgliais, turi pakankamai endogeninių auksinų ir citokininų normaliam vystymuisi. Bulvių mikrodauginimas be pridėtinių augimo reguliatorių turi kelis privalumus. Pirma, sutaupomi reikalingi finansiniai ištekliai. Antra, sutaupomi darbo jėgos ištekliai, nes nereikia taip greitai mikroaugalų dauginti, perkelti į naujas terpes. Trečia, galima palaikyti normalų mikroaugalų augimą, bet esant poreikiui jį sulėtinti prisitaikant prie paklausos. Dėl brangių finansinių sąnaudų, tyrimai daryti besivystančiose šalyse rekomenduoja apsieiti be pridėtinių augimo reguliatorių (Hajare ir kt., 2021; Toma, 2022). Bet žinoma, turint finansines galimybes ir poreikį dauginti mikroaugalus itin greitai ir produktyviai, be sintetinių auksinų ir citokininų neapsieinama.

Išvados

1. Visos naudojamos fitohormonų kombinacijos abiem veislėms ‘Goda’ ir ‘VB Aista’ mikroaugalams suteikė geresnių rezultatų palyginus su kontrole.

2. Veislėms ‘Goda’ ir ‘VB Aista’ didžiausias mikroaugalo ilgis buvo pasiektas su kombinacija IAR ir kinetinas. Veislės ‘Goda’ mikroaugalai buvo 3,2 karto aukštesni, o ‘VB Aista’ – 2,6 karto aukštesni.

3. Veislės 'Goda' mikroaugalų didžiausia bendra masė buvo pasiekta su kombinacijomis IAR ir kinetinas, NAR ir kinetinas. Su abiem kombinacijomis mikroaugalų masė buvo 6,3 kartus didesnė nei kontrolė.

4. Veislės 'VB Aista' mikroaugalų didžiausia bendra masė buvo pasiekta su kombinacijomis IAR ir kinetinas, IAR ir BAP. Su abiem kombinacijomis mikroaugalų masė buvo 5,9 kartus didesnė nei kontrolė.

LITERATŪRA

Asakavičiūtė, R., & Ražukas, A. (2022). Mikroaugalų dauginimas bulvių (*Solanum tuberosum* L.) sėklininkystei. Žmogaus ir gamtos sauga. <https://doi.org/10.7220/2538-9122.2022>.

Hajare, S. T., Chauhan, N. M., & Kassa, G. (2021). Effect of Growth Regulators on In Vitro Micropropagation of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Gudiene and Belete Varieties from Ethiopia. The Scientific World Journal, 2021(1), 5928769. <https://doi.org/10.1155/2021/5928769>

Hartmann, H. T., Kester, D. E., Davies Jr., F. T., & Geneve, R. L. (2014). Hartmann & Kester's Plant Propagation Principles and Practices (8-asis leid.). Pearson.

Melnyk, C. W. (2023). Quantitative regeneration: Skoog and Miller revisited. Quantitative Plant Biology, 4, e10. <https://doi.org/10.1017/qpb.2023.9>

Neumann, K.-H., Kumar, A., & Imani, J. (2020). Plant Cell and Tissue Culture – A Tool in Biotechnology (2-asis leid.). Springer.

Toma, R. S. (2022). Minutubers Production of Four Potato (*Solanum tuberosum* L.) Cultivars by Tissue Culture Technique. Iraqi Journal of Agricultural Sciences, 53(5), Article 5. <https://doi.org/10.36103/ijas.v53i5.1619>

Xhulaj, D., & Gixhari, B. (2018). In Vitro Micropropagation of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Cultivars. The Journal Agriculture and Forestry, 64. <https://doi.org/10.17707/AgricForest.64.4.12>

EFFECT OF PHYTOHORMONES ON MICROPLANTS OF POTATOES IN VITRO CULTURE

Summary. The aim of the study was to evaluate the effect of phytohormones combinations on the growth of potato (*Solanum tuberosum* L.) microplants *in vitro*. The research was conducted in 2025 at the Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry, Vokė branch. The study objects included three auxins (IAA, NAA, 2,4-D), two cytokinins (kinetin, BAP), and microplants of two Lithuanian potato cultivars ('Goda' and 'VB Aista'). Microplants were cultured on nutrient media supplemented with one auxin (1.0 mg l⁻¹) and one cytokinin (0.04 mg l⁻¹) combination. Six different growth regulator combinations and a control were applied. After four weeks, plant length and biomass were measured. The results showed that all growth regulator combinations significantly improved growth compared to the control. The longest microplants of both cultivars were obtained with the combination of IAA and kinetin. However, the most effective combinations for biomass accumulation differed between cultivars: 'Goda' responded best to IAA + kinetin and NAA + kinetin, while 'VB Aista' showed the highest biomass with IAA + kinetin and IAA + BAP. Overall, the combination of IAA and kinetin is recommended as the most suitable growth regulator treatment for both cultivars.

Keywords: *Solanum tuberosum*, phytohormones combinations, microplants, *in vitro*.

LIETAUS SODŲ VAIDMUO TVARIOJE MIESTŲ INFRASTRUKTŪROJE: GALIMYBĖS IR PRAKTIKA

dr. Inga Jančiauskienė, Svetlana Trainė

Vilniaus kolegija, Agrotechnologijų fakultetas

Anotacija. Straipsnyje nagrinėjamas vienas iš tvariųjų miesto paviršinio vandens nuotekų tvarkymo sprendimų – lietaus sodai, kurie vis plačiau taikomi tiek privačiuose sklypuose, tiek prie daugiabučių namų, tiek urbanizuotose miesto erdvėse. Šių ekologinių sistemų tikslas – suvaldyti vandens perteklių, infiltruojant jį į gruntą, bei sumažinti teršalų patekimą į paviršinius vandens telkinius. Atlikta literatūros šaltinių analizė leidžia įvertinti technologinius sprendimus, projektavimo ypatumus bei įgyvendinimo patirtį Lietuvoje ir užsienio valstybėse. Taip pat pateikiamas praktinis lietaus sodo įrengimo pavyzdys, kurį atliko Vilniaus kolegijos Agrotechnologijų fakulteto Kraštovaizdžio dizaino studijų programos II kurso studentai, padedami dėstytojos dr. M. Valentukevičienės. Pavyzdys atskleidžia lietaus sodų projektavimo, įgyvendinimo ypatumus, padeda aiškiau suprasti įrengimo eigą, techninius reikalavimus ir sąveiką su aplinka.

Raktiniai žodžiai: *Lietaus sodai, kritulių dažnis, hidrologinės funkcijos, vandens suvaldymas.*

Įvadas. Žaliasis kursas (angl. *green deal*) – tai Europos sąjungos (ES) strategija, kurios tikslas iki 2050 metų paversti Europą pirmuoju klimato neutralumu pasižyminčiu žemynu. Šios iniciatyvos tikslas – mažinti taršą, optimizuoti atliekas, skatinti perdirbimą bei efektyviai naudoti gamtos išteklius. Lietaus sodai yra vienas iš žiedinės ekonomikos sprendimų būdų. Tai žaliosios infrastruktūros elementas, skirtas surinkti, filtruoti ir natūraliai įsisavinti lietaus vandenį ten, kur jis iškrinta. Jie dažnai įrengiami miesto teritorijose, siekiant sumažinti paviršinį nuotekų srautą, užkirsti kelią potvyniams, gerinti vandens kokybę ir prisidėti prie biologinės įvairovės išsaugojimo. Lietaus sodų idėja kilusi iš JAV aplinkosaugos praktikos XX a. pabaigoje, kai miestai pradėjo ieškoti natūralių būdų lietaus vandens nuotekoms suvaldyti ir mažinti urbanizacijos poveikį aplinkai. Idėja, kilusi JAV Merilando valstijoje, greitai išplito kituose JAV miestuose, vėliau ir Europoje, o nuo 2010 m. ir Baltijos šalyse. „Prisitaikant prie vietos kultūrinio, istorinio, urbanistinio konteksto, lietaus sodai yra kuriami kaip nedidelės įdubos, užpildytos skirtingas funkcijas atliekančiu gruntu ir apsodintos streso sąlygas toleruojančiais augalais“ (Valentukevičienė, 2024, p. 4). Pasak autorės, lietaus sodui parenkami augalai, atitinkantys reikalingas biologines, ekologines savybes bei pasižymintys dekoratyvumu. Be to, jie padeda sumažinti žmogaus veiklos poveikį aplinkai. Šie augalai nereikalauja ypatingos priežiūros ar specializuotos technikos. Esant poreikiui, juos galima naudoti tiriant aplinkos užterštumą įvairiomis cheminėmis medžiagomis.

Darbo tikslas – įvertinti lietaus sodo projektavimo, įrengimo ypatumus, atsižvelgiant į klimato sąlygas ir urbanistinės infrastruktūros poreikius.

Uždaviniai:

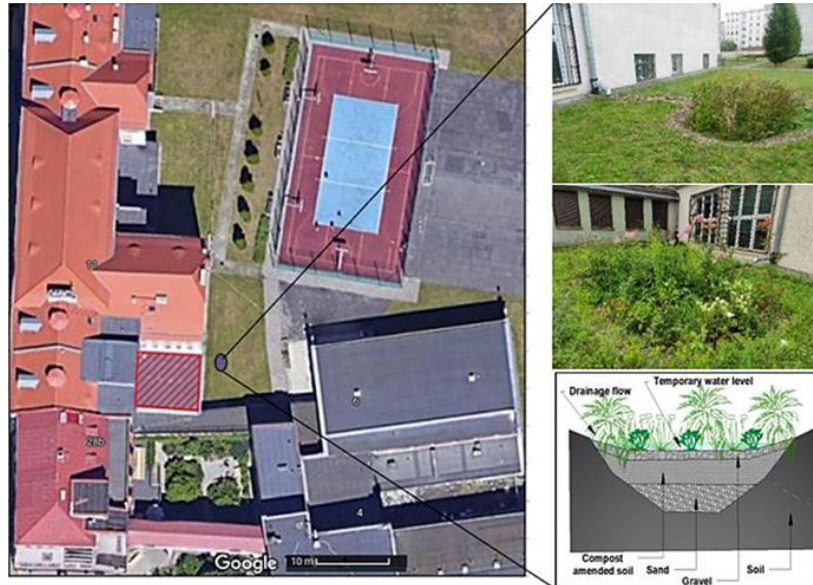
1. Atlikti literatūros šaltinių apžvalgą, siekiant išanalizuoti lietaus sodų taikymo praktiką, jų hidrologines funkcijas ir svarbą valdant miesto paviršinį nuotėkį.
2. Aprašyti tiriamojo lietaus sodo konstrukciją, jo įrengimo vietą, komponentus ir techninius parametrus.
3. Įvertinti pagrindinius veiksnius, lemiančius lietaus sodo efektyvumą, valdant paviršinį vandens nuotėkį.
4. Pateikti išvadas ir rekomendacijas dėl lietaus sodų projektavimo bei diegimo galimybių kitose urbanizuotose teritorijose.

Tyrimo objektas. Lietaus sodas Vroclave, Lenkijoje, ir VIKO Agrotechnologijų fakulteto kraštovaizdžio dizaino studentų praktinis lietaus sodo pavyzdys.

Tyrimo metodika. Tyrimas atliktas taikant literatūros šaltinių analizę.

Tyrimo rezultatų analizė. Vis dažniau didieji miestai, plečiantis urbanizuotoms teritorijoms, gausėjant asfaltuotų bei betoninių paviršių, nebesusitvarko su lietaus nuotekų pertekliumi. O ir nuotekos neatlaiko po ilgų sausrų užklumpančių kontrastingų liūčių. Užtvindomi keliai, gyvenamųjų namų kvartalai ir rūšiai. Viena iš prisitaikymo prie ekstremalių klimato sąlygų priemonių – lietaus sodai. Jie surenka lietaus vandenį nuo nelaidžių paviršių,

tokių kaip stogai, keliai ir automobilių stovėjimo aikštelės. Taip yra mažinamas paviršinių nuotekų daromas neigiamas poveikis gamtai. Tad dėl didėjančio tokių sprendimų poreikio iškilo būtinybė rinkti duomenis apie jų funkcionavimą, ypač vertinant hidrologinį efektyvumą. Viena iš tokių tyrimų atliko ir aprašė Burszta-Adomiak, E., Biniak-Pierog, M., Dabek, P. B., Zsternik, A. (2023). Šio tyrimo tikslas buvo įvertinti įrengto lietaus sodo veiksmingumą. Šis sodas įrengtas 2019 m. Vroclavo (Lenkija) vidurinės mokyklos teritorijoje. Jo paskirtis – nusausinti 73 m² pastato stogą.



1 pav. Lietaus sodas vidurinės mokyklos teritorijoje (Rain garden hydrological performance- Responses to real rainfall events, 2023)

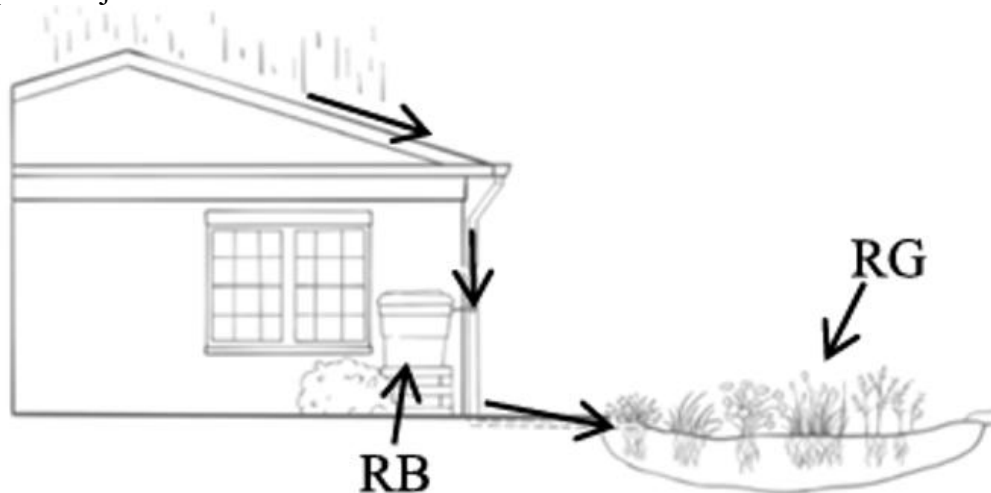
Lietaus nuotekos latakais, o vėliau žvyro kanalu, apsaugotu geomembrana, patenka į 7,6m² ploto lietaus sodą (1 pav.). Paviršinių nuotekų taršos mažinimo efektyvumas priklauso nuo lietaus sodo drenažo sluoksnių struktūros bei augalų rūšių savybių. Viršutinį sluoksnį sudaro 0,05 m storio 10–25 mm frakcijos žvyras. Šis sluoksnis sumažina vandens garavimą iš apatinių sluoksnių. Vidurinė dalis – augalinis filtravimo sluoksnis sudarytas iš 58 % stambiagrūdžio smėlio, 23 % vidutinio smėlio, 8 % smulkaus smėlio, 8 % smulkaus žvyro ir 3 % priesmėlio. „Auginimo terpės tūrinis tankis siekia 1 477 g/cm³, o grunto skeletinio tankio vertė – 1 207 g/cm³. Tokios tankio reikšmės yra palankios augalų augimui“ (Indoria ir kt., 2017). Apatinį sluoksnį sudaro toks pat 10–25mm frakcijos žvyras. Maksimalus vandens kaupimosi gylis – 0,3 m. Be hidrologinės, lietaus sodas atlieka ir estetinę funkciją. Augalai parenkami pagal tai vietai būdingas augimo sąlygas. Aprašomame objekte parinkti šie daugiamečiai augalai: paprastoji kraujažolė (*Achillea millefolium*), vaistinė kraujalakė (*Sanguisorba officinalis*), kardalapis debesylas (*Inula ensifolia*), raudonoji vingiorykštė (*Filipendula rubra* ‘Venusta’), paprastasis ežeinis (*Echium vulgare*). Šie augalai sėkmingai išgyveno tiek sausros, tiek perteklinio drėkinimo sąlygas.

Tyrimo rezultatai. Analizuojant lietaus sode fiksuotus skirtingo intensyvumo kritulių lygius, nustatytas 72 % paviršinio vandens įsisavinimas. Tiek kritulių kiekis (iki 5,3 mm), tiek trukmė (ne ilgesnė nei 10 val. 33 min.) ir intensyvumas (momentinis kritulių intensyvumas svyravo nuo 0,33 iki 42,1 mm/h) leido kritulių vandeniui tiesiogiai susigerti į filtravimo sluoksnius kritulių metu. O likęs vandens perteklius ilgai žemės paviršiuje neužsilaiko, susigeria. Šio eksperimento tyrėjai – Burszta-Adomiak, E., Biniak-Pierog, M., Dabek, P.B., Zsternik, A. – stebėjo lietaus sodą balandžio–spalio mėnesiais, nepaisant to, kad iškritusių kritulių kiekis viršijo 20 mm, o momentinis didžiausias kritulių intensyvumas siekė 261,4 mm/h, vandens išsiliejimo iš lietaus sodo nebuvo užfiksuota. Tai rodo, kad net ir nedidelio ploto (7,6 m²) lietaus sodas gali veiksmingai prisidėti prie paviršinių lietaus nuotekų suvaldymo.

Mokslininkų Jiajin L., Uchiyama, S., Bhattacharya Y., ir Nakamura H. (2023) atlikti tyrimai rodo, kad tankiai urbanizuotose Japonijos didmiesčiuose potvynių valdymui taikomas kompleksinis lietaus vandens kontrolės modelis. Labiau urbanizuotose didmiesčiuose siūloma lietaus nuotekų perteklių kontroliuoti papildomomis priemonėmis: stogų želdinimu, pralaidžiomis dangomis bei lietaus vandens kaupimo talpomis.

Be to, siūloma naudoti ir lietaus surinkimo talpas, o perteklių nukreipti į lietaus sodą. Įdomu ir tai, kad šalis vykdo paramos šeimoms politiką, subsidijuodami lietaus talpų įsigijimą ir įrengimą.

Kokiais būdais pasirenkamas lietaus pertekliaus suvaldymas, priklauso nuo šalies klimato sąlygų, geografinės padėties. Telieta atlikus tyrimus pasirinkti tinkamą būdą, ir remiantis gerąją kitų šalių praktika skatinti gyventojus prisidėti prie taršos mažinimo ir efektyvaus išteklių panaudojimo.



2 pav. Kompleksinis lietaus valdymas: RB – lietaus vandens talpa, RG – lietaus sodas
(Efficacy of rain barrels and rain gardens to reduce urban pluvial flooding in densely built-up residential areas: case study on Miyahara-Cho in Saitama city, Japan, 2023)

Praktinis pavyzdys. Išnagrinėję teorinius aspektus ir remdamiesi tvaraus miesto infrastruktūros principais, Vilniaus kolegijos Agrotechnologijų fakulteto Kraštovaizdžio dizaino studijų programos antro kurso studentai atliko lietaus sodo įrengimo darbus dekoratyvinių augalų mokomajame augyne. Vieta pasirinkta prie šiltnamio, kad būtų galima suvaldyti latakais nutekantį lietaus vandenį.



3 pav. Lietaus sodo vietos paruošimo darbai

Buvo iškasta 1 m pločio ir 10 m ilgio dauba. Jos dugne, siekiant spartesnės vandens infiltracijos, buvo įstatyta talpa, į kurią drenazo vamzdžiu nukreipiamas lietaus vanduo. Daubos dugnas buvo padengtas 10–15 cm drenazo sluoksniu, sudarytu iš akmenukų, keramzito bei midijų kiautų.



4 pav. Apatinis drenazo sluoksnis su talpa pertekliniam vandeniui

Ant viršaus buvo supiltas 50 cm žvyro sluoksnis, 30 cm augalinis sluoksnis (50–60% smėlio, 20–30% komposto, 10–20% molio). Esant užterštumui, šis sluoksnis atlieka vandens filtravimo funkciją. Pabaigoje buvo pasodinti daugiamečiai augalai. Kadangi tai dalinio pavėsio vieta, parinkti šiai vietai tinkamiausi, nereiklūs, dalinio pavėsio, drėgnų vietų augalai: storalapė bergenija (*Bergenia crassifolia*), stambiašaknis snaputis (*Geranium macrorrhizum*), geltonasis vilkdalgis (*Iris pseudacorus*). Viršutinis sluoksnis buvo mulčiuotas, siekiant apsaugoti augalus nuo nuplovimo, erozijos bei išlaikyti drėgmę. Kraštai buvo apdėti akmenimis, siekiant apsaugoti lietaus sodą nuo galimos erozijos.



5 pav. Lietaus sodas

Įrengtam lietaus sodui būtina nuolatinė priežiūra: turi būti stebimas vandens balansas, tikrinama filtracijos talpa, pašalinamos susikaupusios šiukšlės, atnaujinami augalai,

mulčiuojama. Taip pat būtina apžiūrėti, ar nėra erozijos paveiktų vietų ir, esant poreikiui, jas sutvirtinti akmenimis. Pateiktas pavyzdys gali būti naudingas planuojant lietaus sodo įrengimą individualiame sklype.

Išvados:

1. Atlikus skirtingų šalių mokslinės literatūros šaltinių analizę, galima teigti, kad lietaus sodai yra reikšminga tvarios aplinkosaugos priemonė, atliekanti daugialypį vaidmenį. Jie ne tik prisideda prie aplinkos apsaugos, bet ir efektyviai dalyvauja paviršinių nuotekų valdyme, gerina lietaus vandens kokybę, palaiko ir stiprina biologinę įvairovę, taip pat integruojasi į darnios miestų plėtros koncepciją.

2. Lietaus sodo konstrukcija, jo įrengimo vieta, komponentai ir techniniai parametrai turi esminę reikšmę šios sistemos efektyvumui. Tinkamai parinkta vieta lemia sėkmingą paviršinių nuotekų surinkimą ir infiltraciją, o konstrukciniai sprendimai bei komponentų suderinamumas užtikrina ilgalaikį veikimą ir minimalų priežiūros poreikį.

3. Techniniai parametrai: sluoksnių gylis, filtravimo geba ar drenažo pajėgumas, leidžia pritaikyti lietaus sodą konkrečioms hidrologinėms ir urbanistinėms sąlygoms, todėl kiekvienas šių elementų vaidina svarbų vaidmenį formuojant tvarią, klimatui atsparią miesto infrastruktūrą.

4. Vandens pertekliaus valdymas yra kompleksinis procesas, reikalaujantis gilių žinių bei sisteminio mąstymo. Tinkamai parinktos ir įdiegtos vandens valdymo sistemos gali žymiai pagerinti sklypo ekologinę būklę, sumažinti išlaidas ir prisidėti prie darnaus vystymo principų.

LITERATŪRA

Albanese, M. (2020) *The modern rain garden*. Avesi.

Burszta-Adomiak, E., Biniak-Pierog, M., Dabek, P.B., ZSternik, A. (2023). Rain garden hydrological performance-Responses to real rainfall events. *Science of the total environment*, 887, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164153>

Indoria, A. K., Sharma, K. L., Reddy, K. S., Rao, C. S., & Vittal, K. P. R. (2017). *Soil physical constraints affecting crop productivity and management options*. Soil & Tillage Research, 173, 64–81. <https://doi.org/10.1016/j.still.2016.12.006>

Jiajin L., Uchiyama, S., Bhattacharya Y., ir Nakamura H. (2023). *Efficacy of rain barrels and rain gardens to reduce urban pluvial flooding in densely built-up residential areas: a case study on Miyahara-Cho in Saitama City, Japan*. City and Built Environment. <https://doi.org/10.1007/s44213-023-00024-x>

Valentukevičienė, M. (2024) Žaliajį kursą atitinkančios lietaus nuotekų sistemos kūrimas. *Vandentvarka*, 65(10), 3-5.

THE ROLE OF RAIN GARDENS IN SUSTAINABLE URBAN INFRASTRUCTURE: OPPORTUNITIES AND PRACTICES

Summary. This article explores rain gardens as a sustainable solution for surface water management, increasingly utilized in both private properties and urban environments. Rain gardens are ecological systems designed to manage excess stormwater by promoting its infiltration into the soil, thereby reducing surface runoff and limiting the transport of pollutants into natural water bodies. Effective stormwater management is a complex process that necessitates comprehensive knowledge, systematically thinking, and an environmentally conscious approach. When appropriately designed and implemented, such water management systems can lower maintenance costs and contribute to the broader goals of sustainable development.

Keywords. Rain garden, rain fall events, hydrological functions, water management.

JUDRIOJO KALCIO IR MAGNIO KIEKIO NUSTATYMAS SKIRTINGŲ RŪŠIŲ DIRVOŽEMIUOSE KOMPLEKSONOMETRIJOS METODU

Ingrida Radveikienė, Rimantas Maksimenko

Vilniaus kolegija, Agrotechnologijų fakultetas

Anotacija. Judrieji katijonai (silpnai adsorbuoti ant kieto paviršiaus elektrostatinėmis jėgomis) nėra tvirtai susieti cheminiais ryšiais ir vykstant jonų mainų reakcijoms gali patekti į tirpalą, dėl to šie judrūs katijonai kartu su vandeniu yra lengvai pasisavinami augalų. Kalcis – tai makroelementas, būtinas augalų struktūros formavimuisi ir fiziologiniams procesams. Kalcis dalyvauja ląstelių sienelių pektino gelio formavime, užtikrindamas audinių tvirtumą ir reguliuodamas membranų pralaidumą. Fotosintezė tiesiogiai priklauso nuo magnio. Magnis yra chlorofilo centre esantis jonas, dalyvauja ATP sintezėje kaip fermentų kofaktorius. Abu šie makroelementai yra gyvybiškai svarbūs augalams. Smėlingi dirvožemiai paprastai savyje turi mažiau katijonų dėl grubios tekstūros, kuri skatina mineralų išplovimą. Tuo tarpu molio dalelės pasižymi atvirkščiu dėsniumu – didesne katijonų mainų talpa. Kompleksonometrijos metodu nustatyta, kad didžiausias laisvų kalcio ir magnio jonų kiekis yra molingame dirvožemyje, truputį mažesnis – juodžemyje, mažiausias – smėlingame dirvožemyje. Tyrimo rezultatai parodė, kad tiriamieji dirvožemiai turi pakankamai dideles judriųjų kalcio ir magnio jonų koncentracijas bei patvirtino dėsnį, susijusį su dirvožemio rūšimi (kuo biresnis dirvožemis – tuo mažiau judriųjų katijonų).

Raktiniai žodžiai: Kalcis, magnis, dirvožemis, kompleksometrija.

Ivadas. Judrieji katijonai – tai katijonai, kurie yra silpnai adsorbuoti ant kieto paviršiaus (pvz., dirvožemio dalelių, molio mineralų) elektrostatinėmis jėgomis. Kadangi šie katijonai nėra tvirtai surišti cheminiais ryšiais, jie lengvai patenka į tirpalą vykstant jonų mainų reakcijoms (Fedotov ir kt., 2012). Patekę į vandenį katijonai ištirpsta ir praeina per kietąją fazę (pvz., dirvožemį), todėl jie tampa judriaisiais katijonais, kuriuos augalai pasisavina kartu su vandeniu.

Kalcis yra divalentis šarminių žemių katijonas, dirvožemyje dažniausiai randamas koloiduose katijono forma. Kietos būsenos kalcis aptinkamas įvairiais pavidalais: kalcio karbonato (CaCO_3) marmure, kreidoje, kalkakmenyje ir kalcite; kalcio sulfato (CaSO_4) – anhidrite ir gipse; kalcio fluoro (CaF_2) – fluorite bei kalcio fosfato ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) – apatite. Kalcis taip pat gali būti randamas silikatuose ir aliumosilikatuose (Royal Society of Chemistry, 2016). Augaluose kalcis daugiausia kaupiasi lapuose, stiebuose, šaknyse ir sėklose (Hill ir kt., 2013).

Kalcis – tai makroelementas, būtinas augalų struktūros formavimuisi ir fiziologiniams procesams (Thor, 2019). Kalcis atlieka svarbų vaidmenį formuojant ląstelės sienelę, dalyvaujant pektino gamyboje, kuris lemia ląstelės formą ir sienelių tvirtumą. Šis elementas taip pat reikalingas fermentams, atsakingiems už ląstelės ilgėjimą, dalijimąsi, membranų pralaidumo reguliavimą ir maistinių medžiagų pernašą. Be to, kalcis veikia kaip antrinis signalinis jonas kai kuriose signalų perdavimo sistemose, padeda augalui reaguoti į stresą ir aplinkos veiksnius (Endo, 2006). Tinkama kalcio koncentracija gerina kitų elementų įsisavinimą, pvz., kalio ar magnio. Taip pat, kalcis stiprina augalo apsaugos mechanizmus ir padeda augalui įsisavinti nitratus, taip pagerindamas augalo atsparumą parazitams ir ligoms (Falade, 1973; Thor, 2019).

Kalcio kiekis dirvožemyje priklauso nuo dirvožemio tipo, jame esančių medžiagų prigimtys, klimato sąlygų ir žmogaus veiklos. Smėlingi dirvožemiai paprastai savyje turi mažiau kalcio dėl grubios tekstūros, kuri skatina mineralų, įskaitant ir kalcį, išplovimą (Yost ir Hartemink, 2019). Tuo tarpu molio dalelės pasižymi didesne katijonų mainų talpa (angl. *cation exchange capacity, CEC*), kurios leidžia sulaikyti teigiamai įkrautus jonus, pvz., kalcį, todėl molingi dirvožemiai dažnai turi daugiau kalcio (Moore ir kt., 1998; CUCE, 2007). Kalkakmenio pagrindu susidarę dirvožemiai pasižymi dideliu kalcio kiekiu dėl didelės kalcio karbonato koncentracijos (Kowalska ir kt., 2019).

Dirvožemio rūgštingumas turi reikšmingą poveikį kalcio biologiniam prieinamumui augalams. Net jei bendra kalcio koncentracija dirvožemyje laikoma pakankama, itin rūgščiuose

ar šarminguose dirvožemiuose gali būti ribojamas augalų gebėjimas įsisavinti kalcį (Masevičienė ir kt., 2020).

Kalcis yra gyvybiškai svarbus visiems augalams – nuo dumblių iki sudėtingos struktūros augalų, tačiau reikalingas kiekis priklauso nuo jų specifinių fiziologinių ir struktūrinių savybių. Dumbliai, kurie skirstomi į žaliuosius, raudonuosius ir ruduosius, naudoja kalcį įvairiems tikslams. Kai kurie kalkingi dumbliai formuoja kalcio karbonato (CaCO_3) struktūras, tokias kaip koralų rifai ir kalkinės kriauklės. Kalcis reguliuoja osmoso pusiausvyrą ir jonų mainus dumblių ląstelėse, taip pat stiprina kai kurių ląstelių sienes (McLaughlin ir kt., 2023). Samanos, kepenžolės ir raguolės, tai briofitai (angl. *bryophytes*) – paprastesnės struktūros augalai, kurie neturi tikrųjų šaknų, stiebų ar lapų. Kalcis yra ne tik svarbus briofitų (samanų, kepenžolių, raguolių) struktūriniam vientisumui, bet ir būtinas reprodukcinių struktūrų, tokių kaip sporos ir sporofitai, formavimui (Shacklette, 1965).

Induočiai (paparčiai ir papartiniai) kalcį naudoja sporų dauginimui ir ankstyvose gametofitų augimo stadijose (Cheng Yuan ir kt., 2011). Kalcis yra būtinas spygliuočių sėklų formavimui ir brendimui, be to, jis dalyvauja ląstelių sienelių lignifikacijoje, stiprinant sumedėjusius audinius. Gaubtasėkliuose (žydinčiuose augaluose) kalcis svarbus ląstelių dalijimuisi, organų brendimui, membranos pralaidumo reguliavimui ir medžiagų pernešimui (Broadley ir kt., 2003; Ge ir kt., 2007). Taigi, kalcis yra svarbus augalų augimui, dauginimuisi bei struktūros išlaikymui.

Dirvožemio rūgštingumas mažina kalcio prieinamumą augalams, nes aliuminio ir vandenilio jonai rūgščiuose dirvožemiuose pašalina kalcį iš dirvožemio dalelių (Zhang ir kt., 2017). Kadangi kalcis nemigruoja iš senų audinių į naujai susiformavusius, jo trūkumas dažnai pasireiškia naujuose lapuose ar vaisiuose. Šis trūkumas gali sukelti tokius sutrikimus kaip salotų kraštų pajuodavimas ir pomidorų žiedų pakraščių puvėsis. Siekiant užtikrinti pakankamą kalcio kiekį, rekomenduojama reguliuoti dirvožemio rūgštingumą ir, jei reikia, taikyti kalkinimą (Marschner, 2012; Sugimoto et al., 2010; Thor, 2019).

Magnis, antros grupės (šarminių žemių) elementas, yra aštuntas pagal paplitimą Žemės plutoje ir dažniausiai randamas mineraluose, tokiuose kaip magnezitas (MgCO_3) ir dolomitas ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$). Didžiausi biologiškai prieinamo magnio kiekiai yra hidrosferoje (jūroje vidutinė jo koncentracija ~55 mmol/l), nes magnio druskos lengvai tirpsta vandenyje, ženkliai geriau nei kalcio druskos. Augaluose magnis yra vienas iš pagrindinių jonų, randamų chlorofiluose (Jahnen-Dechent ir kt., 2012).

Magnis augaluose veikia kaip kofaktorius daugelyje fermentinių reakcijų ir yra reikalingas baltymų kinazėms, glikolitiniais fermentams, fosforilinimo procesams ir visoms reakcijoms, kuriose dalyvauja ATP (Barbagallo ir kt., 2021).

Kai augalo dalims, pvz., šaknims, vaisiams ar pumpurams, trūksta energijos, fotosintezės produktai ir metabolitai (pvz., cukrūs, aminorūgštys) keliauja iš ten, kur jos pagamintos, į tas vietas, kur jų reikia. Tai ypač svarbu augalams, kurių biomasė kaupiama angliavandenių arba aliejų pavidalu (pvz., gumbuose, svogūnėliuose ir grūduose), nes jų derliaus kokybė itin priklauso nuo magnio prieinamumo (Grzebisz, 2013). Karnienos „pakrovimas“ (angl. *phoem loading*) – tai procesas, kuriam reikia energijos. Jo metu specialūs baltymai (H^+ -ATPazės) sukuria tam tikrą jonų skirtumą (elektrocheminį gradientą), o cukrūs (pvz., sacharozė) kartu su vandenilio jonais pernešami į karnieną. Šiai energijai sukurti naudojamas Mg-ATP – kompleksas, kuris susidaro iš magnio jonų (Mg^{2+}) ir ATP. Šis junginys padeda ATP efektyviau veikti fermentus, reikalingus šiam procesui (Turgeon, 2010). Literatūroje teigiama, kad apie 90 % magnio ląstelėje yra susijungęs su ATP, o likusi dalis lieka laisva ir judri (Yazaki ir kt., 1988; Shaul, 2002).

Metaboliškai aktyvus magnis daugiausia lokalizuotas citoplazmoje ir chloroplastuose, o vakuolė veikia kaip jo sandėlis (Marschner 2012). Magnio pernaša į vakuolę ir iš jos vykdoma per $\text{Mg}^{2+}/\text{H}^+$ mainų kanalus, kurie reguliuoja magnio jonų srautą priklausomai nuo ląstelės fiziologinių poreikių (Shaul et al. 1999).

Magnis yra pagrindinė a/b chlorofilo sudedamoji dalis, o chlorofilas yra šių kompleksų dalis. Dėl magnio svarbos chlorofilo ir baltymų biosintzei bei jo didelio mobilumo augale, magnio trūkumas sukelia chlorozę, ypač senesniuose ir subrendusiuose lapuose (Marschner, 2012). Nukleino rūgštys yra gyvybiškai svarbios augalų metabolizmui, o būtent magnis stabilizuoja jų struktūrą, užtikrindamas tinkamą jų funkcionavimą. Be to, magnis būtinas nukleino rūgščių sintezėje dalyvaujančioms polimerazėms ir jas skaidančioms nukleazėms (Sreedhara ir Cowan, 2002). Magnis taip pat reikalingas ribosomos subvienetų susijungimui, tai svarbu ribosomų aktyvavimui. Dėl magnio trūkumo baltymų biosintzė žymiai sumažėja, tai lemia padidėjusią aminorūgščių koncentraciją (Marschner, 2012).

Trūkstant magnio augalas iš pradžių naudoja judriojo magnio atsargas, tačiau ilgainiui sutrinka fiziologiniai procesai, paveikdami derliaus kokybę. Perteklinis magnio kiekis nėra tiesiogiai toksiškas, tačiau gali sutrikdyti maistinių medžiagų pusiausvyrą, trikdydamas kalio, kalcio ir mangano pasisavinimą (Gransee ir Führs, 2013).

Dirvožemio sudėties pokyčiai, ypač judriųjų kalcio ir magnio kiekiai, turi didelę įtaką augalų augimui ir derlingumui. Tačiau skirtingose dirvožemio rūšyse šių elementų koncentracija gali labai skirtis dėl natūralių ir antropogeninių veiksnių. Kadangi Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro agrocheminių tyrimų laboratorijos metinis monitoringas yra vykdomas skirtingose vietovėse, nėra pakankamai vienos vietovės pasikartojančių duomenų per pakankamai trumpą laiko tarpą, kad būtų galima daryti išvadas iš turimų duomenų. Išsamių duomenų trūkumas sunkina žemės ūkio valdymą ir tręšimo planavimą, todėl ūkininkai, siekdami sumažinti žalą sėjos augalams ir padidinti derliaus išeigą, gali užsakyti ir vykdyti dirvožemio judriųjų kalcio ir magnio koncentracijų tyrimus bei tręšimą planuoti pagal gautus tyrimo rezultatus. Šiame tyrime naudojamas greitas, paprastas ir nebrangus metodas, nereikalaujantis sudėtingos laboratorinės įrangos.

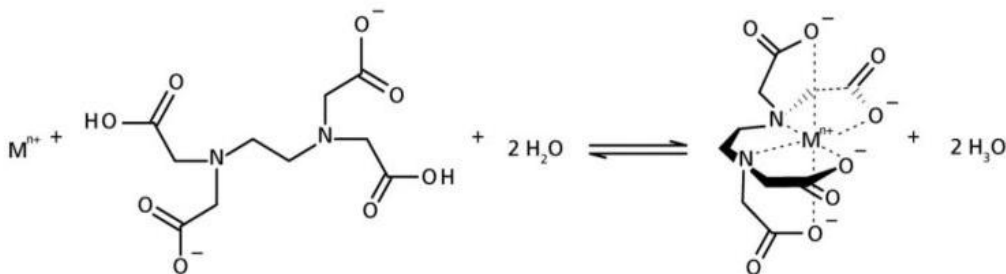
Darbo tikslas. Įvertinti judriojo kalcio ir magnio kiekius skirtingose dirvožemio rūšyse kompleksometrijos metodu.

Uždaviniai:

1. Išnagrinėti informaciją apie judriojo kalcio ir magnio vaidmenį dirvožemyje bei jų poveikį augalams.
2. Kompleksonometrijos metodu nustatyti judriųjų kalcio ir magnio kiekius skirtingų rūšių dirvožemyje ir palyginti gautus rezultatus.

Tyrimo objektas. Kalcio ir magnio kiekis dirvožemyje.

Tyrimo metodika. Kalcio ir magnio kiekiai dirvožemyje nustatomi kompleksometrijos metodu, titruojant EDTA ir naudojant eriochromo juodąjį T bei indikatorius – mureksidą. Kalcis ir magnis sudaro kompleksą su EDTA, o titruojant ekvivalentiniame taške tirpalas nusidažo mėlyna (nustatomas bendras kalcio ir magnio kiekis) arba violetine spalva (nustatomas magnis) (Kim ir Vipulanandan, 2003).



1 pav. Bendra metalo jonų ir EDTA reakcijos schema (M – metalo jonas). Prieiga internete: <https://www.metrohm.com/en/discover/blog/20-21/photometric-complexometric-titration.html>

Ėminių paėmimas: Dirvožemio ėminiai buvo surinkti Karoliniškių kraštovaizdžio draustinyje (dešiniajame Neries upės slėnyje), Galgiuose (Vilniaus raj.).

Mėginio paruošimas: Dirvožemis išdžiovinamas džiovintame spintoje, esant 40 °C temperatūrai iki orausio, persijojamas per sietą (akučių dydis 0,5 mm) ir saugomas plastikiniuose indeliuose. Pasverama 10 g ėminio ir 30 min. ekstrahuojama 100 ml 0,1 M amonio acetato tirpale.

Tyrimo eiga: Bendro kalcio ir magnio kiekio nustatymas. 25 ml tiriamojo mėginio supilama į 100 ml kūginę kolbą, įpilama 5 ml 2 M amoniakinio buferinio tirpalo ir 2–3 lašai eriochromo juodojo T indikatoriaus. Gautas tirpalas titruojamas etaloniniu 1 M EDTA tirpalu, iki kol tirpalas įgaus mėlyną spalvą.

Kalcio kiekio nustatymas. 25 ml tiriamojo mėginio supilama į 100 ml kūginę kolbą, įberama 0,05 g mureksido miltelių. Gautas tirpalas titruojamas etaloniniu EDTA tirpalu, iki kol tirpalas įgaus violetinę spalvą. EDTA kiekis, sunaudotas šiam titravimui, atimamas iš pirmo titravimo siekiant apskaičiuoti EDTA tūrį, sunaudotą tik magnio titravimui. Judriųjų kalcio arba magnio jonų kiekis (mg/kg) apskaičiuojamas pagal formulę:

$$C_{Ca,Mg} = \frac{M_{Ca,Mg} \cdot C_1 \cdot V_1 \cdot V_e}{m_0 \cdot V_0 \cdot 2} \cdot 1000,$$

čia:

$C_{Ca,Mg}$ – laisvų kalcio arba magnio jonų kiekis, mol/l;

m_0 – mėginio masė, g;

$M_{Ca,Mg}$ – molinė kalcio arba magnio masė, g/mol;

V_0 – mėginio tūris, paimtas analizei, ml;

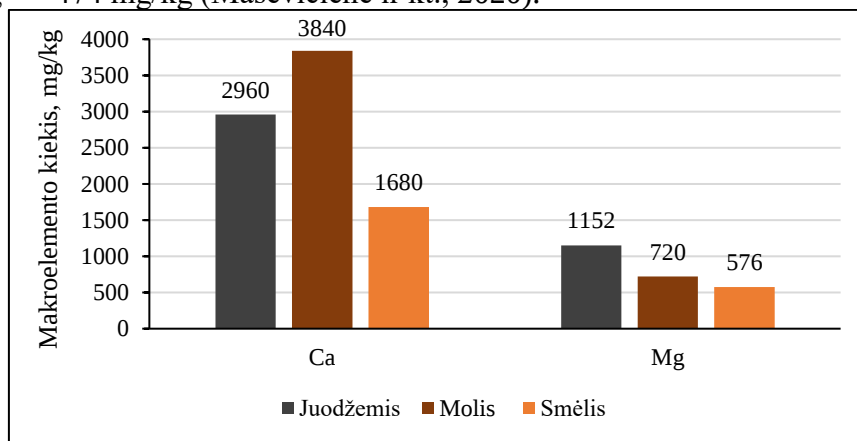
C_1 – EDTA tirpalo koncentracija, mg-ekv./l;

2 – EDTA ekvivalentinis skaičius.

V_1 – EDTA tirpalo, sunaudoto titravimui tūris, ml;

V_e – dirvožemio ištraukos, paruoštos analizei, tūris, ml;

Tyrimo rezultatai. Tyrimo metu nustatyti judriųjų kalcio ir magnio kiekiai juodžemio, molio ir smėlio dirvožemiuose. Juodžemyje, molyje ir smėlyje nustatyta atitinkamai 2 960, 3 840 ir 1 680 mg/kg judriųjų Ca^{2+} bei 1 152, 720 ir 576 mg/kg judriųjų Mg^{2+} (2 pav.). Literatūroje nurodoma, kad jei judriojo kalcio yra >1500 mg/kg (smėlio), >2500 mg/kg (lengvo priemolio), >4000 mg/kg (vidutinio sunkumo / sunkaus priemolio / molio) arba judriojo magnio yra >200 mg/kg (smėlio), >350 mg/kg (lengvo priemolio), >600 mg/kg (vidutinio sunkumo / sunkaus priemolio / molio), šių elementų kiekiai vertinami kaip labai dideli. Remiantis Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro (LAMMC) Agrocheminių tyrimų laboratorijos metinio monitoringo duomenimis, vidutinis judriojo Ca^{2+} kiekis Lietuvos dirvožemiuose siekia 2 618 mg/kg, o Mg^{2+} – 474 mg/kg (Masevičienė ir kt., 2020).



2 pav. Judriųjų kalcio ir magnio kiekis priklausomai nuo dirvožemio rūšies

Literatūroje teigiama, kad smėlingi dirvožemiai dėl savo grubios tekstūros paprastai savyje turi mažiau katijonų, nes lengvai praleidžia vandenį ir skatina mineralų išplovimą. Tuo tarpu molio dalelės pasižymi didesne katijonų mainų talpa, kurios leidžia sulaikyti teigiamai įkrautus jonus (Yost ir Hartemink, 2019). Tarpusavyje lyginant tyrimo rezultatus pastebimas literatūros šaltiniuose minimas dėsningumas – biresni dirvožemiai sulaiko mažesnę kiekį judriųjų kalcio ir

magnio jonų. Atitinkamai didžiausia šių makroelementų koncentracija rasta molyje, palyginus mažesnė, bet pakankamai didelė – juodžemyje, kuriame yra molio, priemolio ir priesmėlio, o smėlyje – mažiausia. Tai rodo, kad tai priklauso nuo dirvožemio dalelių savybių, įskaitant jų rūšį.

Manoma, kad tokie dideli judriųjų kalcio ir magnio kiekiai dirvožemio mėginiuose nustatyti dėl to, kad mėginiai buvo imti iš nekultyvuojamos žemės, t. y. joje nebuvo auginamos daržovės, kurių derliaus rinkimo bei auginimo periodiškumai būtų greičiau išnaudoję esamus judriųjų kalcio ir magnio rezervus. Dirvožemio ėminiai buvo imti draustinyje, kuriame judriųjų kalcio ir magnio kiekiai ilgaamžių augalų bei medžių pasisavinami mažesniais kiekiais, o humusinis sluoksnis nėra ariamas bei alinamas.

Nors per didelis judriųjų kalcio ir magnio jonų kiekis nėra reglamentuojamas ir nėra nurodyta, koks jų kiekis būtų žalingas augalams, tyrimo metu tirtų dirvožemių kalkinti nereikėtų. Kultivuojant augalus tokiuose dirvožemiuose, reikėtų vengti trąšų, turinčių kalcio ir magnio, o prireikus – naudoti organines trąšas, tokias kaip mėšlas ar durpės.

Išvados:

1. Laisvieji katijonai – tai katijonai, silpnai adsorbuoti ant kietų dirvožemio dalelių elektrostatinėmis jėgomis. Kadangi šie katijonai nėra tvirtai susieti cheminiais ryšiais, jie lengvai patenka į tirpalą vykstant jonų mainų reakcijomis. Šie judrieji katijonai yra pagrindiniai elementai, kuriuos augalai pasisavina kartu su vandeniu ir dėl savo tirpumo vandenyje yra lengvai išplaunami iš dirvožemio lietaus metu. Kalcis yra svarbus makroelementas, būtinas augalų struktūros formavimuisi ir fiziologiniams procesams. Magnis tiesiogiai dalyvauja fotosintezėje. Todėl abu šie elementai yra gyvybiškai svarbūs augalų mitybai bei vystymuisi.

2. Kompleksonometrinio metodu nustatyta, kad didžiausias judriųjų kalcio ir magnio jonų kiekis yra molyje, truputį mažesnis juodžemyje bei mažiausias – smėlinguose dirvožemiuose. Gauti rezultatai patvirtino dėsningumą, susijusį su dirvožemio struktūra: kuo dirvožemis biresnis, tuo mažiau jame judriųjų katijonų.

LITERATŪRA

Barbagallo, M., Veronese, N., Dominguez, L. J. (2021). *Magnesium in Aging, Health and Diseases*. *Nutrients*, 13(2), 463. <http://doi.org/10.3390/nu13020463>

Broadley, M. R., Bowen, H. C., Cotterill, H. L., Hammond, J. P., Meacham, M. C., Mead, A., & White, P. J. (2003). *Variation in the shoot calcium content of angiosperms*. *Journal of Experimental Botany*, 54(386), 1431-1446. <https://doi.org/10.1093/jxb/erg143>

Cakmak, I., & Kirkby, E. A. (2008). *Role of magnesium in carbon partitioning and alleviating photooxidative damage*. *Physiologia Plantarum*, 133(4), 692–704. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2007.01042.x>.

Cheng-Yuan W, Shi-Jie W, Li R, & Xu-Qiang L. (2011). *Calcium content characteristics and high calcium adaptation of common ferns in Maolan Karst, China*. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 35(10), 1061. <https://doi.org/10.5194/bg-15-2991-2018>

Endo, M. (2006). *Calcium ion as a second messenger with special reference to excitation-contraction coupling*. *Journal of pharmacological sciences*, 100(5), 519-524. <https://doi.org/10.1254/jphs.CPJ06004X>

Falade, J. A. (1973). *Interrelationships between potassium, calcium, and magnesium nutrition of Zea mays L.* *Annals of Botany*, 37(2), 345-353. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a084697>

Ge, L.L., Tian, H.Q., & Russell, S.D. (2007). *Calcium function and distribution during fertilization in angiosperms*. *American Journal of Botany*, 94(6), 1046-1060. <https://doi.org/10.3732/ajb.94.6.1046>

Gerendás, J., & Führs, H. (2013). *The significance of magnesium for crop quality*. *Plant Soil*, 368, 101-128. <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1555-2>

- Gransee, A., & Führs, H. (2013). *Magnesium mobility in soils as challenge for soil and plant analysis, magnesium fertilization*. Plant and Soil, 368(1-2), 5-21. <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1567-y>
- Grzebisz, W. (2013). *Crop response to magnesium fertilization as affected by nitrogen supply*. Plant Soil, 368, 23-39. <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1574-z>
- Jahnen-Dechent, W., & Ketteler, M. (2012). *Magnesium basics*. Clin Kidney J, 5(1), 3-14. <https://doi.org/10.1093/ndtplus/sfr163>
- Kim, J., & Vipulanandan, C. (2003). *Effect of pH, sulfate and sodium on the EDTA titration of calcium*. Cement and Concrete Research, 33(5), 621–627. [https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(02\)01043-8](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(02)01043-8)
- Marschner P. (2012). *Mineral nutrition of higher plants*. (3rd ed.). Elsevier academic press. <https://doi.org/10.1017/S001447971100130X>
- Masevičienė, A., Žičkienė, L., & Arbačiauskas, J. (2020). *Galutinė ataskaita: ilgamečiai dirvožemio agrocheminių savybių stebėjimo tyrimai*. Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centras. [zum_ataskaita_2020_12_31.pdf](https://doi.org/10.1017/S001447971100130X)
- McLaughlin, M. J., Bessey, C., Kendrick, G. A., Keesing, J., & Olsen, Y. S. (2023). *Production and accumulation of reef framework by calcifying corals and macroalgae on a remote Indian Ocean cay*. Biogeosciences, 20(5), 1011-1026. <https://doi.org/10.5194/bg-20-1011-2023>
- Moore, G., Dolling, P., Porter, B., & Leonard, L. (1998). Soil Acidity. In G. Moore (Ed.), *Soilguide. A handbook for understanding and managing agricultural soils* (pp. 127–140). Agriculture Western Australia: Perth, WA. <https://library.dpird.wa.gov.au/bulletins/2>
- Shacklette, H.T. (1965). *Bryophytes associated with mineral deposits and solutions in Alaska*. Geological Survey Bulletin, 1198-C, 1-18. U. S. Govt. Print. Off. <https://doi.org/10.3133/b1198C>
- Shaul, O. (2002). *Magnesium transport and function in plants: the tip of the iceberg*. BioMetals, 15(3), 309–323. <https://doi.org/10.1023/a:1016091118585>
- Shaul, O., Hilgemann, D. W., Almeida-Engler, J., Van Montagu, M., Inzé, D., Galili, G. (1999). *Cloning and characterization of a novel Mg²⁺/H⁺ exchanger*. The EMBO Journal, 67, 3456–3462.
- Sreedhara, A., Cowan, J. A. (2002). *Structural and catalytic roles for divalent magnesium in nucleic acid biochemistry*. BioMetals, 15(3), 211–223. <https://doi.org/10.1023/a:1016070614042>
- Sugimoto, T., Watanabe, K., Yoshida, S., Aino, M., Furiki, M., Shiono, M., Matoh, T., & Biggs, A.R. (2010). *Field application of calcium to reduce Phytophthora stem rot of soybean, and calcium distribution in plants*. Plant disease, 94(7), 812-819. <https://doi.org/10.1094/PDIS-94-7-0812>
- Thor, K. (2019). *Calcium—nutrient and messenger*. Frontiers in plant science, 10, (440). <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00440>
- Tucker, B. B., & Kurtz, L. T. (1961). *Calcium and Magnesium Determinations by EDTA Titrations*. Soil Science Society of America Journal, 25(1), 27-29. <https://doi.org/10.2136/sssaj1961.03615995002500010016x>
- Turgeon, R. (2010). *The role of phloem loading reconsidered*. Plant Physiology, 152(4), 1817–1823. <https://doi.org/10.1104/pp.110.153023>
- Yazaki, Y., Asukagawa, N., Ishikawa, Y., Ohta, E., Sakata, M. (1988). *Estimation of cytoplasmic free Mg²⁺ levels and phosphorylation potentials in mung bean root tips by in vivo ³¹P NMR spectroscopy*. Plant Cell Physiology, 29(6), 919-924. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.pcp.a077596>
- Yost, J. L., & Hartemink, A. E. (2019). *Soil organic carbon in sandy soils: A review*. Advances in agronomy, 158, 217-310. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2019.07.004>

Zhang, S., Pan, Y., Tian, W., Dong, M., Zhu, H., Luan, S., & Li, L. (2017). *Arabidopsis CNGC14 mediates calcium influx required for tip growth in root hairs*. Molecular Plant, 10(7), 1004-1006. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2017.02.007>

Determination of Mobile Calcium and Magnesium Contents in Different Soil Types by Complexometric Method

Summary. Exchangeable cations (cations loosely adsorbed to a solid surface due to electrostatic forces) are readily available in exchange reactions and are easily leached into solutions, therefore being the primary source of calcium and magnesium in plants. Calcium is a macroelement necessary in forming plant structural rigidity and many physiological processes. Calcium is required for pectin synthesis, and therefore cell wall formation while regulating its rigidity and permeability. Magnesium is a co-factor in many enzymatic reactions, such as ATP synthesis, and is necessary for photosynthesis. Therefore both of these macroelements are necessary for all lifeforms. Sandy soils tend to contain lesser concentrations of exchangeable cations due to their physical properties, as the rough texture results in greater leaching. On the contrary, clay particles have a greater cation exchange capacity, immobilising a greater amount of cations at once. Using the complexometric method, the greatest concentrations of exchangeable calcium and magnesium were found in clay, comparatively lesser, but still great amounts in black soil, and the least exchangeable calcium and magnesium available in sand. Nonetheless, according to officially calculated norms, most of the results were still within the highest range of allowed exchangeable cation concentration. These results support the correlation proposed in the analysed sources – the physical properties and type of soil will have an effect on resulting exchangeable cation concentrations (the more loose the soil is, the lesser the exchangeable cation capacity).

Keywords: *Calcium, magnesium, soil, complexometry.*

TANINŲ STABILUMO NUSTATYMAS SKRUDINTOSE PAPRASTOJO AŽUOLO (*QUERCUS ROBUR L.*) GILĖSE

Irena Čerčikienė, Jolanta Jurkevičiūtė, Margarita Frolova

Vilniaus kolegija, Agrotechnologijų fakultetas

Anotacija. Paprastojo ažuolo (*Quercus robur L.*) gilės vertinamos dėl jose esančių naudingų cheminių junginių, ypač taninų, fenolinių junginių ir krakmolo, taip pat jose aptinkama įvairių bioaktyvių medžiagų, kurių kiekis priklauso nuo rūšies, brandos ir augimo sąlygų. Taninai pasižymi antioksidacinėmis, priešuždegiminėmis bei antimikrobinėmis savybėmis. Jie skirstomi į kondensuotus ir hidrolizuojamus, kurių struktūrinės savybės lemia skirtingą stabilumą veikiant karščiui. Skrudinimo metu taninai gali skaidytis, oksiduotis ar polimerizuotis, susidarant naujiems junginiams. Hidrolizuojami taninai lengviau suyra šilumos poveikyje, o kondensuoti – yra atsparesni. Tinkamai parinkus skrudinimo temperatūrą galima išsaugoti didesnę taninų kiekį, tai svarbu gaminant funkcionaliojo maisto produktus: gėrimus ar kepinius su gilių miltais. Taninų koncentracija 140, 160, 180 ir 200 °C temperatūroje 30 min. skrudintose paprastojo ažuolo gilėse nustatyta permanganatometrijos metodu. Tyrimo rezultatai parodė, kad taninų koncentracijos pokytis 140 °C temperatūroje skrudintose gilėse nėra reikšmingas, tačiau padidinus temperatūrą iki 180 °C taninų koncentracija gilėse padidėjo 1,8 karto, galimai dėl pseudotanınų susidarymo vykstant polimerizacijos reakcijoms.

Raktiniai žodžiai: paprastojo ažuolo gilės, taninai, skrudinimas, permanganatometrija.

Įvadas. Ažuolas (*Quercus spp.*) – plačiai paplitęs kietmedžių genties augalas, kuriam priskiriama ~ 500 rūšių, paplitusių Europoje, Azijoje, Šiaurės Amerikoje ir kituose regionuose (Johnson et al., 2002). Lietuvoje natūraliai auga paprastasis ažuolas (*Quercus robur L.*), tačiau kai kur pasitaiko ir įvežtinės rūšys, pvz., raudonasis ažuolas (*Quercus rubra L.*). Ažuolo gilės, nors laikomos šalutiniu produktu, vis dažniau yra vertinamos dėl didelio taninų, fenolinių junginių ir krakmolo kiekio ir galimybės panaudoti maisto produktų gamybai. Taninų ir kitų bioaktyvių junginių koncentracija gilėse priklauso nuo ažuolo rūšies, brandos lygio bei augimo sąlygų (Łuczaj & Adamczak, 2014).

Gilių derlius renkamas rudenį, nuo rugsėjo iki lapkričio, kai jos pasiekia brandą ir pradeda kristi nuo medžių (Encyclopaedia Britannica, n.d.). Ažuolo gilių sausojoje masėje aptinkama: angliavandenių (nuo 60,0 iki 68,2 %), baltymų (nuo 2,1 iki 7,0 %), riebalų – nuo 0,8 iki 26,2 %, taninų (nuo 10 iki 20 %), skaidulinių medžiagų (nuo 13,1 iki 51,8 %), mineralinių medžiagų (2 – 4 %) ir bioaktyvių junginių (Rababah, et al., 2010).

Ažuolo gilėse esantys taninai yra svarbūs bioaktyvūs junginiai, kuriems būdingos stiprios antioksidacinės, priešuždegiminės ir antimikrobinės savybės. Šie junginiai lemia gilių sutraukiantį skonį, spalvą ir maistinę vertę, todėl jų stabilumas termiškai apdorojant, ypač skrudinant, yra svarbus tiek maisto technologijai, tiek funkcionaliojo maisto produktų kūrimui (Łuczaj & Adamczak, 2014). Taninai yra natūralūs polifenoliniai junginiai, turintys daug hidroksilo (– OH) grupių, kurios lemia gebėjimą sudaryti kompleksus su baltymais, polisacharidais, metalų jonais ir kitomis makromolekulėmis. Šių junginių randama augaluose, ypač žievėje, lapuose, vaisiuose ir sėklose. Taninai skirstomi į kondensuotus (proantocianidinai) – tai polimeriniai flavonoidai, kuriems būdingas stipresnis antioksidacinis poveikis, ir hidrolizuojamus – esteriai, sudaryti iš gliukozės ir galo ar elago rūgšties (Haslam, 1998). Hidrolizuojami taninai lengvai hidrolizuojasi, esant rūgštinei terpei ar veikiant fermentams, išskiriant fenolio rūgščiai (Canon, 2019). Kondensuoti taninai sudaryti iš flavan-3-olių (pvz., katechino, epikatechino) sujungtų anglis-anglis ryšiais (dažniausiai C4 – C8 arba C4 – C6). Polimerizacijos metu susidaro oligomerai arba didelės molekulinės masės polimerai. Jie yra atsparūs hidrolizei, todėl vadinami nehidrolizuojamais taninais (Khanbabaee, 2001).

Skrudinimo procesas, priklausomai nuo temperatūros ir trukmės, gali sukelti taninų skilimą, oksidaciją ar transformaciją į kitus junginius, pvz., melanoidinus – Maillardo reakcijos produktai, kurie turi įtakos produkto antioksidaciniam aktyvumui ir skoninėms savybėms. Tyrimais nustatyta, kad skrudinant ažuolo giles aukštesnėje nei 135 °C temperatūroje, sumažėja bendras fenolinių junginių kiekis, tačiau padidėja melanoidinų koncentracija (Łuczaj & Adamczak, 2014). Skrudinimo metu kai kurie polifenoliai gali oksiduotis ir polimerizuotis, susidarant naujiems taninams arba jų struktūriniais analogams. Šios reakcijos apima

kondensacijos procesus, kurių metu fenoliniai junginiai jungiasi ir sudaro taninus primenančias struktūras. Pavyzdžiui, flavonoidų vienetai, tokie kaip flavan-3-oliai, gali kondensuotis, sudarydami kondensuotus taninus (García, 2016).

Literatūroje nurodoma, kad vykstant terminiam apdorojimui susiformuoja pseudotaninai, kurie nėra natūralūs, susiformavę vykstant metabolizmo procesams augaluose, o susidarę tik technologinio proceso metu vykstant oksidacijos ar kondensacijos reakcijoms. Naujai susidarę junginiai, kaip ir natūralūs taninai, yra linkę sudaryti kompleksinius junginius su baltymais, pasižymi antioksidaciniu aktyvumu, būdingas sutraukiantis skonis. Funkciniu ir struktūriniu požiūriu šie junginiai panašūs į tikruosius taninus (Apak et al., 2016).

Vykstant polifenolinių junginių oksidacijai skrudinimo metu susidaro chinonų struktūros oksiduoti aromatiniai žiedai, kurie polimerizacijos metu gali jungtis tarpusavyje ir sudaryti didesnes molekules, kurios savo funkcijomis primena taninus (Apak et al., 2016).

Tyrimais nustatyta, kad skrudinimo metu taninų kiekis gali kisti priklausomai nuo taninų tipo ir temperatūros. Hidrolizuojami taninai, pvz., galotaninai ir elagotaninai yra mažiau stabilūs aukštoje temperatūroje ir gali hidrolizuotis į galo rūgštį ir pirogololį (Kim, 2011). Jų struktūroje esantys esteriniai ryšiai lengvai suyra šiluminio apdorojimo metu, ypač esant šarminei terpei. Tyrimai parodė, kad šie taninai pradeda skaidytis jau esant 70–100 °C temperatūrai, o jų stabilumas, didinant temperatūrą, mažėja (Sebestyén, 2019). Kondensuoti taninai (flavanoliai ir proantocianidiniai) yra atsparesni šilumai. Jie gali išlikti stabilūs net esant aukštesnei temperatūrai ir tam tikromis sąlygomis gali susidaryti iš kitų polifenolių vykstant polimerizacijos reakcijoms (Sebestyén, 2019).

Tyrimais nustatyta, kad esant vidutinei skrudinimo temperatūrai (~120–150 °C) kondensuoti taninai išlieka pakankamai stabilūs, o kai kurie polifenoliai gali polimerizuotis į taninams panašias struktūras. Esant aukštai temperatūrai (>180–200 °C) prasideda tiek hidrolizuojamų, tiek kondensuotų taninų skilimas ir bendras taninų kiekis sumažėja (Zhang, 2017).

Taninai, nors dažnai vertinami dėl teigiamų antioksidacinių ir antimikrobinių savybių, gali turėti ir neigiamą poveikį žmogaus sveikatai, ypač kai jų vartojama dideliais kiekiais arba nuolat. Jie gali sudaryti netirpius kompleksus su geležimi, cinku, kalciumu ir magniu, trukdydami jų absorbcijai žarnyne. Dideli taninų kiekiai gali dirginti virškinimo traktą, sukelti pykinimą, skrandžio skausmus ar vidurių užkietėjimą. Taninai geba slopinti baltymų pasisavinimą, sudarydami netirpius junginius su baltymais (Mungure et al., 2022). Vis dėlto saikingas taninų kiekis mityboje laikomas saugiu, o kai kuriais atvejais – netgi naudingas dėl jų priešmikrobinio, priešvėžinio ir širdį apsaugančio poveikio (Chung et al., 1998).

Taninų koncentracijos pokytis svarbus kuriant funkcionaliojo maisto produktus, pvz., alternatyvius kavos gėrimus ar užkandžius su gilių miltais.

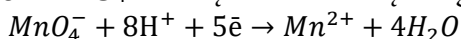
Tikslas. Įvertinti taninų stabilumą skirtingoje temperatūroje skrudintose paprastojo ažuolo gilėse.

Uždaviniai:

1. Atlikti informacijos šaltinių apie paprastojo ažuolo gilių cheminę sudėtį bei jų galimą poveikį žmogaus organizmui analizę;
2. Nustatyti taninų koncentraciją skirtingoje temperatūroje skrudintose paprastojo ažuolo gilėse permanganatometrijos metodu ir įvertinti jų stabilumą.

Tyrimo objektas. Paprastojo ažuolo gilės.

Tyrimo metodas. Bendrasis taninų kiekis nustatytas permanganatometrijos metodu, naudojant kalio permanganato KMnO_4 tirantą ir indikatorių indigokarminą:



Titravimo metu, vykstant oksidacijos-redukcijos reakcijai, taninai pirmiausia reaguoja su KMnO_4 , o kai jie sunaudojami, KMnO_4 pradeda oksiduoti indigokarminą – tuo momentu pasikeičia tirpalo spalva – ekvivalentiniame taške tirpalas tampa geltonai auksinis (Sadikov, 2025).

Mėginio paruošimas: paprastojo ažuolo gilės skrudintos 30 min. 140, 160, 180 ir 200 °C temperatūroje susmulkinamos rutuliniu malūnu (MM400, Retsch) iki 0,2–0,5 mm dydžio

dalelių ir analitinėmis svarstyklėmis (AB-S/FACT, MettlerToledo) pasveriami $2,5 \pm 0,001$ g mėginio, užpilama 100 ml 2 grynumo laipsnio dejonizuoto H_2O ir ekstrahuojama 60 min. 95 °C temperatūros vandens vonioje (WB/OB 7, Memmert). Ekstraktas filtruojamas ir 2 grynumo laipsnio dejonizuotu vandeniu praskiedžiamas 250 ml matavimo kolboje.

Tyrimo eiga. Į kūginę kolbą įpilama 25 ml praskiesto mėginio, 5 ml indikatoriaus indigokarmino ir titruojama kalio permanganato 0,02 mol/l $KMnO_4$ tirpalu nuolat maišant, kol tirpalo spalva iš mėlynos pasikeis į geltonai auksinę.

Bendrasis taninų kiekis (mg/100 g) apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\text{Taninų koncentracija (mg/g)} = \frac{V \cdot C \cdot M \cdot f \cdot D_1 \cdot D_2}{m}$$

čia V – titravimui sunaudotas kalio permanganato tirpalo tūris (ml);

C – kalio permanganato koncentracija (mol/l);

M – taninų molinė masė (galo rūgšties ekvivalentas 170,2 g/mol);

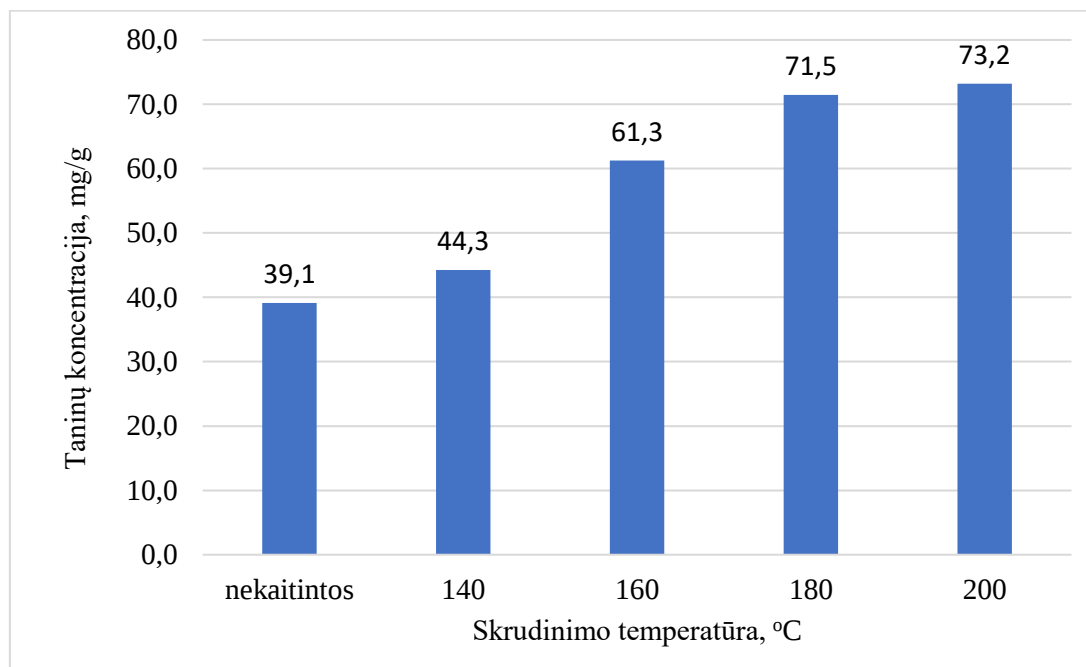
f – vidutinis stochiometrinis koeficientas (0,5);

D_1 – praskiedimo faktorius (2,5), 100 ml ekstrakto praskiesta iki 250 ml;

D_2 – korekcijos faktorius (10), analizei paimta 25 ml ekstrakto iš bendro tūrio;

m – mėginio masė, g.

Tyrimo rezultatai ir jų aptarimas. Bendras taninų kiekis nustatytas skirtingoje temperatūroje skrudintų paprastojo ąžuolo gilių ekstrakto permanganatometrijos metodu. Iš tyrimo duomenų matyti (1 pav.), kad esant žemai skrudinimo temperatūrai (iki 140 °C) taninų koncentracija paprastojo ąžuolo gilėse didėjo nežymiai nuo 39,1 iki 44,3 mg/g, lyginant su taninų koncentracija neskrudintose gilėse, todėl galima teigti, kad taninų skilimas ar oksidacija šiame etape nėra reikšminga. Tai galima paaiškinti šiluminio apdorojimo poveikiu, kuris palengvina taninų išsiskyrimą iš ląstelių (ląstelės sienelės suardomos) ir pagerina jų tirpumą ekstrakcijos metu (Gómez-Plaza, 2020).



1 pav. Taninų koncentracijos priklausomybė nuo skrudinimo temperatūros

Padidinus skrudinimo temperatūrą iki 160–180 °C paprasto ąžuolo gilėse stebimas žymus, net 1,8 karto (71,5 mg/g), taninų koncentracijos padidėjimas, lyginant su neskrudintomis gilėmis. Galima taninų koncentracijos pokyčio priežastimi yra polimerizacija, kai mažesnės molekulinės masės polifenoliniai junginiai jungiasi į taninams panašias struktūras

(pseudotanninus), gali vykti kondensuotų taninų susidarymas iš flavan-3-olių (katechino, epikatechino), kurie yra stabilesni aukštesnėje temperatūroje (Sebestyén, 2019). Taip pat mažiau stabilūs hidrolizuojami taninai iš dalies skyla ir naujai susidariusios polifenolinių junginių struktūros gali padidinti bendrą taninų kiekį.

Skrudinant paprasto ąžuolo giles 200 °C temperatūroje taninų koncentracija padidėjo nežymiai nuo 71,5 iki 73,2 mg/g, tačiau šis pokytis nėra reikšmingas. Galima teigti, kad kondensuoti taninai vis dar išlieka, o kai kurie jų susidaro iš kitų junginių vykstant polimerizacijos reakcijoms. Be to, kai kurie hidrolizuojami taninai gali būti jau suirę, tačiau naujai susiformavusių taninams analogiškų junginių kiekis kompensuoja šį praradimą (Tian et al., 2023; Li et al., 2023).

Išvados.

1. Paprastojo ąžuolo gilėse esantys natūralūs taninai yra bioaktyvūs junginiai, kurie pasižymi stipriomis antioksidacinėmis, priešuždegiminėmis ir antimikrobinėmis savybėmis, gali sumažinti širdies ir kraujagyslių ligų, tam tikrų vėžio formų išsivystymo riziką, todėl taninų terminis stabilumas yra itin reikšmingas funkcionaliojo maisto produktų kokybei ir kūrimui.

2. Taninų koncentracija skirtingoje temperatūroje skrudintose paprastojo ąžuolo gilėse nustatyta permanganometrijos metodu, esant žemai skrudinimo temperatūrai taninų koncentracijos pokytis nėra reikšmingas, tačiau padidinus temperatūrą iki 180 °C taninų koncentracija dėl pseudotanninų susidarymo vykstant polimerizacijos reakcijoms paprastojo ąžuolo gilėse padidėjo 1,8 karto.

LITERATŪRA

Apak, R., Özyürek, M., Güçlü, K., & Çapanoğlu, E. (2016). Antioxidant activity/capacity measurement. 2. Hydrogen atom transfer (HAT)-based, mixed-mode (electron transfer (ET)/HAT), and lipid peroxidation assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(5), 1028–1045. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b04762>

Canon, F. (2019). The differentiation between condensed and hydrolyzable tannins with respect to their structure and properties. *Food Chemistry*, 274, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.103>

Chung, K. T., Wong, T. Y., Wei, C. I., Huang, Y. W., & Lin, Y. (1998). Tannins and human health: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 38(6), 421–464. <https://doi.org/10.1080/10408699891274273>

Encyclopaedia Britannica. (2025, March 15). *Acorn*. Retrieved May 7, 2025, from <https://www.britannica.com/science/acorn-nut>

García, D. E., Glasser, W. G., Pizzi, A., Paczkowski, S. P., & Laborie, M.-P. (2016). Modification of condensed tannins: From polyphenol chemistry to materials engineering. *New Journal of Chemistry*, 40(1), 36–49. <https://doi.org/10.1039/C5NJ02131F>

Gómez-Plaza, E., & Bautista-Ortín, A. B. (2020). The Role of Soluble Polysaccharides in Tannin-Cell Wall Interactions. *Foods*, 9(1), 1–15. <https://doi.org/10.3390/foods9010015>

Haslam, E. (1998). *Practical polyphenolics: From structure to molecular recognition and physiological action*. Cambridge University Press.

Huang, W. Y., et al. (2019). Stability of principal hydrolysable tannins from *Trapa taiwanensis* hulls. *Molecules*, 24(2), 365. <https://doi.org/10.3390/molecules24020365>

Johnson, P. S., Shifley, S. R., & Rogers, R. (2002). *The ecology and silviculture of oaks* (2nd ed.). CABI Publishing.

Khanbabaee, K., & van Ree, T. (2001). Tannins: Classification and definition. *Natural Product Reports*, 18(6), 641–649. <https://doi.org/10.1039/b101061l>

Kim, S., Silva, J. L., & Yung, J. (2011). Enhanced functional properties of tannic acid after thermal hydrolysis. *Food Chemistry*, 126(3), 1161–1165. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.149>

- Li, W., Ma, H., Xu, X., Li, G., Wang, X., & Zhang, W. (2023). Bioavailability and metabolism of hydrolyzable tannins and their implications for human health. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(10), 8754. <https://doi.org/10.3390/ijms24108754>
- Łuczaj, Ł., & Adamczak, A. (2014). Tannin content in acorns (*Quercus* spp.) from Poland. *Dendrobiology*, 72, 103–111. <https://doi.org/10.12657/denbio.072.009>
- Mungure, T. E., Misihairabgwi, J. M., & Ezekiel, C. N. (2022). Tannins in foods: Nutritional implications and processing effects. *Heliyon*, 8(7), e09900. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09900>
- Pereira, J. A., Oliveira, I., Sousa, A., Ferreira, I. C. F. R., Bento, A., & Estevinho, L. (2006). Phenolic compounds and fatty acids from acorns (*Quercus* spp.), the main dietary constituent of free-ranged Iberian pigs. *Food Chemistry*, 98(1), 112–119. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.05.077>
- Rababah, T., Ereifej, K., Al-Mahasneh, M., Alhamad, M., Alrababah, M., & Al-u'datt, M. (2008). The physicochemical composition of acorns for two Mediterranean *Quercus* species. *Food Chemistry*, 107(1), 193–197. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.022>
- Sadikov, A. (2025). Determination of Tannins in Oak Bark, Pomegranate Peel, Grape Seeds, and Their Dry Extracts. *Pharmaceutical Chemistry Journal*. <https://doi.org/10.1007/s11094-025-03331-1>
- Sebestyén, Z., Jakab, E., Badea, E., Barta-Rajnai, E., Şendrea, C., & Czégény, Zs. (2019). Thermal degradation study of vegetable tannins and vegetable tanned leathers. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 141, 104631. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2018.12.022>
- Tian, L., Zhang, Y., Wang, Y., Li, X., & Liu, Y. (2023). New hydrolyzable tannin with potent antioxidant and α -glucosidase inhibitory activities from *Camellia taliensis*. *Molecules*, 28(14), 5610. <https://doi.org/10.3390/molecules28145610>
- Vinha, A. F., Barreira, S. V. P., Costa, A. S. G., Alves, R. C., Oliveira, M. B. P. P., & Ferreira, I. C. F. R. (2020). A comprehensive review of phytochemistry and biological activities of *Quercus* species. *Forests*, 11(9), 904. <https://doi.org/10.3390/f11090904>
- Zhang, L. L., & Lin, Y. M. (2017). Characterization and acid-catalysed depolymerization of condensed tannins derived from larch bark. *RSC Advances*, 7(34), 21041–21049. <https://doi.org/10.1039/C7RA03410E>

THERMAL STABILITY OF TANNINS DURING THE ROASTING PROCESS OF COMMON OAK (*QUERCUS ROBUR*) ACORNS

Summary. Acorns of common oak (*Quercus robur* L.) are valued for their presence in useful chemical compounds, especially tannins, phenolic compounds and starch, as well as the presence of various bioactive substances, the amount of which depends on species, maturity and growing conditions. Tannins have antioxidant, anti-inflammatory and antimicrobial properties. They are divided into condensed and hydrolyzed, whose structural properties lead to different stability under the influence of heat. During roasting, tannins can decompose, oxidize, or polymerize, forming new compounds. Hydrolyzed tannins decompose more easily under the influence of heat, while condensed tannins are more resistant. With the right selection of the roasting temperature, a higher amount of tannins can be preserved, which is important for the production of functional foods: beverages or baked goods enriched with acorn flour. The concentration of tannins at 140, 160, 180 and 200 °C in roasted acorns of common oak for 30 minutes was determined by permanganatometry. The results of the study showed that the change in the concentration of tannins in acorns roasted at 140 °C was not significant, but that the increase in the temperature to 180 °C increased the concentration of tannins in acorns by 1.8 times, possibly due to the formation of pseudotannins during polymerisation reactions.

Keywords: *Acorns of Quercus robur, tannins, roasting, permanganatometry.*

NITRATŲ KIEKIO NUSTATYMAS SKIRTINGŲ VEISLIŲ KOPŪSTUOSE (*BRASSICACEAE BRASSICA OLERACEA L.*) POTENCIOMETRINIU METODU

Jolanta Jurkevičiūtė, Nedas Jonas Čekys

Vilniaus kolegija, Agrotechnologijų fakultetas

Anotacija. Kopūstai yra bastutinių (*Brassicaceae L.*) šeimos augalai, priskiriami *Brassica* genčiai ir *Brassica oleracea* rūšiai. Nors *Brassica oleracea* kopūstų rūšiai priskiriama apie 12 botaninių veislių, dažniausiai auginamos ir plačiausiai vartojamos yra šios: gūžiniai kopūstai (baltagūžiai ir raudongūžiai), savojiniai, lapiniai kopūstai, kaliaropės, žiediniai kopūstai, brokoliai bei Briuselio kopūstai (The Editors of Encyclopaedia Britannica, 2025). Kopūstai mažai kalorijų turinti vertinga daržovė. Nors jų cheminė sudėtis gali skirtis priklausomai nuo veislės ir auginimo sąlygų, maistinės savybės, mineralinių medžiagų ir vitaminų kiekis išlieka panašūs. Kopūstai linkę kaupti nitratus, ypač kai auginami naudojant per didelį kiekį azoto turinčių trąšų arba esant nepalankioms aplinkos sąlygoms. Šiuo tyrimu buvo siekiama nustatyti ir palyginti nitratų kiekį skirtingų veislių kopūstuose, įsigytuose iš trijų skirtingų prekybos tinklų. Potenciometrinio metodu, naudojant nitratų jonams atrankų elektrodą, nustatyta, kad daugiausia nitratų sukaupė Briuselio kopūstai – jų koncentracija daugiau nei septynis kartus viršijo Europos maisto saugos tarnybos (EFSA) nustatytą vidutinę reikšmę. Mažiausiai nitratų rasta žiediniuose kopūstuose, tačiau ir ši koncentracija viršijo nustatytą vidurkį apie du kartus. Nustatyti nitratų koncentracijos skirtumai rodo, kad jų kaupimąsi lemia ne tik veislė, bet ir auginimo bei tręšimo sąlygos, taip pat ir sezoniskumas.

Raktiniai žodžiai: kopūstai, nitratai, potenciometrinis metodas.

Išvadas. Kopūstai – viena iš seniausiai auginamų ir svarbiausių daržovių pasaulyje, priklauso bastutinių (*Brassicaceae L.*) šeimai, *Brassica* genčiai ir *Brassica oleracea* rūšiai. Kopūstai vertinami dėl savo mažo kaloringumo, gausaus skaidulinių medžiagų, vitaminų (ypač vitamino C, K ir B grupės) ir mineralų kiekio. Be to, šie augalai pasižymi antioksidacinėmis savybėmis bei turi sveikatai naudingų fitocheminių junginių, pvz., gliukozinolatų, kuriems būdingas priešvėžinis poveikis (Fahey, et al., 2001). Šviežiuose kopūstuose (100 g) vidutiniškai yra apie: 90 g vandens, 1,3 g baltymų, 4,2 g angliavandenių, 1 g skaidulinių medžiagų, 36,6 mg vitamino C, 76 µg vitamino K, 0,07 mg vitamino B₁, 0,13 mg vitamino B₆ ir 0,6 mg vitamino PP, 174 mg polifenolinių junginių (U.S. Department of Agriculture (n.d.), FoodData Central).

Nors kopūstai vertinami dėl maistinės sudėties ir sveikatai palankių bioaktyviųjų medžiagų, juose gali kauptis ir nepageidaujami junginiai, pvz., nitratai. Nitratai (NO₃⁻) – tai cheminiai junginiai, kurie dirvožemyje atsiranda natūraliai, tačiau jų kiekis gali ženkliai padidėti dėl žmogaus ūkinės veiklos. Nitratų atsiradimo šaltiniai ir procesai dirvožemyje yra šie: organinių medžiagų skaidymas (mineralizacija), nitrifikacija, trąšų naudojimas ir atmosferos krituliai bei tarša iš pramonės objektų. Nitratai yra labai svarbūs augalams, nes tai pagrindinis azoto šaltinis. Azotas reikalingas augalų augimui ir baltymų gamybai. Nitratų randama daugelyje daržovių, o kai kurios iš jų, pvz., špinatai, salotos, lapiniai kopūstai yra linkę sukaupti didelius jų kiekius (Ekart, et al., 2013).

Nitratų kiekis žaliuose daržovėse yra reikšmingas maisto saugos rodiklis, galintis turėti įtakos vartotojų sveikatai. Skirtingu metų laiku auginamos daržovės sukaupia skirtingą nitratų kiekį. Rudenį daugelyje daržovių, pvz., špinatuose ir salotose, pastebima didesnė nitratų koncentracija, lyginant su užaugintomis pavasarį. Kopūstuose nitratų koncentracija gali siekti net iki 4000 mg/kg. Atsižvelgiant į didėjančią žalumynų vartojimą, ypač išsivysčiusiose šalyse, būtina užtikrinti, kad jų sudėtyje esantys nitratai neviršytų saugių normų. Nitratų kiekį daržovėse reglamentuoja Europos Sąjungos Komisijos Reglamentas (ES) 2023/915. Sezoniniai nitratų kiekio svyravimai rodo, kad būtina reguliariai nustatyti jų koncentraciją skirtingose daržovėse. Tai leidžia užtikrinti saugių maisto produktų tiekimą vartotojams (Čuić, et al., 2017).

Nitratai skirtingose kopūstų dalyse yra pasiskirstę netolygiai: daugiausiai nitratų sukaupia gūžinių kopūstų išoriniai ir apatiniai lapai (prie šaknų) – esantys arčiausiai azoto šaltinio (dirvožemio), mažiausiai nitratų būna gūžės viduje. Tyrimais nustatyta, kad išoriniuose lapuose nitratų gali būti sukaupta nuo 800 iki 2500 mg/kg, šerdyje nuo 400 iki 1200 mg/kg, o vidiniuose lapuose nuo 100 iki 500 mg/kg, priklausomai nuo naudojamų trąšų kiekio ir kopūstų veislės (Gonnella, et al., 2004). Žiediniuose kopūstuose nitratų kiekis taip pat nėra pasiskirstęs tolygiai. Daugiausiai nitratų sukaupia lapkočiai ir gyslos, daug mažesnis jų kiekis būna žiedyne

(Santamaria, 2006). Brokoliai linkę mažiau kaupti nitratus nei gūžiniai kopūstai. Stiebuose ir šoniniuose lapuose jų kiekis būna daug didesnis nei žiedyne. Žiedyno valgomoje dalyje nitratų kiekis vidutiniškai būna nuo 100 iki 500 mg/kg (European Food Safety Authority, 2008). Briuselio kopūstai daugiausiai nitratų sukaupia išoriniuose lapuose, todėl prieš vartojimą juos rekomenduojama pašalinti. Šerdyje taip pat būna sukaupta nemažai nitratų. Vidutiniškai išoriniuose lapuose nitratų būna nuo 600 iki 1500 mg/kg, o gūžėse nuo 100 iki 400 mg/kg (Santamaria, 2006).

Nitratai žmogaus organizmui, sveikatai gali daryti tiek teigiamą, tiek neigiamą poveikį, priklausomai nuo jų kiekio ir individualių organizmo savybių. Nitratai, patekę į organizmą, gali pavirsti į azoto oksidą (NO), kuris plečia kraujagysles, gerina kraujotaką ir tiekia deguonį audiniams, mažina kraujospūdį, užtikrina tinkamą širdies ir kraujagyslių sistemos veiklą. Tačiau per didelis nitratų kiekio suvartojimas gali sukelti methemoglobinemiją, ypač kūdikiams, nes šie junginiai slopina hemoglobino gebėjimą pernešti deguonį, dėl to audiniuose gali pasireikšti deguonies trūkumas, kadangi kūdikių virškinimo sistema dar nėra pakankamai išsivysčiusi. Ilgalaikis nitratų poveikis taip pat gali sukelti skydliaukės funkcijos sutrikimus. Nitratai virškinamajame trakte (burnoje ir skrandyje) esant rūgštinei terpei ir veikiant bakterijoms paverčiami į nitritus, kurie reaguodami su antriniais aminais arba amidais gali sudaryti nitrozaminus – junginius, siejamus su padidėjusia rizika susirgti tam tikromis vėžio formomis. Nors nėra nustatyto žmogui „leistino“ nitratų kiekio, svarbu kontroliuoti jų suvartojimą su maistu ir vandeniu, kad būtų išvengta galimo neigiamo poveikio sveikatai (World Health Organization, 2016).

Tyrimo tikslas. Įvertinti nitratų koncentraciją skirtingų veislių kopūstuose (*Brassicaceae Brassica oleracea L.*).

Uždaviniai:

1. Išanalizuoti literatūros šaltinius apie kopūstų cheminę sudėtį, nitratų pasiskirstymą juose bei jų poveikį žmogaus sveikatai;
2. Potenciometrinio metodu nustatyti ir palyginti skirtingų kopūstų veislių, parduodamų prekybos tinkluose, nitratų koncentraciją.

Tyrimo objektas. Brokoliai, baltagūžiai, raudongūžiai, briuselio ir žiediniai kopūstai.

Tyrimo metodika. Nitratų koncentracija kopūstų ekstraktuose nustatyta potenciometrinio metodu nitratų jonams atrankiu elektrodu. Šio metodo esmė – elektrodo potencialo pokyčio matavimas, kuris priklauso nuo jonų aktyvumo tirpale ir leidžia tiksliai įvertinti jų koncentraciją tiriamajame mėginyje.

Mėginio paruošimas: kopūstai susmulkinami ir homogenizuojami, svarstyklėmis (PCB, Kern) pasveriami ~10 g mėginio, įpilama 100 ml dejonizuoto H₂O ir ekstrahuojama 1 val. maišant laboratorinėje purtyklėje (SHO-2D WiseShake, witeg Labortechnik GmbH) 200 aps. / min. greičiu. Ekstraktai (1 pav.) filtruojami per popierinį filtrą (porų dydis 3–5 µm).



1 pav. Kopūstų mėginiai po ekstrahavimo

Nitratų kiekio nustatymas: į plastikinį mėginio indelį įpilama po 60 ml paruoštų kopūstų ekstraktų, į kiekvieną mėginį įpilama po 6 ml joninės jėgos palaikymo tirpalo ir jonų matuokliu

(Orion VersaStar Pro, Thermo Fisher Scientific) išmatuojama nitratų koncentracija (mg/l). Nitratų koncentracija (mg/kg) apskaičiuojama pagal formulę:

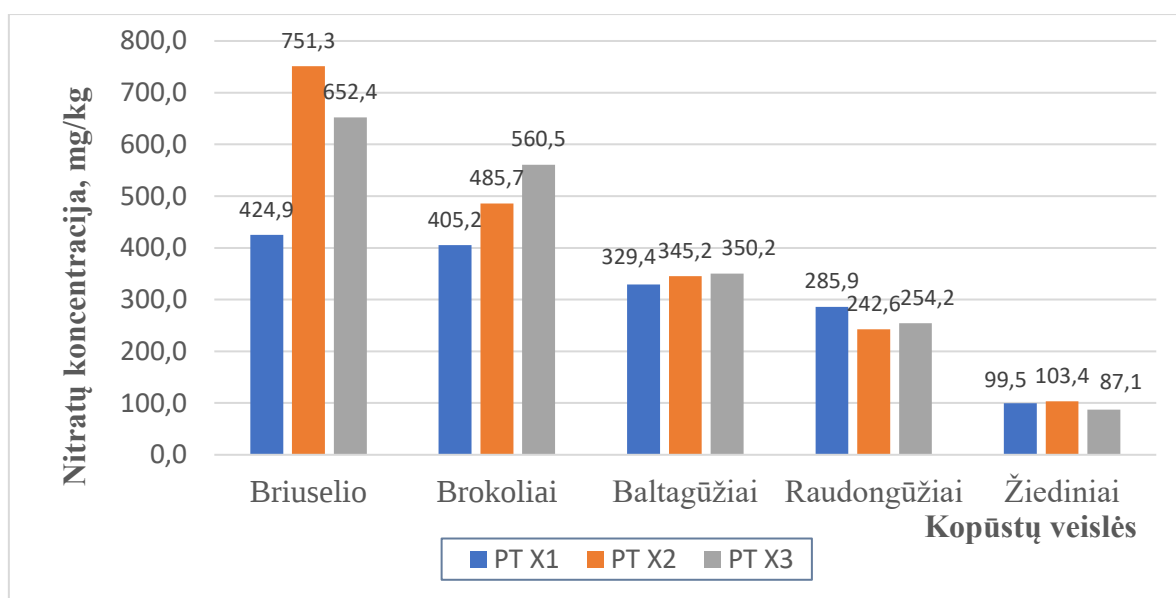
$$C = \frac{(c \cdot 0,1)}{m}, \text{mg/kg}$$

c – išmatuota nitratų koncentracija mėginyje (mg/l);

m – mėginio masė (kg);

0,1 – ekstrahento tūris (l).

Tyrimo rezultatai. Šio tyrimo metu buvo nustatyta nitratų koncentracija penkių veislių kopūstuose, išigytuose iš trijų skirtingų prekybos tinklų (PT X1, PT X2 ir PT X3). Tyrimo trukmė – trys savaitės, daržovių buvo išigyjama kas savaitę. Kiekvienas mėginys buvo tiriamas tris kartus, rezultatai apskaičiuoti kaip aritmetinis matavimų vidurkis. Iš tyrimo rezultatų, pateiktų 2 pav., matyti, kad skirtingų veislių kopūstuose nustatyta skirtinga nitratų koncentracija.



2 pav. Nitratų koncentracija skirtingų veislių kopūstuose, n=3

Didžiausia nitratų koncentracija nustatyta Bruselio kopūstuose, ji siekė nuo 424,9 iki 751,3 mg/kg, tyrimo rezultatas nuo 4 iki 7,5 karto didesnis nei nurodoma literatūroje. Europos maisto saugos tarnybos (EFSA) duomenimis Bruselio kopūstuose įprastai nustatoma ~ 100 mg/kg nitratų (EFSA, 2008). Nitratų kiekis kopūstuose, kaip ir kitose daržovėse, kinta priklausomai nuo auginimo sąlygų, tręšimo intensyvumo ir metų laiko. Tikėtina, kad pakankamai daug nitratų Bruselio kopūstai sukaupė dėl tręšimo intensyvumo.

Brokoliuose, išigytuose skirtinguose prekybos tinkluose, nustatyta nitratų koncentracija taip pat pakankamai didelė, lyginant su baltagūžiais, raudongūžiais ir žiediniais kopūstais – svyruoja nuo 405,2 iki 560,5 mg/kg. Remiantis Lenkijoje atliktais tyrimais, lyginant brokolius, baltagūžius ir raudongūžius kopūstus, nustatyta, kad brokoliai labiau linkę kaupti nitratus (Czech, A., & Rusinek, 2013).

Skirtinguose prekybos tinkluose išigytuose baltagūžiuose kopūstuose nitratų koncentracija reikšmingai neišsiskyrė. Remiantis EFSA pateiktais tyrimo duomenimis, baltagūžiuose kopūstuose nitratų koncentracijos vidurkis yra ~ 311 mg/kg, o raudongūžiuose ~ 281 mg/kg (EFSA, 2008). Tyrimo duomenys rodo, kad tiek baltagūžiai, tiek raudongūžiai kopūstai yra priskiriami prie vidutiniškai nitratus kaupiančių daržovių, lyginant juos su kitomis daržovėmis, pvz., špinatais ar salotomis. Skirtinguose prekybos tinkluose išigytuose raudongūžiuose kopūstuose, nitratų koncentracija svyruoja nuo 242,6 iki 285,9 mg/kg, o baltagūžių – nuo 329,4

iki 350,2 mg/kg. Iš tyrimo duomenų matyti, kad nitratų koncentracija labai artima EFSA nurodytoms vidutinėms vertėms.

Mažiausia nitratų koncentracija nustatyta tirtuose žiediniuose kopūstuose, kuri svyravo nuo 87,1 iki 103,4 mg/kg, tačiau ji yra ~2,2 karto didesnė už vidutinę vertę, kuri, Europos maisto saugos tarnybos duomenimis, įprastai siekia apie 44 mg/kg (EFSA, 2008).

Išvados:

1. Kopūstai yra nekaloringos ir naudingos daržovės, turinčios daug biologiškai aktyvių junginių, vitaminų, mineralinių ir skaidulinių medžiagų, tačiau gali kaupti reikšmingą kiekį nitratų, kurių pasiskirstymas priklauso nuo augalo dalies, veislės, auginimo sąlygų ir metų laiko. Daugiausia nitratų randama išoriniuose kopūstų lapuose ir stiebuose, o mažiausiai – valgomojoje dalyje. Nors nitratai žmogaus organizmui gali būti naudingi, tačiau jų perteklius gali sukelti rimtų sveikatos sutrikimų, todėl būtina nuolat stebėti jų kiekį maisto produktuose ir užtikrinti, kad jie neviršytų leistinų saugių normų.

2. Ištyrus nitritų koncentraciją skirtingų veislių kopūstuose nustatyta, kad daugiausiai nitratų sukaupė Briuselio kopūstai – jų koncentracija daugiau nei 7 kartus viršijo EFSA nurodytą vidutinę reikšmę. Brokoliuose taip pat nustatyta didesnė nitratų koncentracija nei nurodoma literatūroje. Baltagūžių ir raudongūžių kopūstų mėginiuose nustatytas nitratų kiekis buvo artimas EFSA pateiktoms vidutinėms vertėms. Mažiausia nitratų koncentracija nustatyta žiediniuose kopūstuose, tačiau ir ji viršijo EFSA nurodytą vidurkį ~2,2 karto. Nitratų kaupimąsi kopūstuose lemia ne tik veislė, bet ir auginimo sąlygos, sezoniškumas bei tręšimo intensyvumas.

LITERATŪRA

- Ćuić, A. M., Bevarti, M., Bošković, A. G., Bošnjir, J., Brkić, D., Krivohlavek, A., Lasić, D., Miloš, S., Racz, A., & Trstenjak, N. U. (2017). Nitrate in leafy green vegetables and estimated intake. *Environmental Health*, 16(1), Article 23. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5412236/>.
- Czech, A., & Rusinek, E. (2013). Contents of heavy metals, nitrates, and nitrites in cabbage. *Polish Journal of Environmental Studies*, 22(5), 1449–1454.
- Ekart, K., Gorenjak, A. H., Madorran, E., Lapajne, S., & Langerholc, T. (2013). Study on influence of food processing on nitrate levels in vegetables. EFSA Supporting Publications, 10(4), EN-514. <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2013.EN-514>.
- European Food Safety Authority. (2008). Nitrate in vegetables – Scientific opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. *EFSA Journal*, 689, 1–79. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2008.689>.
- Fahey, J. W., Zalcmann, A. T., & Talalay, P. (2001). The chemical diversity and distribution of glucosinolates and isothiocyanates among plants. *Phytochemistry*, 56(1), 5–51. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)00316-2](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)00316-2).
- Gonnella, M., Serio, F., Conversa, G., & Santamaria, P. (2004). Accumulation and reduction of nitrate in vegetables. *LWT - Food Science and Technology*, 38(4), 495–501. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.01.002>.
- Leja, M., Kamińska, I., & Kołton, A. (n.d.). Phenolic compounds as the major antioxidants in red cabbage. U.S. Department of Agriculture FoodData Central. <https://fdc.nal.usda.gov/>.
- Santamaria, P. (2006). Nitrate in vegetables: Toxicity, content, intake and EC regulation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(1), 10–17. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2351>.
- U.S. Department of Agriculture. (n.d.). FoodData Central. <https://fdc.nal.usda.gov/>.
- World Health Organization. (2003). Nitrates in vegetables: WHO guidelines. World Health Organization. <https://www.who.int>.

DETERMINATION OF NITRATE CONTENT IN DIFFERENT VARIETIES OF CABBAGE (*Brassicaceae Brassica oleracea* L.) USING THE POTENTIOMETRIC METHOD

Summary. Cabbages are plants of the *Brassicaceae* family, classified under the genus *Brassica* and the species *Brassica oleracea*. Although approximately 12 botanical varieties are attributed to the *Brassica oleracea* species, the most cultivated and widely consumed are the following: head cabbages (white and red), Savoy cabbages, leafy cabbages, kohlrabies, cauliflowers, broccoli, and Brussels sprouts (The Editors of Encyclopaedia Britannica, 2025). Cabbage is a valuable vegetable, low in calories, and its chemical composition depends on the variety and growing conditions. However, its nutritional properties, as well as the amount of minerals and vitamins, are generally similar. Cabbages tend to accumulate nitrates, especially when grown with excessive use of nitrogen-containing fertilizers or under unfavorable environmental conditions. This study aimed to determine and compare the nitrate content in different cabbage varieties purchased from three retail chains. Using the potentiometric method with a nitrate ion-selective electrode, it was determined that Brussels sprouts accumulated the highest number of nitrates—their concentration exceeded the EFSA average value by more than seven times. The lowest nitrate levels were found in cauliflower, although this value also exceeded the average. The identified differences in nitrate concentrations indicate that accumulation is influenced not only by variety but also by cultivation and fertilization conditions, as well as by seasonality.

Keywords: *cabbage, nitrates, potentiometric method.*

NON-REFINED OLIVE OIL TRACEABILITY

Stavros Valsamidis¹, Ioannis Paliokas²

¹*Democritus University of Thrace, Department of Accounting and Finance, Campus of Kavala, 65404 Kavala Greece, svalsam@af.duth.gr*

²*Democritus University of Thrace, Department of Accounting and Finance, Campus of Kavala, 65404 Kavala Greece, ipaliokas@af.duth.gr*

Abstract. This study proposes a methodology for the monitoring of olive oil production (OLEA management system). NFC technology is used as part of OLEA system capability for olive oil traceability. OLEA system uses sensors for the procurement of quantitative and qualitative olive oil characteristics at the extraction industrial process. Apart from on-site monitoring services, the system is also equipped with virgin oil management services. It uses an OLEA system controller that interconnects with sensors on oil mills, for the procurement of quantitative and qualitative olive oil characteristics, during the industrial extraction process. Furthermore, a case study of the OLEA system used for olive oil quality monitoring and traceability purposes is presented. The paper technical characteristics of the system as well as the structure of its integrated database will positively affect olive oil industry product marketing and exports.

Keywords: Olive oil, traceability, NFC technology, web applications, IoT applications, data mining algorithms.

Introduction. Olive oil, the fat obtained from a traditional tree crop of the Mediterranean Basin, is produced by grinding whole olives and extracting oil via mechanical or chemical processes (González et al., 2018). Due to its unique aroma, taste and high nutritional value, olive oil is extensively used in cooking, cosmetics, pharmaceuticals, and soaps that have been extensively consumed and traded throughout the world (Mu et al., 2014; Houmani et al., 2024). Moreover, olive oil could help to prevent a number of pathologies (Owen et al., 2004). However, olive oil adulteration is quite a complex issue that has been studied by various academic/industrial circles and governmental authorities across the world (Ou et al., 2015).

Olive oil is characterized by its high quality, health benefits, and high price compared to other edible oils, which results in a permanent problem of adulteration (Aparicio and García-González, 2013).

The physical, chemical and organoleptic characteristics of olive oil are regulated by different standards depending on where they are traded: the most important standards are specified by the European Union (Reg. EEC 2568/91), the International Olive Council and the Codex Alimentarius. These standards define the methods for quality evaluation of olive oils, applied by the official controllers to some samples of the olive oil at the end of production (Conte et al., 2020).

Virgin olive oil is obtained only from the fruit of the olive tree by mechanical or other physical means under conditions that do not lead to alteration of the oil. Virgin olive oil is divided in four types: extra-virgin olive oil (EVOO), virgin olive oil, ordinary virgin olive oil and lampante virgin olive oil (Aparicio-Ruiz et al., 2022). EVOO represents a key ingredient of the Mediterranean diet with a significant role for international food commerce of many countries (Muzzalupo et al., 2015).

The growing demand for extra virgin olive oil (EVOO) has led to various fraudulent practices to maximize profits, including dilution with lower value edible oils (Lozano-Castellón et al., 2022). The increasing consumer interest in high-quality EVOO has led to the development of robust scientific methods for its traceability.

In that context, the purpose of olive oil authentication is oriented not solely to the detection of possible adulteration but to the genuineness certification of the product with regard to different authenticity issues, such as geographical origin, extraction system, and olive cultivar variety. Different geographical zones (Italy, Spain, Greece, and other countries from the Mediterranean basin) are considered in the chemical description of their olive oils (Aparicio and García-González, 2013).

One of the main problems in the agri-food sector is to define tools useful to determine the origin of products and raw materials in order to ensure their traceability (Galtier et al., 2007).

Traceability can be defined as the ability to follow the movement of a product in each phase, from production, processing and distribution, monitoring the history, origin of materials and parts and processing until its distribution (Violino et al., 2019). Product traceability refers to the ability to monitor a product through all the stages of the production chain from its origin to the final destination. This process allows the product to be registered and identified, thereby guaranteeing its quality and protecting the consumer (Melucci et al., 2016).

Food traceability is a fundamental requirement for the agriculture of the future. A food traceability system should ensure food safety and quality control, allow authentication, fraud prevention and control by the authority, improve consumers' safety and confidence (Conti, 2022).

The aim of this paper is to present a methodology for the electronic traceability of non-refined olive oil by using NFC technology. The methodology has been implemented in a specific area of West Greece. The study proposes a traceability system using existing low-cost digital technologies with the possibility to be integrated into a database for public authority controls. Smartphone applications allow a bidirectional between the farmer and the system.

Background and Related Work. Olive oil authentication has attracted ever-increasing attention in the last several years. The extra virgin olive oil (EVOO), considered to be the highest quality olive oil, is much appreciated for its organoleptic and nutritional properties. Moreover, its consumption has been gaining popularity beyond the Mediterranean area, where it is the main dietary source of fat (De Santis et al., 2019; Flori et al., 2019). Although all EVOO is produced following the same basic procedure, its composition and sensory properties vary depending on factors such as the olive variety and ripeness, environmental conditions and the technological methods used in processing, and the storage conditions (Lopez-Yerena et al., 2020, 2021; Polari et al., 2018). Even though the olive oil sector is highly regulated by the European Union (EU) by Reg. EEC 2568/91 as amended (European Union, 2013), and the International Olive Council (IOC), which also establishes methods for their analysis, it is known that there are still drawbacks in their analytical methods (Conte et al., 2020). Authentication of food and the detection of adulteration have been concerns throughout the evolution of food industries (Bansal et al., 2017; Perez et al., 2020), and EVOO production is no exception (Carranco et al., 2018; Gonzalez-Dominguez et al., 2019).

Due to the growing demand for high-quality EVOO, its characteristics and composition need to be specified, including the geographic origin and variety of the olives (Melucci et al., 2016; Violino et al., 2019). The olive oil must comply with specific requirements regarding the geographic origin, cultivar, organoleptic characteristics, production methods, and agronomic practice (Gimenez et al., 2010). Certification and denomination require EVOO traceability to be established, focusing on the region of the olive tree (geographic traceability) and the cultivar (botanical traceability).

In general, traceability involves documenting and verifying every stage of the production process such as cultivation and harvest, milling and extraction, storage and bottling and, distribution and sale (Aceto et al., 2019; Papaefthimiou et al., 2017; Violino et al., 2019). The methods and technologies for traceability involve chemical and sensory analysis, digital tracking tools, DNA-based methods, isotopic and elemental signatures and the quality certifications and labeling (Qian et al., 2022; Hassoun et al., 2024).

RFID technology is considered to be a successor of the barcode with foreseen expansion not only in the agri-food sector, but also in industrial sectors due to its environmental monitoring capabilities (temperature, relative humidity and luminosity), namely through wireless sensor networks (WSNs) and wireless sensor technology (WST) (Bib et al., 2017). RFID technology was applied in the food supply chain process, but the high costs and complexity of implementation allow for adoption only for large companies (Gandino et al., 2009).

Violino et al. (2019) suggested to place an RFID in every olive tree and in the containers at the end of the harvesting, other information (yield after pressing, nutritional data) are manually inserted by the operators along the chain through a web interface. The final consumer accesses to part of system information by a QR code placed on the product label.

Methodology. A few years ago, a new olive oil monitoring and quality assurance framework called OLEA derived from the attempts of the scholars Kontogiannis et al. (2016). OLEA system includes the OLEA clustering algorithm and the steps that the OLEA system implements, while OLEA system architecture is presented in Fig.1.

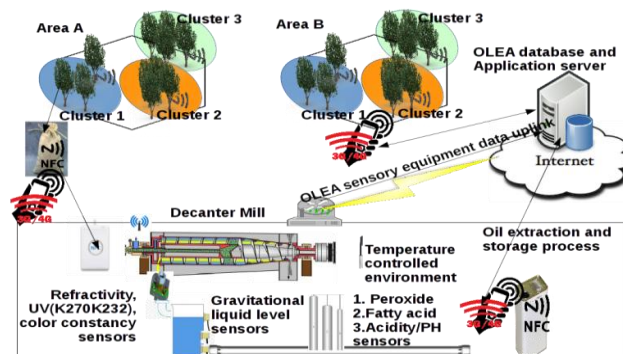


Fig. 1. OLEA High level system architecture

The proposed methodology includes technical implementation details in the following steps:

1. Traceability

OLEA product traceability regions are divided into two distinctive layers:

Layer 1: The olive field spatial geographical location GIS system. Each field location is divided into smaller polygon areas (see Fig. 1) that pertain similar microclimate characteristics (Theodosiou et al., 2012).

Layer 2: Olive tree traceability, presented in Fig. 1 as rounded areas of tree clusters. Such traceability is achieved with the use of passive NFC tags placed on every tree each farmer (Kontogiannis et al., 2016).

2. Olive oil sensory monitoring

The OLEA system includes sensory-based equipment (depicted at Fig. 1) installed at the oil presses, for the measurement process of the olive oil quantity and the quality clustering based on metrics.

3. Olive oil Management

Logging and reporting: The OLEA database records olive oil production quantity and quality attributes connected to cultivation characteristics of tree cluster areas.

Olive oil clustering algorithm: The OLEA clustering algorithm of olive fields is based on the following attributes: (1) Olive oil field location characteristics based on the OLEA Traceability step (Protected Origin Name or Protected origin names of Highest Quality – OPAP). (2) Olive oil micro-climate area characteristics, agriculturist yearly reports of cultivation type as recorded by the NFC tags. (3) Olive oil quantity and quality characteristics of olive oil recorded extraction by the sensory system.

The methodology is performed as follows:

First, a set of metric qualitative measures of the extracted olive oil characteristics is evaluated per tree field. This filtering and evaluation process can be performed separately from the clustering process and the evaluated metrics data are stored back at the OLEA database. The second step of the OLEA algorithm includes a per olive tree field sector identification based on spatial data and registration validity of the sector stored at the database of recorded olive tree fields.

After successful validation, the microclimate separation process initiates where each field area is bounded to a specific microclimate area polygon accordingly (Fig. 1, areas A, B) (Zinas et al., 2013). Upon first layer cultivation area separation, a field clustering process is undertaken for each area. Such areas are uniquely identified with the use of an NFC tag, that keeps track of

data regarding cultivation process, pesticides used, and adjustment dates. Olive tree field NFC recorded metrics are the following:

4. *OLEA NDEF tree field identification message and functionality*

The OLEA system NFC traceability mechanism functions as follows. Initially, the person responsible for each olive tree cluster agriculturist places the NFC tags (one into each clustered field) and initializes them by passing the NDEF identification message values, using the OLEA mobile phone application. The OLEA mobile phone application connects to the OLEA application server and the agriculturist can download the identification messages for each cluster prior to per cluster NFC tree placement and NFC identification message write operation. The identification record is the first record of the NFC tag NDEF message, set by the agriculturist and the NFC tag is placed in the central tree of each cluster in a visible spot on the tree trunk. The farmer cannot modify these attributes of the NDEF message due to the read-only permission set for the recorded data.

5. *Olive tree monitoring services*

The OLEA system olive tree monitoring services include three basic services: The cluster identification service, the cluster soil fertilization service and disinsectization service.

The *identification service* includes recorded olive tree field location characteristics defined and recorded by the OLEA traceability service at the NFC tags into an NDEF identification record. That is, location characteristics acquired by Protected Designation of Origin (PDO), the Protected Geographical Indication (PGI) or Protected Origin Production names or Protected origin names of Highest Quality – OPAP, olive field micro-climate area characteristics, agriculturist reports of cultivation type and are recorded.

The *fertilization service* includes NFC messages exchange information between the agriculturists' mobile phones, the tree cluster NFC tag, the farmers' mobile phones and the OLEA. These records are then read by the farmer's OLEA mobile phone application, field applied and acknowledged in each cluster tag (NDEF fertilization ACK message) per cluster. The agriculturist then, with the use of OLEA mobile phone application reads once more the NFC information and when Internet connectivity is available updates the A.S. fertilization service monitoring manager.

The *disinsectization service* operation is similar to the fertilization service and it monitors pesticides' use per tree cluster updating the OLEA A.S.

6. *Olive oil sensory monitoring service*

The OLEA system includes sensory-attached controller equipment (shown at Fig. 1) installed at the oil presses, for the measurement process of the olive oil quantity and the quality clustering based on metrics. With the OLEA oil sensory monitoring service and real-time sensory system, olive oil quantity and quality characteristics of mill extracted olive oil per cluster are kept at the OLEA.

In order to record the extracted olive oil quantity and chemical consistency (quality attributes) per tree cluster, the proposed OLEA framework includes a multi-sensory equipment placed similarly to the ones proposed by Scarafia (2011), in the olive fruit decanter equipment (Fig. 1). This multi sensory equipment includes sensors such as: (1) Gravity liquid level sensors for monitoring produced oil quantities, (2) Refractivity UV sensors for K232, K270 measurements of UV absorbance, (3) Colour sensors for monitoring colour constancy, and (4) Peroxide, acidity sensors (Fig. 1). These measurements are then uploaded in real-time to the OLEA application service.

7. *Olive oil Management smart services engine and modules*

Logging and reporting: The OLEA database records olive oil production quantity and quality attributes connected to cultivation characteristics of tree cluster areas. The database also provides information for tree clusters regarding quantities produced, their quality, and market prices.

Data analysis algorithms: The OLEA management service is capable of statistical information processing and visualization, regarding production characteristics for each farmer.

The OLEA system database collects recorded data from each farmer regarding visualization of statistical trends as well as data analysis and knowledge extraction.

8. *OLEA system NFC traceability fertilization and disinsectization services*

The OLEA system uses NFC technology for the purpose of tree field identification and assessment. In depth, it uses appropriate NFC NDEF identification messages for each tree cluster monitored by the system (OLEA Application Server – OLEA AS). It also makes use of appropriate NDEF messages placed into tree clusters' NFC tags for monitoring fertilization and disinsectization. To achieve the aforementioned services, appropriate NFC protocol and NDEF message records have been designed and used (NFC Forum NDEF, 2006). NFC is proposed because the technology is accessible in the majority of mobile phones, PDAs, PCs, and tablets (Kontogiannis et al., 2016). NFC tags used are passively activated and have 4KB of storage EPROM.

Case study

The case study experimentation in this methodology includes the Manaki Greek olive variety cultivation in the area of West Greece (fields at Preveza and Lefkada). In this study, a total area of 120 square meters of Manaki oil tree cultivation is divided into 1000 square meters production fields. Each field is identified by a unique NFC tag id that includes field's geographical location, fertilization methods used, altitude, etc. An average fields tree distance is about 6.5-7m away thus 25-30 olive trees are included in each field. The average NFC tagged sector fields production is about 1000-1200 Kgr/0.1 Ha.

All fields are situated at the two nearby microclimate areas of Preveza and Lefkada and the altitude variation between all is from 50 up to 250 meters. Two metrics were used in this study in order to verify the proposed methodology: The %v/v of Oleic Acidity and the total net weight of olive production per NFC tagged field block set to the size of 1000 square meters. All such blocks were marked by NFC tags and square edge-bounded by GPS coordinates.

Table 1 k-means clusters, average quantity per cluster field in it and %v/v average acidity of per k-means cluster. Cluster 2 meets market acidity requirements and quantity requested.

Cluster ID and symbol:	Average cluster tree field oil quantity (lt)	Average oil cluster %v/v	Total Cluster oil quantity (lt)
C1(○)	2033	0.56	10166
C2(Δ)	1000	0.49	11000
C3(+)	1216	0.61	24322
C4(x)	769	0.59	12304
C5(◇)	661	0.55	32389
C6(V)	861	0.56	16359

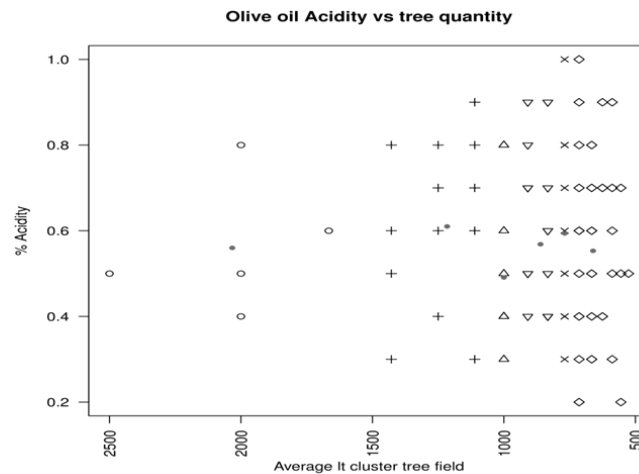


Fig. 2. Clusters returned from the OLEA algorithm. Cluster C2 is marked with the Δ symbol and is the OLEA algorithm selected cluster.

Based on the market olive oil need requests to the farmers' co-partnership, the EVOO (Extra Virgin Olive Oil) maximum acidity regulations and market requirements regarding olive oil acidity were set into maximum of 0.5% v/v and the market requested olive oil quantity is 7000 lt. For that purpose using the proposed OLEA methodology a k-means process was performed for the selection of the fields that produced olive oil less that the acidity threshold set. Table 1 and figure 2 portray the clusters where the requirement of acidity is met (cluster C2).

Conclusions. OLEA methodology uses an NFC based olive tree clustering scheme that maintains cultivation and environmental attributes information stored in its database. This information is reinforced with qualitative olive product characteristics derived by the olive fruit milling process. The attributes recorded by OLEA system are landscape similarity attributes; meteorological characteristics; agricultural field operations used and finally milled product quantity and product quality evaluation metrics. OLEA system is capable of origin location and farming methods recording, olive oil attributes recording, product traceability and management of the virgin oil production and farming processes.

The implemented system includes NFC tags for tree clusters identification and sensors for the process of product metric values measurement. OLEA system also includes an integrated application and database service where all measured NFC and sensor data are collected and then application-level queries towards the database can be performed using web interface or mobile phone application interface.

To support the methodology, a case study scenario was presented. From the case study results, it is derived that the OLEA system can achieve the standardization of olive oil products quality as well as branding of new products based on market needs. Furthermore, the utilization of the proposed OLEA methodology will provide adequate olive oil attribute records with regional environmental and cultivation methods as well as product branding and traceability. The use of the proposed OLEA system will fill the gap of a central information management and monitoring system facilitating the virgin olive oil industry.

Almost every research contains elements of weaknesses or bias. In this study there are some limitations to be considered as well. The system is not able to correctly trace when olives harvested in different days or from different fields are mixed together, or when the oil tank is filled many times during the harvesting period. The use of a single RFID placed in every tree does not give real information when the user is interested in the location of a single tree. Furthermore, the association of a single bottle of oil to a single tree is inapplicable.

Future research will be devoted to the verification of user acceptability and cost-benefit analysis for the farmer and if the EVOO user is ready to use it.

REFERENCE LIST

- Aceto, M., Calà, E., Musso, D., Regalli, N., and Oddone, M. (2019). *A preliminary study on the authentication and traceability of extra virgin olive oil made from Taggiasca olives by means of trace and ultra-trace elements distribution*. *Food Chemistry*, 298, 125047.
- Aparicio, R., and García-González, D. L. (2013). *Olive oil characterization and traceability*. *Handbook of Olive Oil: Analysis and Properties*, 431-478.
- Aparicio-Ruiz, R., Tena, N., & García-González, D. L. (2022). *An International Survey on Olive Oils Quality and Traceability: Opinions from the Involved Actors*. *Foods*, 11(7), 1045.
- Bansal, S., Singh, A., Mangal, M., Mangal, A. K., and Kumar, S. (2017). *Food adulteration: Sources, health risks, and detection methods*. *Critical reviews in food science and nutrition*, 57(6), 1174-1189.
- Bibi, F., Guillaume, C., Gontard, N., and Sorli, B. (2017). *A review: RFID technology having sensing aptitudes for food industry and their contribution to tracking and monitoring of food products*. *Trends in Food Science & Technology*, 62, 91-103.
- Conte, L., Bendini, A., Valli, E., Lucci, P., Moret, S., Maquet, A., Lacoste, F., Brereton, P., Garcia-Gonzalez, D. L., Moreda, W., and Gallina Toschi, T. (2020). *Olive oil quality and authenticity: A review of current EU legislation, standards, relevant methods of analyses, their drawbacks and recommendations for the future*. *Trends in Food Science & Technology*, 105, 483-493. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.025>.
- Conti, M. (2022). *EVO-NFC: extra virgin olive oil traceability using NFC suitable for small-medium farms*. *IEEE Access*, 10, 20345-20356.
- Costa, C., Antonucci, F., Pallottino, F., Aguzzi, J., Sarriá, D., and Menesatti, P. (2013). *A review on agri-food supply chain traceability by means of RFID technology*. *Food and bioprocess technology*, 6, 353-366.
- De Santis, S., Cariello, M., Piccinin, E., Sabbà, C., and Moschetta, A. (2019). *Extra virgin olive oil: Lesson from nutrigenomics*. *Nutrients*, 11(9), 2085.
- European Community. (1991). *European Commission Regulation 2568/91 on the characteristics of olive oil and olive residue oil and on the relevant methods of analysis, and subsequent amendments*. Official Journal of European Community.
- European Union. (2013). *Commission Implementing Regulation (EU) No 1348/2013 of 16 December 2013 amending Regulation (EEC) No 2568/91 on the characteristics of olive oil and olive-residue oil and on the relevant methods of analysis*. Official Journal of the European Union. [EU law - EUR-Lex](#)
- Flori, L., Donnini, S., Calderone, V., Zinnai, A., Taglieri, I., Venturi, F., and Testai, L. (2019). *The nutraceutical value of olive oil and its bioactive constituents on the cardiovascular system. Focusing on main strategies to slow down its quality decay during production and storage*. *Nutrients*, 11(9), 1962.
- Galtier, O., Dupuy, N., Le Dréau, Y., Ollivier, D., Pinatel, C., Kister, J., and Artaud, J. (2007). *Geographic origins and compositions of virgin olive oils determined by chemometric analysis of NIR spectra*. *Analytica chimica acta*, 595(1-2), 136-144.
- Gandino, F., Montrucchio, B., Rebaudengo, M., and Sanchez, E. R. (2009). *On improving automation by integrating RFID in the traceability management of the agri-food sector*. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 56(7), 2357-2365.
- González, D. G., Aparicio, R. N., Aparicio-Ruiz, R. (2018). *Olive oil*. In *Lees, M., & Morin, J. F. (Eds.). (2018). FoodIntegrity handbook: A guide to food authenticity issues and analytical solutions*. Eurofins Analytics France.
- González-Domínguez, R., Sayago, A., Morales, M. T., and Fernández-Recamales, Á. (2019). *Assessment of virgin olive oil adulteration by a rapid luminescent method*. *Foods*, 8(8), 287.

- Hassoun, A., Alhaj Abdullah, N., Aït-Kaddour, A., Ghellam, M., Beşir, A., Zannou, O., ... and Regenstein, J. M. (2024). Food traceability 4.0 as part of the fourth industrial revolution: key enabling technologies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(3), 873-889.
- Houmani, M., Haidar, S., Assi, R., Hassan, H. F., & Rizk, R. (2024). Journal of Agriculture and Food Research. *Journal of Agriculture and Food Research*, 18, 101279.
- Kontogiannis S., Tsipouras M., Kokkonis G. and Valsamidis S. (2016). Design and implementation of an identification productivity recording and breeding system for the sheep industry, *International Journal of Sustainable Agricultural Management and Informatics*, 2 (2-4), 97-122, ISSN 2054-5819.
- López-Yerena, A., Ninot, A., Jiménez-Ruiz, N., Lozano-Castellón, J., Pérez, M., Escribano-Ferrer, E., ... and Vallverdú-Queralt, A. (2021). *Influence of the ripening stage and extraction conditions on the phenolic fingerprint of 'Corbella' extra-virgin olive oil*. *Antioxidants*, 10(6), 877.
- López-Yerena, A., Ninot, A., Lozano-Castellón, J., Escribano-Ferrer, E., Romero-Aroca, A. J., Belaj, A., ... and Lamuela-Raventós, R. M. (2020). *Conservation of native wild ivory-white olives from the Medes islands natural reserve to maintain virgin olive oil diversity*. *Antioxidants*, 9(10), 1009.
- Lozano-Castellón, J., López-Yerena, A., Domínguez-López, I., Siscart-Serra, A., Fraga, N., Sámano, S., ... and Pérez, M. (2022). *Extra virgin olive oil: A comprehensive review of efforts to ensure its authenticity, traceability, and safety*. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 21(3), 2639-2664.
- Melucci, D., Bendini, A., Tesini, F., Barbieri, S., Zappi, A., Vichi, S., ... and Toschi, T. G. (2016). Rapid direct analysis to discriminate geographic origin of extra virgin olive oils by flash gas chromatography electronic nose and chemometrics. *Food chemistry*, 204, 263-273.
- Mu, T., Chen, S., Zhang, Y., Chen, H., and Guo, P. (2014). Characterization of edible oils using time-resolved fluorescence. *Analytical Methods*, 6(3), 940-943.
- Muzzalupo, I., Pisani, F., Greco, F., and Chiappetta, A. (2015). Direct DNA amplification from virgin olive oil for traceability and authenticity. *European Food Research and Technology*, 241, 151-155.
- NFC Forum NDEF. (2006). *NFC Data Exchange Format (NDEF), Technical specification*, Rev. 1, <http://www.eet-china.com/ARTICLES/2006AUG/PDF/NFCForum-TS-NDEF.pdf>
- Ou, G., Hu, R., Zhang, L., Li, P., Luo, X., and Zhang, Z. (2015). *Advanced detection methods for traceability of origin and authenticity of olive oils*. *Analytical Methods*, 7(14), 5731-5739.
- Owen, R. W., Haubner, R., Würtele, G., Hull, W. E., Spiegelhalder, B., and Bartsch, H. (2004). *Olives and olive oil in cancer prevention*. *European Journal of Cancer Prevention*, 13(4), 319-326.
- Papaefthimiou, D., Ventouris, A., Tabakis, I. M., Valsamidis, S., Kazanidis, I., and Kontogiannis, S. (2017, September). *OLEA Framework for non refined olive oil traceability and quality assurance*. In *Proc. 8th Int. Conf. Inf. Commun. Technologies Agricult., Food Environ.(HAICTA)* (pp. 91-103).
- Polari, J. J., Garcí-Aguirre, D., Olmo-García, L., Carrasco-Pancorbo, A., and Wang, S. C. (2018). *Impact of industrial hammer mill rotor speed on extraction efficiency and quality of extra virgin olive oil*. *Food Chemistry*, 242, 362-368.
- Qian, J., Dai, B., Wang, B., Zha, Y., and Song, Q. (2022). *Traceability in food processing: Problems, methods, and performance evaluations—A review*. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(3), 679-692.
- Scarafia L. (2011). *A Perspective on Extra Virgin Olive Oil and Premium Quality: California olive oils*, Agrolab Inc., http://www.agbiolab.com/files/agbiolab_California-EVOO-Premium-Quality.pdf.

Theodosiou T., Valsamidis S., Hatziliadis G. and Nikolaidis M. (2012). *Measuring, archotyping and mining Olea europaea production data*, Journal of Systems and Information Technology, 4(4), 318-335, Emerald.

Violino, S., Pallottino, F., Sperandio, G., Figorilli, S., Antonucci, F., Ioannoni, V., ... and Costa, C. (2019). *Are the innovative electronic labels for extra virgin olive oil sustainable, traceable, and accepted by consumers?*. Foods, 8(11), 529.

Zinas N., Kontogiannis S., Kokkonis G., Pikridas C., (2013). *A novel microclimate forecasting system architecture integrating GPS measurements and meteorological-sensor data*, in *Proc of 6th Balkan Conference in Informatics (BCI)*, Thessaloniki, Greece, In ACM vol 1, pp 82-88, ISBN: 978-1-4503-1851-8.

MAISTO PRODUKTŲ REKLAMOS POVEIKIS VARTOTOJŲ ELGSENAI

Rasa Miakinkovovienė, Ugnė Šaltytė, Evita Pranskevičiūtė, Ieva Viktorija Bosijakaitė

Vilniaus kolegija, Agrotechnologijų fakultetas

Anotacija. Šiame straipsnyje išsamiai analizuojamas maisto produktų reklamos poveikis vartotojų elgsenai, ypatingą dėmesį skiriant tam, kaip skirtingų tipų – emocinė ir informacinė – reklama gali paveikti žmonių pirkimo sprendimų priėmimą. Tyrimo tikslas – įvertinti reklamos įtaką vartotojų elgesiui. Tyrimas atliktas taikant apklausos metodą, kuris leido ne tik surinkti duomenis apie vartotojų požiūrį į reklamą, bet ir įvertinti jų pasitikėjimą įvairiais reklamos šaltiniais, ypač socialinėje medijoje. Taip pat buvo siekiama identifikuoti rizikos veiksnius, kurie galėtų mažinti potencialių vartotojų pirkimo ketinimus. Gauti rezultatai rodo, kad reklamos poveikis vartotojų elgsenai iš tikrųjų yra reikšmingas, tačiau jis nėra vienodas – vieni vartotojai sąmoningai remiasi reklama priimdami sprendimus, tuo tarpu kiti labiau linkę pasikliauti tokiais objektyviais kriterijais kaip produkto kaina, kokybė ar sudėtis. Tai atskleidžia sudėtingą reklamos ir vartotojo sprendimo sąveiką, kuriai įtaką daro ne tik informaciniai aspektai, bet ir asmeninės patirtys bei emociniai veiksniai.

Raktiniai žodžiai. *Reklama, poveikis, vartotojų elgsena, maisto produktai.*

Įvadas. Maisto produktų reklama yra viena iš pagrindinių rinkodaros strategijų, skirtų pritraukti vartotojų dėmesį ir paskatinti pirkimą. Ji daro didelę įtaką vartotojų elgsenai, formuodama jų pageidavimus, sprendimus ir įpročius (Kotler & Keller, 2016). Tyrimai rodo, kad reklama ypač efektyviai veikia jaunų vartotojų grupes, kurių įpročiai dar tik formuojasi, todėl šie vartotojai yra itin pažeidžiami reklamos poveikiui (Harris et al., 2009). Be to, maisto reklamos dažnai yra susijusios su sveikatai nepalankių produktų, pvz.: saldumynų, gaiviųjų gėrimų ar greito maisto, populiarinimu, kas prisideda prie netinkamos mitybos įpročių formavimo ir gali skatinti nutukimą (Boyland & Halford, 2013; Cairns et al., 2013). Reklamos kūrėjai dažnai pasitelkia emocines strategijas, tokias kaip humoro elementai, garsūs įžymūs asmenys ar patrauklios vizualizacijos, siekdami sukurti teigiamas asociacijas su produktu ir skatinti impulsyvų pirkimą (Kumar & Mukherjee, 2020). Šios strategijos veikia ne tik tiesioginį vartotojo sprendimą, bet ir ilgalaikius vartotojų įpročius, kurie gali formuoti jų sveikatos būklę (Roberto et al., 2010). Taip pat svarbu paminėti, kad reklama ne tik informuoja apie produktą, bet ir kuria tam tikras socialines normas bei vartotojų lūkesčius, formuodama platesnį vartotojų kultūros kontekstą (Schultz & Block, 2014). Todėl nagrinėjant maisto produktų reklamos poveikį vartotojų elgsenai, būtina atsižvelgti į reklamos turinį, taikinius bei vartotojų demografines ir psichologines ypatybes. Tai leidžia ne tik geriau suprasti, kaip reklama veikia pirkėjų sprendimus, bet ir kurti efektyvesnes prevencines strategijas, skatinančias sveikatai palankius vartotojų pasirinkimus (Roberto et al., 2012).

Remiantis Jabeen, Kanwal ir Qureshi (2024) tyrimu, socialinės medijos reklama veikia ne tik informaciniais kanalais, pateikdama aiškius faktus ir duomenis, bet ir emociniais kanalais, kurie tiesiogiai susiję su vartotojo jausmais ir pasąmone. Svarbiausi tarpiniai veiksniai, kurie nulemia reklamos sėkmę, yra vartotojo pasitikėjimas reklamos šaltiniu bei jo individualus rizikos suvokimas. Vartotojai dažnai pasirenka produktus, kurių reklama atrodo patikima, nes jie sieja pasitikėjimą su kokybe ir saugumu. Tačiau per daug agresyvus reklamos pobūdis arba ankstesnė bloga patirtis, susijusi su produktu ar prekės ženklu, gali sumažinti pasitikėjimą ir netgi paskatinti atmetimo reakciją.

Prabakaran (2012) atlikta analizė leidžia išskirti du esminius reklamos tipus – emocinę ir informacinę reklamą. Emocinė reklama orientuota į jausmus – ji siekia sukelti vartotojui tam tikras emocines būsenas, tokias kaip džiaugsmas, nostalgija, saugumo jausmas ar net alkio pojūtis, ir taip paskatinti impulsyvų, greitą sprendimą pirkti. Tuo tarpu informacinė reklama remiasi loginiais argumentais – produkto savybėmis, sudėtimi, kaina, kilme ar nauda sveikatai. Ji skatina racionalų ir pagrįstą vartotojo apsisprendimą, ypač kai kalbama apie ilgalaikio vartojimo ar sveikatai svarbius produktus. Tyrimo duomenys rodo, kad dauguma vartotojų vis dar grindžia savo pasirinkimus tokiais objektyviais kriterijais kaip kaina, kokybė ar sudėtis, tačiau kartu atskleidžiama, kad reklamos, ypač perteikiamos per vizualinius ar emocinius kanalus, turi galią skatinti vartotojus išbandyti naujus, iki tol nebandytus produktus.

Bassano (2024) savo tyrime atskleidžia skaitmeninės reklamos ypatumus pabrėždamas, kad šiuolaikinė reklama, ypač socialiniuose tinkluose, tampa vis labiau personalizuota. Ji paremta vartotojų elgsenos duomenų analize, stebėjimo algoritmais ir prognozėmis, todėl gali būti pritaikoma individualiems poreikiams, nuotaikoms ir net tam tikram paros laikui. Tokia reklama tampa ne tik labiau įtaigi, bet ir labiau susijusi su vartotojo emociniu įsitraukimu. Be to, ši forma dažnai prisideda prie ilgalaikio lojalumo tam tikram prekės ženklui, ypač kai reklama perteikiama per nuomonės formuotojus – influencerius – arba vizualiai itin patraukliame, estetiškai apgalvotame kontekste.

Volskaitės (2021) atliktas tyrimas papildomai pabrėžia vizualinių reklamos elementų svarbą. Kompoziciniai elementai, tokie kaip spalvų gama, dizaino sprendimai, emociniai šūkiai ar metaforos, ne tik padeda pritraukti vartotojo dėmesį, bet ir kuria bendrą įvaizdį, kuris gali paveikti vartotojo pasąmoninius sprendimus. Net jei produktas iki tol vartotojui buvo nežinomas, tinkamai pateikta reklama gali paskatinti jį priimti sprendimą išbandyti, jei tik įvaizdis atitinka vartotojo vertybes ar estetinį skonį.

Apibendrinant galima teigti, kad reklama daro reikšmingą poveikį vartotojų elgsenai, tačiau jos efektyvumas priklauso nuo daugybės tarpusavyje susijusių veiksnių: reklamos tipo, pasitikėjimo prekės ženklu, asmeninės patirties, emocinio įsitraukimo, reklamos turinio kokybės bei jos pateikimo kanalo. Emociniai ir vizualiniai aspektai, reklamos etiškumas bei subtilumas – visa tai formuoja vartotojo atsaką į reklamine žinutę ir galiausiai lemia, ar bus priimtas sprendimas pirkti, ar atvirkščiai – produktas bus ignoruojamas.

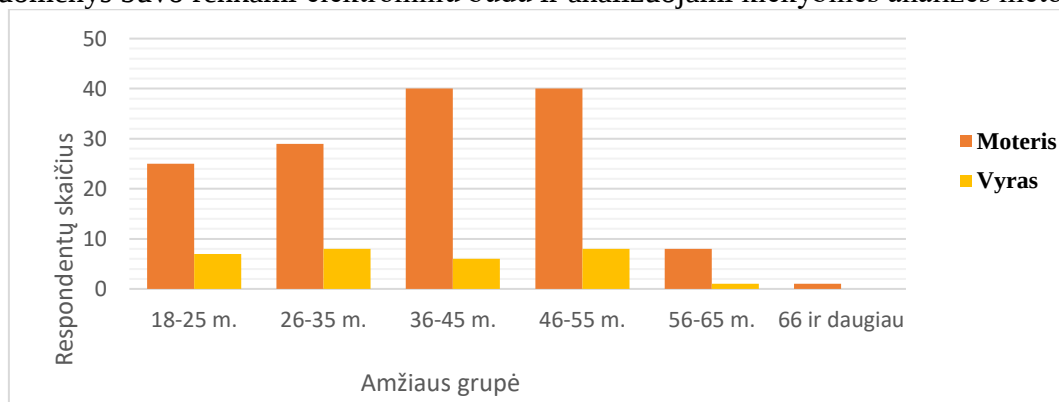
Tyrimo tikslas – įvertinti reklamos poveikį vartotojų elgsenai.

Tyrimo uždaviniai:

1. **Išanalizuoti teorinius reklamos poveikio vartotojų elgsenai aspektus**, remiantis moksline literatūra ir ankstesniais tyrimais.
2. Nustatyti, kokie reklamos kanalai (TV, socialiniai tinklai, internetas, spauda ir kt.) yra labiausiai matomi.
3. Nustatyti pagrindinius veiksnius, darančius realų poveikį vartotojų sprendimams įsigyti maisto produktus.
4. Išnagrinėti, ar egzistuoja ryšys tarp reklamos ir vartotojo ketinimų / elgsenos.

Tyrimo rezultatų analizė. Tyrimas buvo atliktas apklausos būdu 2025 m. kovo–gegužės mėnesiais, siekiant ištirti vartotojų elgseną ir požiūrį į maisto produktų reklamą. Klausimynas buvo platinamas el. paštu, tiesioginio (face-to-face) bendravimo būdu, taip pat socialiniame tinkle „Facebook“. Apklausoje dalyvavo 173 respondentai, iš kurių daugumą sudarė 36–55 metų amžiaus moterys (žr. 1 pav.). Tyrimo instrumentas – struktūrizuotas klausimynas, apėmęs klausimus apie informacijos apie maisto produktus šaltinius, svarbiausius pirkimo kriterijus, vartotojų požiūrį į reklamą, socialinių tinklų įtaką pirkimo sprendimams.

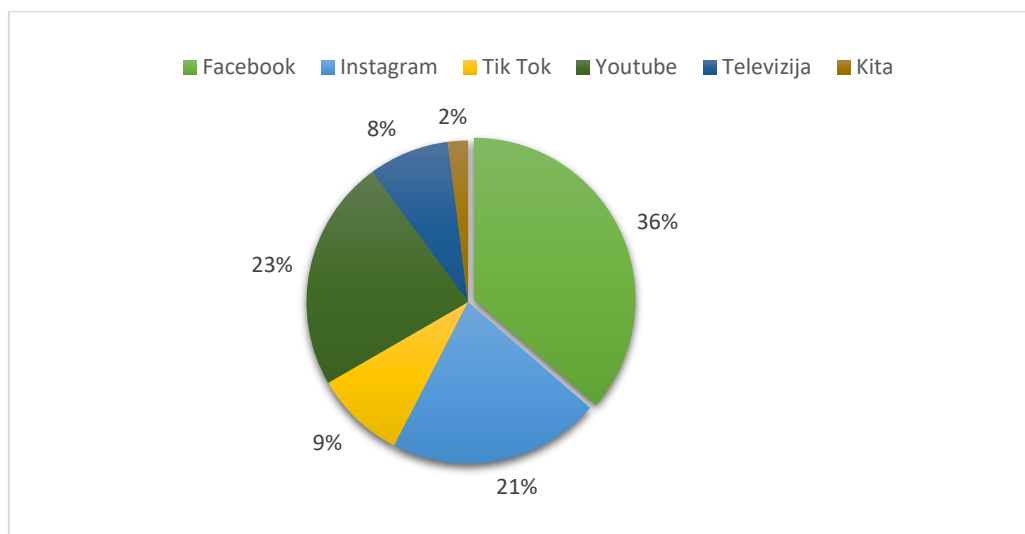
Duomenys buvo renkami elektroniniu būdu ir analizuojami kiekybinės analizės metodais.



1 pav. Apklausos dalyvių demografinis pasiskirstymas, proc. (N=173)

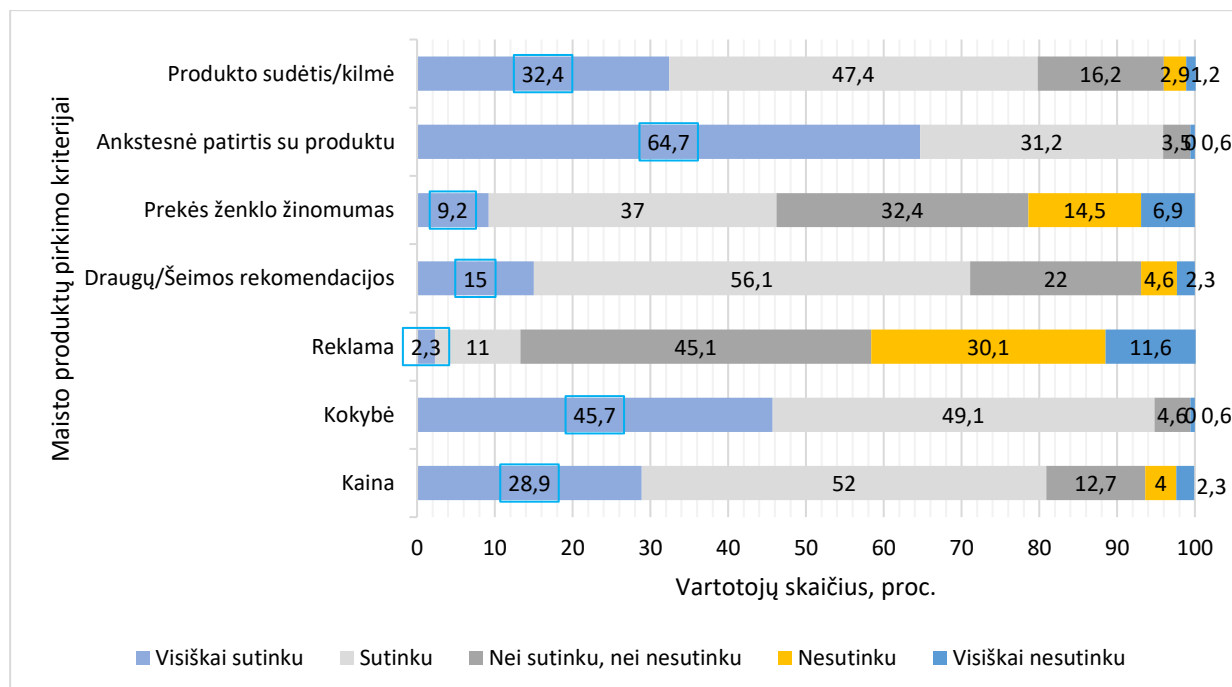
Tyrimo rezultatai atskleidžia, kad šiuolaikiniai vartotojai daugiausia informacijos apie maisto produktus gauna iš socialinių tinklų. 2 paveiksle matyti, kad dominuojančios platformos yra „Facebook“, „Instagram“ ir „YouTube“. Šie duomenys rodo reikšmingą vartotojų elgsenos

pokytį – tradicinius informacijos šaltinius vis labiau keičia skaitmeniniai kanalai. Vartotojai aktyviai seka jiems aktualų turinį būtent šiose medijose, socialiniai tinklai tapo pagrindine komunikacijos erdve tarp prekės ženklų ir vartotojų.



2 pav. Apklauso dalyvių pasiskirstymas pagal reklamos pastebimumą, proc.

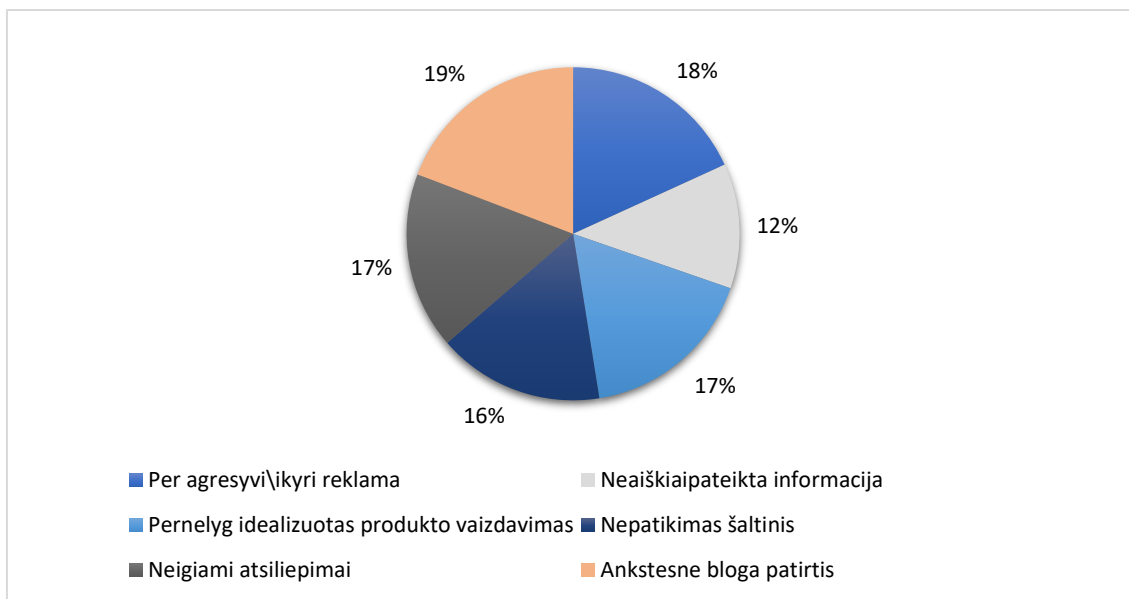
Analizuojant vartotojų pirkimo sprendimų motyvus, tyrimo duomenys atskleidžia aiškias prioritetų hierarchijas. 3 paveiksle matyti, kad dauguma respondentų, rinkdamiesi maisto produktus, daugiausia dėmesio skiria produkto kainai, kokybei ir sudėčiai – šie veiksniai nurodyti kaip svarbiausi pirkimo sprendimams. Tokia tendencija rodo, kad vartotojai tampa sąmoningesni ir kritiškesni vertindami produktus. Tuo tarpu reklamos poveikis ir prekės ženklo žinomumas buvo įvertinti kaip mažiausiai įtakos turintys kriterijai, tai rodo, kad vartotojai pirmenybę teikia praktiškiems ir aiškiai matomiems produkto aspektams, o ne išorinėms įvaizdžio ar reklaminėms priemonėms.



3 pav. Vartotojų požiūris į maisto produktų pirkimo kriterijus

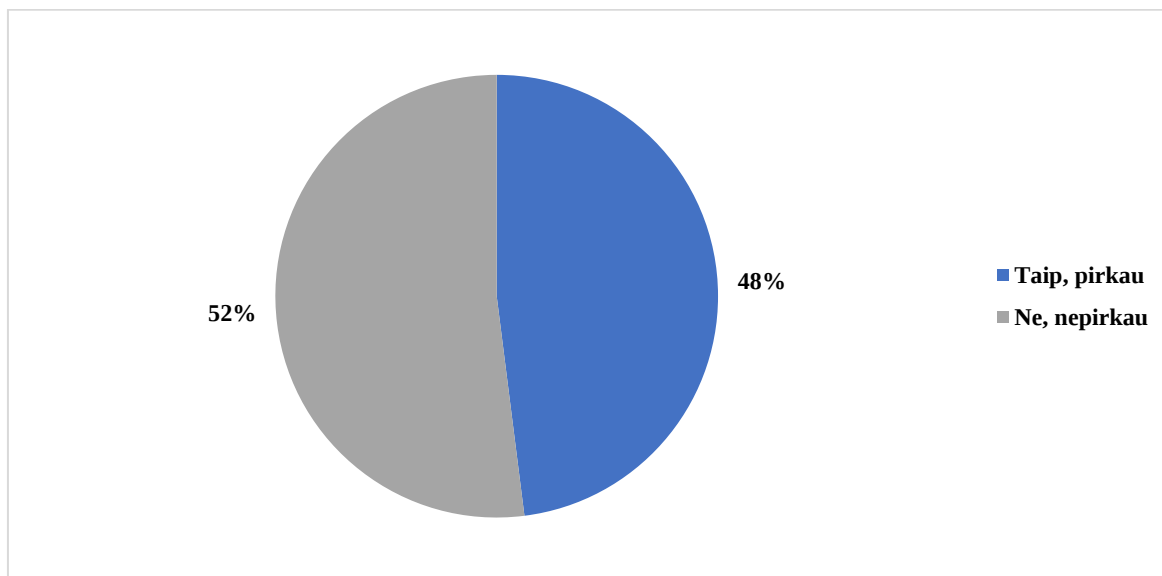
Tyrimo metu buvo siekiama išsiaiškinti ir tai, kas vartotojus stabdo pirkti reklamuojamus produktus. 4 paveiksle matyti, kad respondentų nuomonės dėl veiksnių, atbaidančių nuo reklamuojamo maisto produkto, pasiskirstė beveik tolygiai, tačiau išryškėjo kelios ryšios

tendencijos. Labiausiai vartotojus atgraso ankstesnė neigiama patirtis su prekės ženklu (19 proc.) ar pačiu produktu, taip pat pernelyg agresyvi ir įkyri reklama (18 proc.). Šie rezultatai pabrėžia, kad pasitikėjimas produktu bei subtilus reklamos pateikimas yra itin svarbūs vartotojų sprendimams formuoti.



4 pav. Veiksniai, mažinantys reklamos patrauklumą

Tiesioginio reklamos poveikio analizė atskleidžia įdomius vartotojų elgsenos aspektus. 5 paveiksle matyti, kad apklausos rezultatai pasiskirstė beveik tolygiai, tačiau galima daryti reikšmingą išvadą – reklama daro poveikį beveik pusei respondentų perkant maisto produktus. Net 48 procentai jų pripažįsta, kad reklama veikia jų pasirinkimus. Tai leidžia teigti, kad nors nuomonės išsiskiria ir vartotojai skirtingai vertina reklamos vaidmenį, jos poveikis išlieka reikšmingas vartotojų elgsenai ir pirkimo sprendimų formavimui.



5 pav. Maisto produktų pirkimas vien dėl reklamos

Išvados. Reklama daro reikšmingą poveikį vartotojų elgsenai, tačiau šis poveikis nėra vienodas – dalis vartotojų sąmoningai remiasi reklama kaip informacijos šaltiniu, o kiti labiau pasikliauja racionaliais kriterijais, tokiais kaip produkto kaina, kokybė ar sudėtis. Ši įvairovė rodo vartotojų segmentacijos svarbą formuojant efektyvias reklamos strategijas.

Šiuolaikiniams vartotojams socialinės medijos yra pagrindinis informacijos šaltinis. Vis dėlto jų reklaminė įtaka pirkimo sprendimams išlieka ribota – tik dalis vartotojų aktyviai perka produktus, reklamuojamus tokiose platformose. Tai rodo, kad informacijos gavimas ir sprendimų priėmimas yra du atskiri procesai.

Emocinė ir informacinė reklama skirtingai veikia įvairių tipų vartotojus. Vis dėlto lemiamais veiksniais tampa pasitikėjimas produktu bei reklamos pateikimo subtilumas. Agresyvos reklamos strategijos neretai sukelia atmetimo reakciją ir gali lemti priešingą nei tikėtasi rezultatą.

Neigiama patirtis su produktu bei įkyri reklama ne tik atbaido vartotojus, bet ir gali formuoti ilgalaikį neigiamą prekės ženklo įvaizdį. Todėl svarbus ne tik reklamos turinys, bet ir jos pateikimo būdas bei dažnumas. Nors reklama skatina naujų produktų išbandymą, šis poveikis priklauso nuo individualių vartotojų nuostatų, ankstesnės patirties bei demografinių ypatybių.

LITERATŪRA

Bassano, C., Gaeta, M., Piciocchi, P., & Spohrer, J. C. (2024). Investigating the impact of social media advertising and risk factors on customer online buying behavior: A trust-based perspective. *Future Business Journal*.

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10864415.2016.1355654>

Boyland, E. J., & Halford, J. C. G. (2013). Television advertising and branding: Effects on eating behaviour and food preferences in children. *Appetite*, 62, 236–241. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2012.01.032>

Cairns, G., Angus, K., Hastings, G., & Caraher, M. (2013). Systematic reviews of the evidence on the nature, extent and effects of food marketing to children: A retrospective summary. *Appetite*, 62, 209–215. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2012.04.017>

Europos Parlamentas. (2010). *Reklamos poveikis vartotojų elgsenai: Europos Parlamento rezoliucija*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52010IP0484&from=EN>

Harris, J. L., Bargh, J. A., & Brownell, K. D. (2009). Priming effects of television food advertising on eating behavior. *Health Psychology*, 28(4), 404–413. <https://doi.org/10.1037/a0014399>

Jabeen, R., Kanwal, R., & Qureshi, J. A. (2024). Investigating the impact of social media advertising and risk factors on customer online buying behavior: A trust-based perspective. *Future Business Journal*, 10. <https://research.ebsco.com/c/q3he5j/viewer/html/2wgycgb2p5>

Kotler, P., & Keller, K. L. (2016). *Marketing management* (15th ed.). Pearson Education.

Kumar, A., & Mukherjee, A. (2020). Impact of advertising appeals on purchase intent: The moderating effect of product type. *Journal of Marketing Communications*, 26(1), 55–77. <https://doi.org/10.1080/13527266.2017.1380884>

Prabakaran, V. (2012). Impact of advertisement on consumer buying behavior. *Journal of Marketing & Communication*, 8(2), 12–18. <https://research.ebsco.com/c/q3he5j/viewer/pdf/dwro2tay3z>

Roberto, C. A., Baik, J., Harris, J. L., & Brownell, K. D. (2010). Influence of licensed characters on children's taste and snack preferences. *Pediatrics*, 126(1), 88–93. <https://doi.org/10.1542/peds.2009-3433>

Roberto, C. A., Swinburn, B., Hawkes, C., Huang, T. T., Costa, S. A., Ashe, M., ... & Brownell, K. D. (2012). Patchy progress on obesity prevention: Emerging examples, entrenched barriers, and new thinking. *The Lancet*, 378(9793), 288–298. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(10\)62301-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(10)62301-3)

Schultz, D. E., & Block, M. P. (2014). Branded content: Marketing revolution or advertising effectiveness killer? *Journal of Marketing Communications*, 21(5), 343–350. <https://doi.org/10.1080/13527266.2013.807807>

Volskaitė, A. (2021). *Reklamos kompozicijos poveikio vartotojų elgsenai vertinimas*. <https://portalcris.vdu.lt/server/api/core/bitstreams/9c215c7b-642e-4036-9497-31df392df583/content>

THE IMPACT OF FOOD ADVERTISING ON CONSUMER BEHAVIOR

S u m m a r y. This study analyzes how food advertising affects consumer behavior, focusing on how emotional and informational advertising influence purchasing decisions. The aim is to identify key factors that shape consumers' choices when buying food products. The research, based on a survey of 173 respondents (mostly women aged 36–55), reveals that while consumers primarily base decisions on price, quality, and composition, advertising—especially through social media—still plays a significant role. Emotional ads can trigger impulse buys, whereas informational ads appeal to rational decision-making. Trust in the brand and subtlety in advertising are crucial; overly aggressive advertising or negative past experiences can discourage purchases. The study highlights the importance of tailoring advertising strategies to different consumer segments and emphasizes that while social media is the main source of product information, it does not always lead directly to purchases.

Keywords. *Advertising, impact, consumer behavior, food products.*

KLIENTŲ LOJALUMO TYRIMAS X VETERINARIJOS KLINIKOJE

Rasa Miakinkovienė, Urtė Šereikaitė

Vilniaus kolegija, Agrotechnologijų fakultetas, Veterinarijos katedra

Anotacija. Straipsnyje analizuojamas klientų lojalumas X veterinarijos klinikoje, siekiant nustatyti pagrindinius veiksnius, lemiančius klientų grįžtamumą bei paslaugų rekomendacijas. Tyrimo teorinėje dalyje aptariami lojalumo sampratos aspektai, įskaitant požiūrinį ir elgesio lojalumą, taip pat lojalumą formuojantys veiksniai, tokie kaip pasitenkinimas paslaugomis, emocinis prisirišimas ir pasitikėjimas. Empirinė dalis paremta kiekybiniu tyrimu – struktūrizuota apklausa, kurioje dalyvavo X klinikos klientai (N = 75). Gauti rezultatai parodė, kad didžiausią įtaką lojalumui turi personalo kompetencija, komunikacijos kokybė ir rūpestingas požiūris į gyvūną. Nustatyta, kad emocinis ryšys su klinika stipriau veikia lojalumą nei kaina ar geografinis artumas. Tyrimas atskleidė, kad lojalumo skatinimas reikalauja ne tik kokybiškų paslaugų, bet ir nuoseklios, vertybėmis grįstos komunikacijos su klientais. Tyrimo išvados gali būti naudingos veterinarijos paslaugų teikėjams, siekiantiems ilgalaikių santykių su klientais.

Raktiniai žodžiai: Klientų lojalumas, veterinarijos paslaugos, paslaugų kokybė, emocinis ryšys.

Įvadas. Klientų lojalumas yra vienas iš svarbiausių veiksnių, lemiantis bet kurios paslaugų teikimo organizacijos ilgalaikę sėkmę. Tai ypač aktualu sveikatos priežiūros sektoriuje, kur klientai pasikliauja profesionaliais paslaugų teikėjais, siekdami užtikrinti sveikatą ir gerovę. X klinikai, kaip ir kitoms sveikatos priežiūros įstaigoms, būtina nuolat siekti ne tik užtikrinti aukštą paslaugų kokybę, bet ir kurti tvirtus, ilgalaikius santykius su savo klientais. Paslaugų sektoriuje lojalumo tyrimai dažnai remiasi santykių rinkodaros teorijomis, kuriose pabrėžiama, kad pasitikėjimas, emocinis įsitraukimas ir nuolatinis paslaugų tobulinimas yra pagrindiniai lojalumo kūrimo veiksniai (Beverland, Farrelly & Woodhatch, 2004; Morgan & Hunt, 1994).

Šiame darbe bus analizuojama, kokie veiksniai formuoja lojalumą X klinikoje ir kaip šie veiksniai susiję su paslaugų kokybe, gydytojų profesionalumu bei emociniu ryšiu tarp klinikos ir jos klientų. Remiamasi Zeithaml, Berry ir Parasuraman (1996) tyrimu, kuriame akcentuojama paslaugų kokybė kaip pagrindinis lojalumo veiksnys, Verkamp (2017) pabrėžia emocinio įsitraukimo svarbą sveikatos priežiūros sektoriuje. Be to, remiantis „įsipareigojimo ir pasitikėjimo teorija“ (commitment-trust theory), kurią išplėtojo Morgan ir Hunt (1994), klientai tampa lojaliais paslaugų teikėjui, kai jaučia pasitikėjimą ir mato aiškią vertę ilgalaikiuose santykiuose.

Šiame tyrime analizuojami pagrindiniai veiksniai, lemiantys klientų pasirinkimą ir lojalumą X klinikai, remiantis empiriniais duomenimis, surinktais iš 75 respondentų, dalyvavusių apklausoje. Pirmiausia nagrinėjama klientų pasitenkinimo lygių ir paslaugų kokybės reikšmė jų lojalumui, taip pat identifikuojamos pagrindinės priežastys, dėl kurių klientai renkasi būtent šią kliniką. Be to, vertinamas emocinio įsitraukimo ir pasitikėjimo gydytojų profesionalumu poveikis klientų lojalumui bei ilgalaikiams santykiams su klinika.

Atsižvelgiant į tai, kad klientų lojalumas yra ypač svarbus sveikatos priežiūros sektoriuje, tyrimo tikslas – išsamiai išnagrinėti, kaip šie veiksniai sąveikauja su klinikos konkurencine padėtimi ir kokie veiksmai galėtų padėti stiprinti lojalumą. Gauti rezultatai ir atlikta analizė turi praktinę reikšmę, nes suteiks X klinikai galimybę tobulinti savo paslaugų kokybę bei kurti tvirtus, ilgalaikius santykius su klientais, užtikrinant nuolatinį klientų pasitenkinimą ir sėkmingą klinikos veiklą.

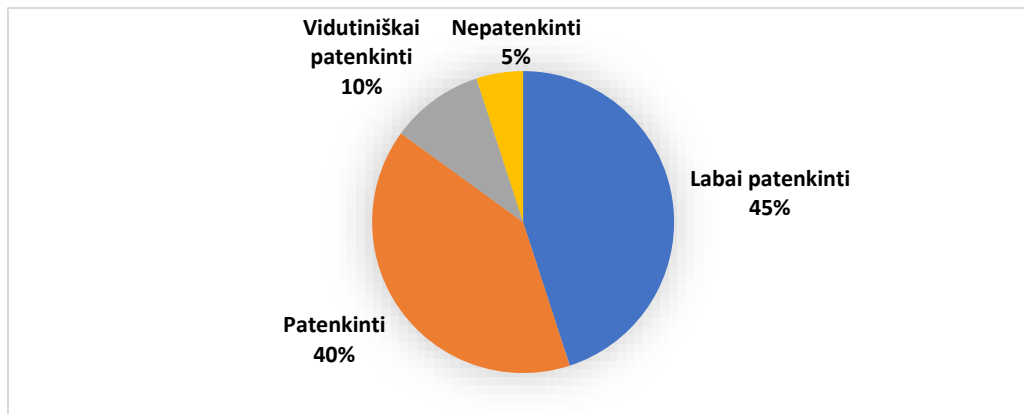
Pasak Dick ir Basu (1994), lojalumas susiformuoja iš dviejų pagrindinių dimensijų – požiūrinės (attitudinal) ir elgesio (behavioral). Požiūrinis lojalumas reiškia teigiamą kliento nusistatymą, o elgesio lojalumas pasireiškia konkrečiais veiksmais – grįžimu į tą pačią paslaugų vietą. Siekiant lojalių klientų, svarbu užtikrinti tiek aukštą paslaugų kokybę, tiek emocinį ryšį su klientu.

Tyrimo tikslas – ištirti pagrindinius veiksnius, kurie lemia klientų lojalumą X veterinarijos klinikai, siekiant suprasti, kaip šie veiksniai veikia klientų lojalumą ir kaip klinika gali stiprinti ilgalaikius santykius su savo klientais.

Tyrimo tikslui pasiekti buvo suformuluoti šie **uždaviniai**:

1. Įvertinti klientų pasitenkinimo ir paslaugų kokybės įtaką lojalumo formavimuisi X klinikoje.
2. Nustatyti pagrindines priežastis, dėl kurių klientai renkasi būtent X veterinarijos kliniką.

Tyrimo rezultatai. Pirmiausia buvo nagrinėjami du pagrindiniai lojalumą lemiantys aspektai: klientų pasitenkinimo lygis ir pagrindinės priežastys, skatinančios klientus rinktis X veterinarijos kliniką (žr. 1 pav.).

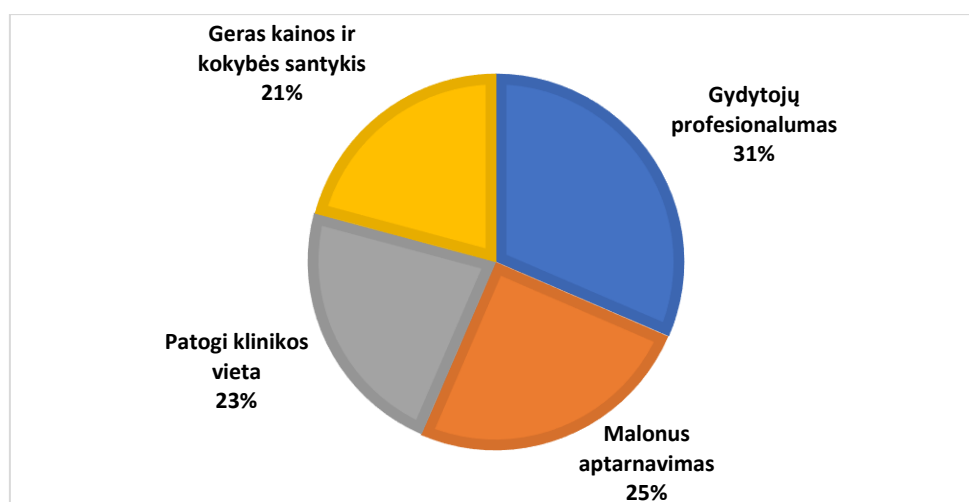


1 pav. Klientų pasiskirstymas pagal pasitenkinimą X klinikos paslaugomis, proc.

Dauguma klientų (85 proc.) išreiškė pasitenkinimą klinikos paslaugomis, tai rodo aukštą paslaugų kokybės lygį ir atitinka daugumos pacientų lūkesčius. Šis rezultatas patvirtina teorinius teiginius, jog pasitenkinimas yra esminis veiksnys, lemiantis klientų lojalumą ir paskatinantis pasikartojančius apsilankymus.

Vis dėlto dalis klientų nėra visiškai patenkinti teikiamomis paslaugomis – 5 proc. nurodė esantys nepatenkinti, o 10 proc. – patenkinti tik vidutiniškai. Tokie klientai laikomi labiau pažeidžiama grupe lojalumo požiūriu, nes jų prisirišimas prie klinikos yra silpnesnis. Jie gali lengvai pasirinkti konkurentus, jei pastebės paslaugų kokybės blogėjimą, kainų padidėjimą ar komunikacijos trūkumus. Be to, vidutinis pasitenkinimo lygis dažnai reiškia, kad klientų lūkesčiai nėra iki galo išpildyti, tai mažina emocinį ryšį su paslaugų teikėju ir didina tikimybę, kad artimiausioje ateityje bus ieškoma alternatyvų.

Ne visi klientai, kurie šiuo metu naudojami paslaugomis, yra lojalūs – kai kurie iš jų tai daro iš įpročio ar dėl patogumo, tačiau išlieka neatsparūs konkurenciniams pasiūlymams. Todėl siekiant stiprinti klientų lojalumą, svarbu ne tik palaikyti aukštą paslaugų kokybę, bet ir aktyviai stebėti klientų pasitenkinimo pokyčius bei operatyviai reaguoti į jų lūkesčius ir pastabas.

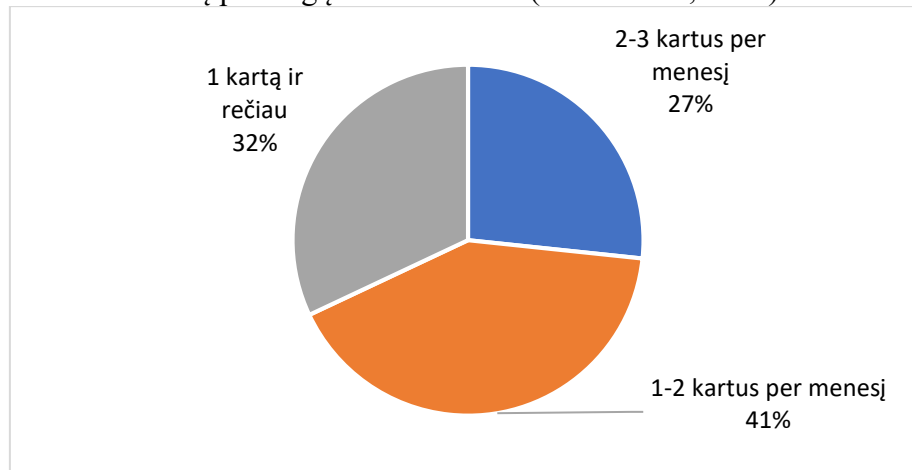


2 pav. Klientų pasiskirstymas pagal veiksnius, darančius poveikį lojalumui renkantis veterinarijos kliniką (proc.)

Remiantis 2 paveikslo duomenimis, gydytojų profesionalumas išryškėja kaip pagrindinis veiksnys, lemiantis klientų pasirinkimą. Tai patvirtina, kad pasitikėjimas specialistų kompetencija yra esminis elementas formuojant klientų lojalumą. Kaip pažymi Chaudhuri ir Holbrook (2001), pasitikėjimas yra vienas iš kertinių lojalumo komponentų, ypač paslaugų sektoriuje, kur klientai remiasi darbuotojų žiniomis ir patirtimi. Atsižvelgiant į tai, klinikai rekomenduojama nuolat investuoti į darbuotojų kvalifikacijos kėlimą, siekiant išlaikyti aukštą paslaugų kokybę ir konkurencinį pranašumą rinkoje.

Be to, malonus ir pagarbus aptarnavimas taip pat išlieka svarbus – klientai vertina ne tik gydytojo profesionalumą, bet ir bendravimo su visais klinikos darbuotojais kokybę. Tai rodo, jog emocinis ryšys ir pozityvi patirtis turi didelę reikšmę ilgalaikiam santykiui su klientu. Berry ir Bendapudi (2007) pabrėžia, kad emocinis įsitraukimas su paslaugų teikėju sukuria ilgalaikį lojalumą, net ir konkurencinėje aplinkoje. Todėl būtina skirti dėmesį klientų aptarnavimo kultūrai bei santykių valdymo strategijoms.

Kitas reikšmingas aspektas – klinikos lokacija. Ji ypač aktuali užimtiems miesto gyventojams ar šeimoms, kurioms svarbus patogumas ir laiko taupymas. Nors kainos ir kokybės santykis taip pat turi įtakos pasirinkimui, jis nėra toks lemiamas kaip pasitikėjimas profesionalumu ir teikiamų paslaugų emocinė vertė (Mittal et al., 2023).



3 pav. Klientų pasiskirstymas pagal apsilankymo X veterinarijos klinikoje dažnumą, proc.

Atliekant tyrimą X veterinarijos klinikoje, buvo analizuojamas klientų lankymosi dažnumas ir jo ryšys su lojalumu. Tyrimo duomenys parodė, kad didelė dalis klientų klinikoje lankosi reguliariai – kelis kartus per mėnesį arba bent kartą per mėnesį. Šis dažnumas rodo stiprų pasitikėjimą veterinarijos specialistais ir tvirtą ryšį su klinika.

Veterinarinės srities literatūroje pabrėžiama, kad dažnas apsilankymas klinikoje yra susijęs su didesniu klientų pasitenkinimu ir lojalumu (Lagorio, 2019; Smith & Johnson, 2021). Reguliarūs vizitai ne tik užtikrina nuolatinę augintinių sveikatos priežiūrą, bet ir skatina emocinį ryšį tarp kliento ir klinikos specialistų, kas, pasak Lagorio (2019), yra esminis veiksnys lojalumo stiprinimui.

Kita vertus, klientai, kurie kliniką lanko rečiau, dažniausiai kreipiasi tik esant būtinybei arba dėl specifinių paslaugų, todėl jų lojalumo lygis yra žemesnis (Brown, Williams, & Green, 2020). Tokie klientai dažnai neturi stipraus emocinio ryšio su klinika, o jų pasirinkimas labiau priklauso nuo momentinės būtinybės, o ne nuo pasitikėjimo ar ilgalaikio santykio.

Tyrimo rezultatai rodo, kad klientų lojalumas veterinarijos klinikai glaudžiai susijęs su reguliariu apsilankymu dažnumu. Klientai, kurie klinikoje lankosi dažniau, paprastai pasižymi didesniu pasitikėjimu veterinarijos specialistais ir stipresniu emociniu ryšiu su klinika. Šis ryšys ne tik užtikrina efektyvią augintinių sveikatos priežiūrą, bet ir skatina ilgalaikius santykius bei didina lojalumą.

Literatūroje taip pat pabrėžiama, kad dažni vizitai yra svarbi lojalumo sudedamoji dalis, nes jie padeda kurti tvirtą pasitikėjimą ir stiprina emocinį įsitraukimą (Lagorio, 2019; Smith & Johnson, 2021). Tuo tarpu klientai, kurie kreipiasi tik esant neatidėliotinai būtinybei, yra mažiau lojalūs, tai dar kartą patvirtina, kad nuolatinis bendravimas ir kokybiška priežiūra yra būtini siekiant išlaikyti klientus ilgalaikėje perspektyvoje (Brown et al., 2020). Todėl veterinarijos klinikai svarbu ne tik užtikrinti aukštą paslaugų kokybę, bet ir skatinti dažnesnį klientų apsilankymą bei kurti stiprų emocinį ryšį. Šie veiksniai tampa pagrindu tvariems klientų santykiams ir ilgalaikiam lojalumui.

Išvados.

Paslaugų kokybė yra svarbiausias lojalumą lemiantis veiksnys – net 95 % klientų teigė esantys patenkinti teikiamomis paslaugomis, tai rodo, kad aukšta paslaugų kokybė tiesiogiai susijusi su klientų lojalumu.

Gydytojų profesionalumas ir kompetencija – pagrindinis pasirinkimo kriterijus – dauguma apklaustųjų nurodė, kad būtent gydytojų kvalifikacija ir patikimumas skatina juos rinktis šią kliniką. Tai atitinka literatūroje nurodomas tendencijas, jog pasitikėjimas specialistais yra kertinis lojalumo aspektas (Lagorio, 2019; Smith & Johnson, 2021).

Emocinė sąveika ir malonus aptarnavimas sustiprina klientų ryšį su klinika – be profesionalumo, klientai vertina bendravimo kokybę ir darbuotojų rūpestingumą, tai padeda kurti teigiamą emocinį ryšį ir ilgalaikį bendradarbiavimą.

Lojalumas glaudžiai susijęs su apsilankymų dažnumu – klientai, kurie lankosi reguliariai, dažniausiai pasižymi aukštesniu lojalumo lygiu, o tie, kurie lankosi tik esant būtinybei, yra mažiau įsitraukę ir labiau linkę keisti paslaugų teikėją (Brown, Williams & Green, 2020).

Lokacija ir kainos / kokybės santykis yra reikšmingi, bet antraeiliai veiksniai – nors šie kriterijai daro įtaką, jie nėra tokie svarbūs kaip gydytojų kompetencija ir emocinis ryšys su klinika.

Norint išlaikyti klientų lojalumą, būtina ne tik teikti aukštos kokybės paslaugas, bet ir užtikrinti nuolatinį bendravimą bei klientų įsitraukimą, individualizuotą dėmesį ir vertybėmis grįstą komunikaciją.

LITERATŪRA

Beverland, M. B., Farrelly, F. J., & Woodhatch, D. R. (2004). *The role of trust and commitment in customer relationships: A case study of service providers in the healthcare sector*. Journal of Services Marketing, 18(6), 427-444.

Berry, L. L. (2000). *Cultivating service brand equity*. Journal of the Academy of Marketing Science, 28(1), 128-137.

Brown, L., Williams, M., & Green, T. (2020). *Client retention in veterinary services: Behavioral drivers and deterrents*. Journal of Veterinary Practice Management, 35(2), 102–115.

Chaudhuri, A., & Holbrook, M. B. (2001). *The chain of effects from brand trust and brand affect to brand performance: The role of brand loyalty*. Journal of Marketing, 65(2), 81–93. <https://doi.org/10.1509/jmkg.65.2.81.18255>

Dick, A. S., & Basu, K. (1994). *Customer loyalty: Toward an integrated conceptual framework*. Journal of the Academy of Marketing Science, 22(2), 99-113.

Lagorio, C. (2019). *Emotions and customer loyalty in veterinary care*. Journal of Veterinary Behavior, 30, 18-25.

Morgan, R. M., & Hunt, S. D. (1994). *The commitment-trust theory of relationship marketing*. Journal of Marketing, 58(3), 20-38. Oliver, R. L. (1999). Whence consumer loyalty? *Journal of Marketing*, 63, 33-44.

Mittal, V., Han, K., Frennea, C., Blut, M., Shaik, M., Bosukonda, N., & Sridhar, S. (2023). *Customer satisfaction, loyalty behaviors, and firm financial performance: What 40 years of*

research tells us. *Marketing Letters*, 34, 171–187. <https://doi.org/10.1007/s11002-023-09642-1>

Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., & Berry, L. L. (1988). *SERVQUAL: A multiple-item scale for measuring consumer perceptions of service quality*. *Journal of Retailing*, 64(1), 12-40.

Smith, R., & Johnson, P. (2021). *Emotional bonding and trust in veterinary care: Key drivers of client loyalty*. *International Journal of Veterinary Marketing*, 14(1), 22–34.

Verkamp, D. (2017). *Emotional engagement in healthcare services: Its impact on customer loyalty*. *Healthcare Management Review*, 42(1), 25-34

Zeithaml, V. A., Berry, L. L., & Parasuraman, A. (1996). *The behavioral consequences of service quality*. *Journal of Marketing*, 60(2), 31-46.

CUSTOMER LOYALTY RESEARCH AT X VETERINARY CLINIC

Summary. This article explores customer loyalty at X veterinary clinic, aiming to identify the key factors influencing client retention and service recommendations. The theoretical part of the study examines the concept of loyalty, including attitudinal and behavioral dimensions, as well as factors shaping loyalty such as service satisfaction, emotional attachment, and trust. The empirical part is based on a quantitative survey conducted among clients of the X clinic (N = 75). The results revealed that the most significant factors influencing loyalty are staff competence, quality of communication, and a caring attitude towards the animal. Emotional connection with the clinic was found to have a stronger impact on loyalty than price or geographic proximity. The study highlights that fostering loyalty requires not only high-quality services but also consistent, value-driven communication with clients. The findings may be useful for veterinary service providers aiming to build long-term relationships with their customers.

Keywords: *customer loyalty, service quality, healthcare, X Clinic, patient satisfaction, emotional engagement.*

TVARUS MAISTO VARTOJIMAS – VARTOTOJŲ „POŽIŪRIO – ELGESIO KETINIMŲ“ TYRIMO ANALIZĖ

Rasa Miakinkovienė, Julija Trukanaitė, Viktorija Mažeiko

Vilniaus kolegija, Agrotechnologijų fakultetas

Anotacija. Šiame darbe nagrinėjamos tvaraus maisto vartojimo sampratos teorinės prielaidos ir jų sąsajos su vartotojų elgsena, siekiant išanalizuoti sąsajas tarp vartotojų požiūrio ir elgesio. Remiantis elgsenos psichologijos ir vartojimo sociologijos teorijomis aptariama, kaip formuojasi vartotojų požiūris į tvarumą ir kokie veiksniai daro įtaką jų sprendimams maisto vartojimo kontekste. Analizėje integruojami planuoto elgesio teorijos, atsakingo vartojimo modelių bei aplinkosauginės sąmonės sampratos aspektai. Pabrėžiama, kad vartotojo elgsena tvarumo atžvilgiu priklauso ne tik nuo individualių vertybinių nuostatų, bet ir nuo socialinių normų bei ekonominių galimybių. Teoriniai svarstymai įgyja praktinę reikšmę formuojant vartotojų švietimo kryptis, viešąją komunikaciją bei sprendimų priėmimo aplinką, kuri galėtų paskatinti atsakingesnį maisto vartojimą. Tyrimo tikslui pasiekti, įgyvendinta apklausa. Tyrimo metu paaiškėjo, kad dauguma respondentų tvarų maisto vartojimą sieja su konkrečiais elgesio modeliais – maisto švaistymo mažinimu, vietinių ir sezoninių produktų pasirinkimu bei ekologiškų prekių vartojimu. Požiūris į tvarumą yra ryškiai teigiamas, tačiau ketinimų įgyvendinimą dažnai riboja tokie veiksniai kaip aukšta tvarių produktų kaina, informacijos stoka ar ribotas pasirinkimas. Šie rezultatai sustiprina teorines išvagas apie tai, kad reali vartotojo elgsena priklauso ne tik nuo asmeninių įsitikinimų, bet ir nuo kontekstinių sąlygų, tai dar kartą patvirtina planuoto elgesio teorijos aktualumą tvaraus vartojimo srityje.

Raktiniai žodžiai: *tvarus maisto vartojimas, elgesio ketinimai, vartotojų požiūris, aplinkosauginis sąmoningumas, atsakingas vartojimas, maisto pasirinkimai.*

Įvadas. Šiuolaikiniame pasaulyje vis daugiau dėmesio skiriama aplinkosaugai ir atsakingam vartojimui, todėl tvarus maisto vartojimas tampa vis aktualesne tema tiek akademinuose tyrimuose, tiek viešojoje politikoje. Tvarus vartojimas apima ne tik aplinkosauginius aspektus, bet ir socialinius bei ekonominius sprendimus, kurie susiję su sąmoningu pasirinkimu – nuo gamintojo paramos iki švaistymo mažinimo. Nors tvarumo idėjos visuomenėje plačiai palaikomos, dažnai kyla klausimas, kiek jos atsispindi realiame vartotojų elgesyje. Šis tyrimas siekia išanalizuoti, kaip vartotojai suvokia tvarų maisto vartojimą, koks jų požiūris į jį ir ar šios nuostatos išsivysto į konkrečius elgesio ketinimus. Tyrimas taip pat leidžia suprasti, kokie veiksniai lemia arba riboja vartotojų tvarumo praktikas kasdienybėje.

Tvarus maisto vartojimas yra viena iš aktualiausių šiuolaikinės visuomenės temų, turinti reikšmingą poveikį aplinkai ir visuomenės gerovei. Literatūros analizė atskleidė, kad nors daugelis vartotojų išreiškia teigiamą požiūrį į tvarų maisto vartojimą, dažnai pastebimas atotrūkis tarp šio požiūrio ir faktinių elgesio ketinimų bei veiksmų.

Pukė (2019) pažymi, kad šį atotrūkį gali lemti įvairūs veiksniai, tokie kaip informacijos trūkumas, socialinės normos ir įpročiai. Autorė pabrėžia, kad siekiant mažinti šį atotrūkį, būtina gilinti vartotojų žinias ir skatinti sąmoningą elgesį. Anot Dvairiškytės, vartotojų segmentavimas yra išskiriamas kaip svarbus analizės įrankis, leidžiantis geriau suprasti skirtingų vartotojų grupių elgsenos ypatumus. Tyrimas rodo, kad tikslinės komunikacijos ir edukacijos priemonės, orientuotos į specifinius vartotojų segmentus, gali paskatinti tvaresnį vartojimą (Dvairiškytė, 2022). Be to, Mickūnaitė (2020) pažymi, kad asmeniniai vartotojų įsitikinimai apie sveiką gyvenimo būdą ir sveikatą gali reikšmingai lemti jų požiūrį ir elgesį tvaraus vartojimo srityje. Tai reiškia, kad siekiant skatinti tvarų vartojimą, svarbu pabrėžti sveikatos naudą, susijusią su tvariais maisto produktais (Mickūnaitė, 2020). Kiti tyrimai pabrėžia vartotojų emocijų ir psichologinio komforto svarbą priimant tvarius sprendimus. Pagal Gupta ir Ogden (2009), vienas iš veiksnių, lemiančių atotrūkį tarp požiūrio ir elgesio, yra vidinis diskomfortas ar abejingumas, kylantis dėl nepakankamos motyvacijos ar skepticizmo apie tvarumo efektyvumą. Siekiant didesnio poveikio, rekomenduojama pasitelkti ne tik informacines kampanijas, bet ir emocinį įsitraukimą bei asmeninės atsakomybės jausmo stiprinimą (Gupta & Ogden, 2009). Užsienio šaltiniai taip pat pabrėžia vartotojų elgsenos sudėtingumą tvaraus maisto vartojimo kontekste. Pagal Vermeir ir Verbeke (2006), vartotojų požiūris į tvarų maisto vartojimą priklauso nuo jų vertybių, informacijos prieinamumo ir socialinės aplinkos. Autoriai pažymi, kad informacijos trūkumas ir prieštaringi socialiniai signalai gali trukdyti vartotojams įgyvendinti tvarius vartojimo ketinimus (Vermeir & Verbeke, 2006). Thøgersen (2010) pažymi,

kad ekologinio sąmoningumo didinimas ir švietimas yra vieni iš esminių veiksnių, kurie gali paskatinti tvaresnę vartojimą. Taip pat svarbu skatinti bendruomeninius projektus, kurie didina vartotojų dalyvavimą tvarumo iniciatyvose (Thøgersen, 2010).

Taigi, literatūros analizė parodė, kad vartotojų požiūrio ir elgesio ketinimų analizė yra sudėtinga, tačiau būtina siekiant skatinti tvarų maisto vartojimą. Reikia gilinti vartotojų žinias, segmentuoti vartotojus ir bendradarbiauti su nuomonės lyderiais, kad būtų pasiektas ilgalaikis ir tvarus poveikis.

Tyrimo tikslas – išanalizuoti vartotojų požiūrį į tvarų maisto vartojimą ir jo sąsają su elgesio ketinimais.

Tyrimo uždaviniai:

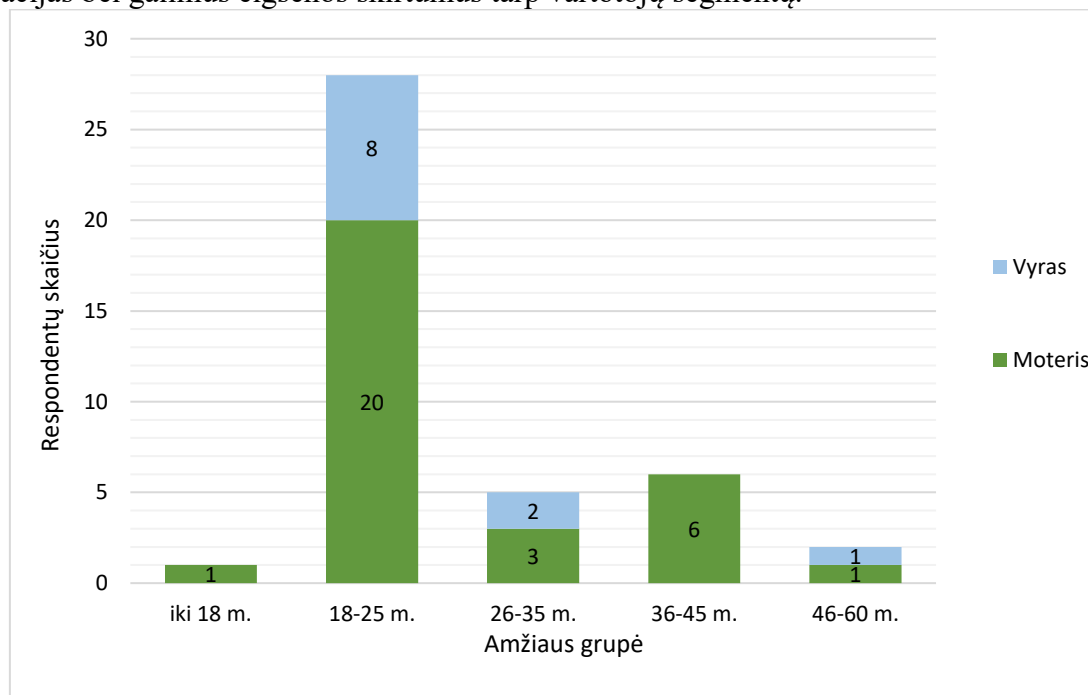
- 1) Išsiaiškinti, kaip vartotojai supranta tvarų maisto vartojimą.
- 2) Įvertinti vartotojų požiūrį į tvarų maisto vartojimą.
- 3) Nustatyti vartotojų ketinimus elgtis tvariai maisto vartojimo kontekste.

Tyrimo metodika. Kiekybinis tyrimo metodas – apklausa naudojant anketą. Apklausos duomenys buvo analizuojami statistiniais metodais. Tyrimas buvo vykdomas 2025 m. kovo–balandžio mėnesiais.

Tyrimo rezultatų analizė. Apklausoje (N=41) dalyvavo įvairaus amžiaus ir išsilavinimo respondentai. Dauguma apklausos dalyvių buvo 18–25 metų amžiaus – ši grupė sudarė net 29 iš 41 respondentų. Tai rodo, kad tyrimo rezultatai daugiausia atspindi jaunimo požiūrį į tvarų maisto vartojimą. Kitos amžiaus grupės tyrime dalyvavo žymiai rečiau: 26–35 m. – 5 respondentai, 36–45 m. – 6, 46–60 m. – 2, iki 18 metų – tik vienas asmuo.

Tarp respondentų tyrime dominavo moterys – jų buvo 29, palyginti su 14 vyrų ir 2 respondентаis, pasirinkusiais nenurodyti lyties. Šis pasiskirstymas rodo aktyvesnę moterų įsitraukimą į apklausą, kas gali būti susiję ir su didesniu jų domėjimusi aplinkosauga ar socialiniais klausimais.

Pirmiausia tyrimo rezultatai daugiausia atspindi jaunų moterų nuostatas, kas gali turėti įtakos bendriesiems rezultatų vertinimams. Antra, akivaizdus moterų dominavimas imtyje galėjo prisidėti prie stiprių tvarumo palaikymo tendencijų, užfiksuotų tiek požiūrių, tiek elgesio ketinimų analizėje. Trečia, nors bendras požiūris į tvarų vartojimą buvo pozityvus, platesnė amžiaus ir lyties grupių įtrauktis ateities tyrimuose leistų išsamiau atskleisti tvarumo sampratos variacijas bei galimus elgsenos skirtumus tarp vartotojų segmentų.

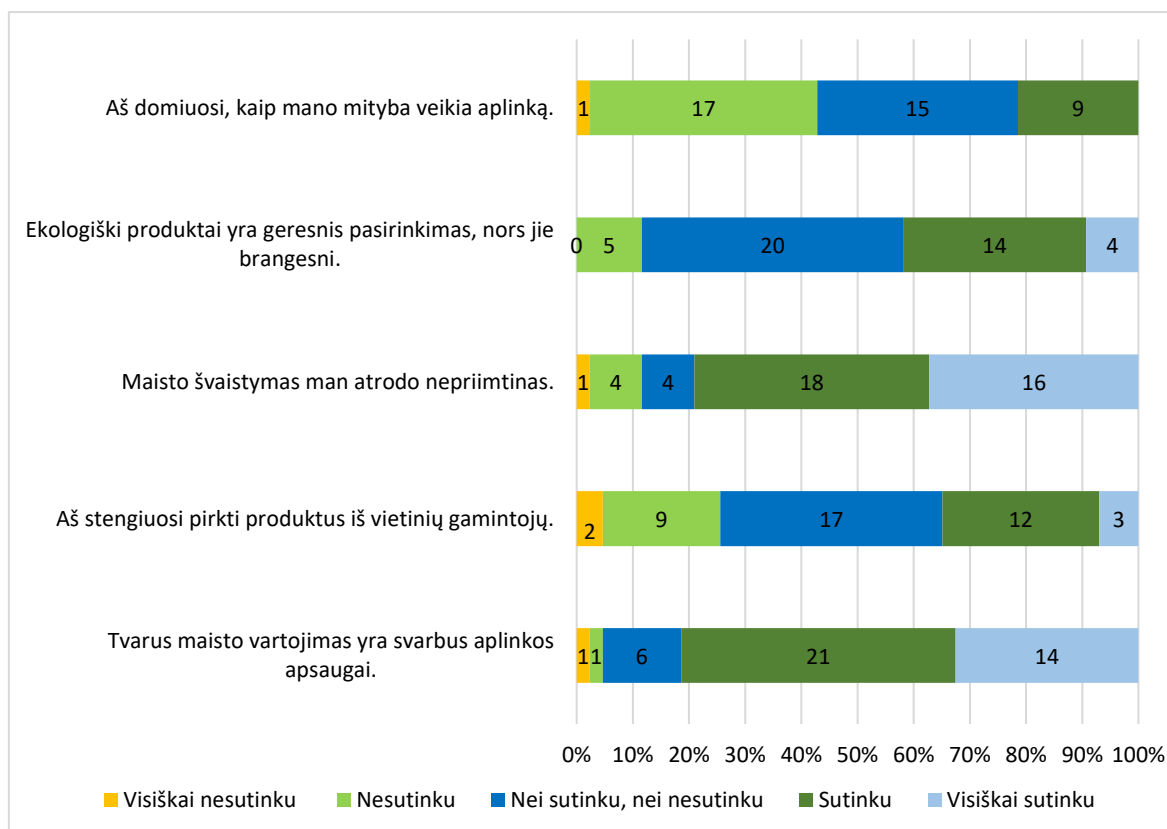


2 pav. Respondentų pasiskirstymas pagal amžių ir lytį (N=41)

Tyrimo rezultatai, pateikti 2 paveiksle „Respondentų pasiskirstymas pagal požiūrį į tvarų maisto vartojimą“, rodo, kad dalyviai iš esmės vertina tvarumą teigiamai. Stipriausio palaikymo sulaukė teiginiai „Tvarus maisto vartojimas yra svarbus aplinkos apsaugai“ ir „Maisto švaistymas man atrodo nepriimtinas“. Šiems teiginiams pritarė arba visiškai pritarė atitinkamai 35 ir 34 respondentai. Tai rodo, kad dauguma apklaustųjų tvarumą vertina kaip reikšmingą ir supranta jo poveikį aplinkosaugai.

Taip pat 30 respondentų nurodė sutinkantys su teiginiu „Aš domiuosi, kaip mano mityba veikia aplinką“, tai leidžia kalbėti apie gilėjantį sąmoningumą ir asmeninę atsakomybę už vartojimo pasekmes. Be to, 28 dalyviai sutiko, kad „Ekologiški produktai yra geresnis pasirinkimas, nors jie brangesni“, tai rodo, kad dalis vartotojų yra pasirengę investuoti į tvarius sprendimus net ir kainos sąskaita.

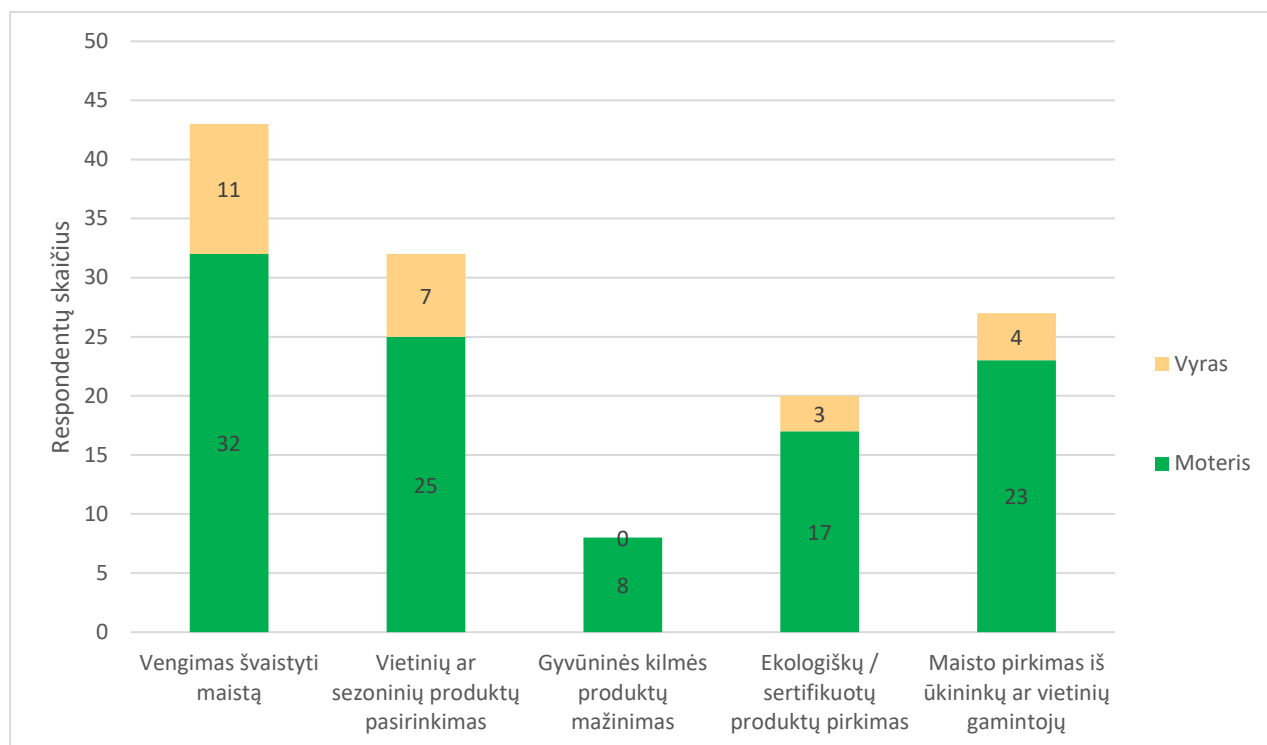
Kiek silpnesnė, tačiau vis tiek pozityvi nuostata atsiskleidė teiginyje „Aš stengiuosi pirkti produktus iš vietinių gamintojų“ – šį teiginį palaikė 15 respondentų. Nors tai mažiau nei kituose tvirtinimuose, vis dėlto jis rodo svarbų socialinį tvarumo aspektą – paramą vietos ekonomikai.



3 pav. Respondentų pasiskirstymas pagal požiūrį į tvarų maisto vartojimą (N=41)

Tyrimo rezultatai atskleidė, kad dauguma respondentų tvarų maisto vartojimą sieja su apčiuopiamais, praktinio pobūdžio veiksmais. Dažniausiai minimas tvaraus elgesio aspektas – vengti maisto švaistymo – jį nurodė net 43 tyrimo dalyviai. Kiti dažnai pasirenkami veiksniai – vietinių ar sezoninių produktų vartojimas (33 respondentai), maisto įsigijimas iš vietos ūkininkų ar gamintojų (28 respondentai), taip pat ekologiškų arba sertifikuotų produktų pirkimas (26 respondentai). Šie duomenys leidžia daryti prielaidą, kad vartotojai tvarumą suvokia kaip elgsenos praktiką, apimančią tiek aplinkosauginius, tiek sąmoningo vartojimo aspektus. Tuo tarpu gyvūninės kilmės produktų vartojimo mažinimas, kurį pasirinko tik 8 respondentai, išlieka mažiau populiarus pasirinkimas. Tai gali rodyti, jog šis tvarumo aspektas vartotojams dar nėra plačiai priimtinas arba yra mažiau žinomas bei suprantamas. Pažymėtina, kad dauguma respondentų pažymėjo daugiau nei vieną tvaraus vartojimo aspektą, o tai liudija kompleksinę tvarumo sampratą. Ji apima ne tik aplinkos apsaugą, bet ir vietos ekonomikos palaikymą bei sveikesnių gyvenimo būdo pasirinkimų prioritetizavimą. Atskirų atsakymų

įvairovė rodo, kad vartotojai geba tvarumo sąvoką susieti su skirtingomis vertybinėmis ir praktinėmis dimensijomis. Apibendrinant galima teigti, kad daugeliui respondentų tvarus maisto vartojimas reiškia sąmoningą ir atsakingą sprendimų priėmimą, grindžiamą aplinkosaugos, sveikatos ir socialinės atsakomybės principais.



4 pav. Tvarumo suvokimo aspektų pasiskirstymas tarp respondentų

Remiantis paveikslu „Respondentų ketinimai elgtis tvariai maisto vartojimo kontekste“ duomenimis, nustatyta, kad dauguma apklaustųjų planuoja taikyti tvarumo principus įvairiuose maisto vartojimo aspektuose. Dažniausiai įvardijami ketinimai apima vietinių ir sezoninių produktų pasirinkimą, maisto švaistymo mažinimą, dėmesingą produktų sudėties bei kilmės šalies skaitymą, taip pat mitybos įpročių keitimą, siekiant prisidėti prie tvaresnio gyvenimo būdo. Šie rezultatai rodo, kad respondentai neapsiriboja vien tik paviršiniu tvarumo suvokimu, bet siekia sąmoningai koreguoti kasdienius vartojimo įpročius, orientuodamiesi į ilgalaikį poveikį aplinkai, sveikatai ir socialinei atsakomybei.

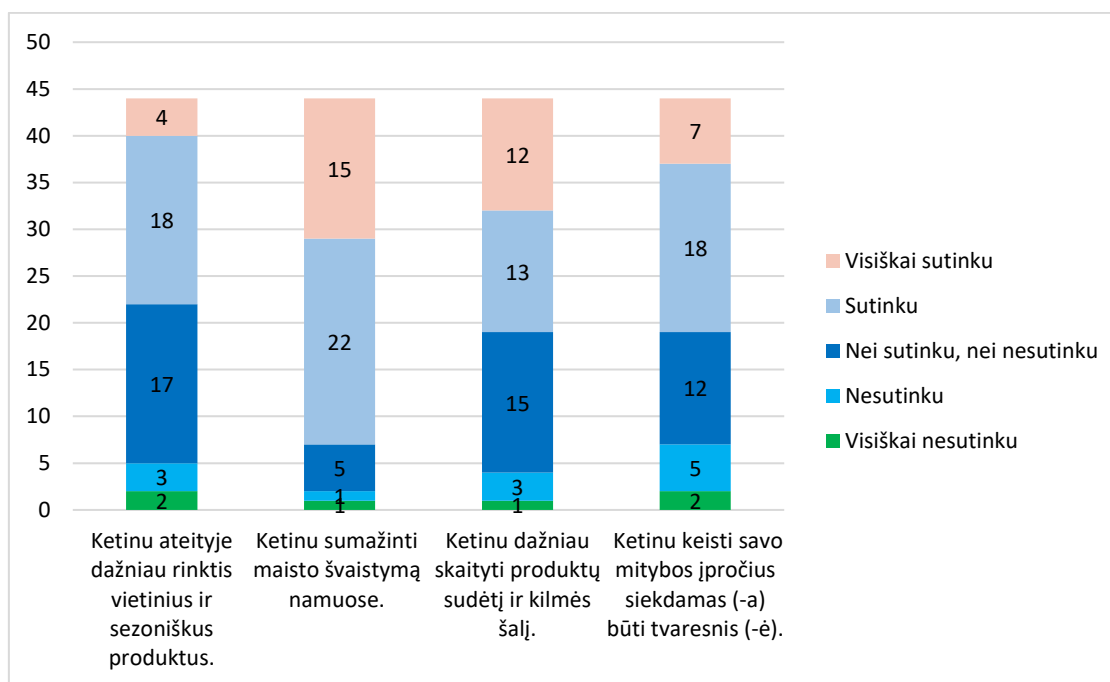
Vertinimų pasiskirstymas atskleidžia ryškia pozityvią tendenciją – kiekviename teiginyje daugiausia respondentų pasirinko atsakymus „sutinku“ arba „visiškai sutinku“. Pavyzdžiui, net 40 apklaustųjų nurodė ketinantys mažinti maisto švaistymą, 36 planuoja rinktis vietinius produktus, o 34 teigė ketinantys skaityti produktų sudėtį ir kilmę.

Šie duomenys leidžia daryti prielaidą, kad tvaraus vartojimo idėjos respondentų vertybiniame lauke nėra tik abstrakčios ar teorinės – jos įgyja konkrečią išraišką planuojamuose elgesio modeliuose. Tai rodo, kad tvarumo nuostatos pereina į intencijų lygmenį, kuris yra svarbus žingsnis realių pokyčių link vartojimo praktikoje.

Kiek mažesni, bet reikšmingi rezultatai yra susiję su ketinimu keisti mitybos įpročius – ir čia daugiau nei pusė respondentų išreiškė pritarimą, šiek tiek daugiau dalyvių pasirinko neutralią poziciją („nei sutinku, nei nesutinku“) arba nepasitikėjimą savo galimybėmis tai įgyvendinti. Tokia tendencija gali atspindėti, kad šis aspektas reikalauja daugiau pastangų, žinių ar motyvacijos.

Rezultatai rodo aukštą vartotojų sąmoningumo lygį ir tikėtinas elgsenos pokyčių kryptis, tačiau taip pat leidžia identifikuoti sritis, kurioms reikalingas papildomas dėmesys – ypač informacinis ar edukacinis. Ketinimai pereiti prie tvaraus elgesio yra aiškiai išreikšti, tačiau

tam, kad jie virstų nuoseklia praktika, būtina užtikrinti tvarių produktų prieinamumą, išsklaidyti abejones bei motyvuoti elgsenos pokyčiams ilgalaikėje perspektyvoje.



5 pav. Respondentų ketinimai elgtis tvariai maisto vartojimo kontekste

Vokietijoje atliktas tyrimas parodė, kad nors dauguma vartotojų deklaruoja tvarumo nuostatas ir ketina rinktis ekologiškus ar vietinius produktus, „faktinis elgesys dažnai nesutampa su deklaruotais ketinimais dėl kainų ir patogumo veiksnių“ (Pino ir kt., 2022). Tai rodo, kad nors sąmoningumas auga, ekonominiai aspektai išlieka svarbūs vartotojų sprendimams.

Švedijoje 2020 m. atliktas tyrimas atskleidė, kad „nors dauguma respondentų nurodo ketinimus rinktis sezoninius ir vietinius produktus bei mažinti maisto švaistymą, kai kuriems trūksta praktinių žinių, kaip įgyvendinti tvarius sprendimus“ (Olofsson ir kt., 2020). Tai rodo informacinės paramos poreikį.

Išvados:

Dauguma respondentų tvarų maisto vartojimą sieja su aiškiais, praktiškai įgyvendinamais veiksmais – dažniausiai įvardijamas maisto švaistymo vengimas, vietinių bei sezoninių produktų pasirinkimas ir ekologiškų prekių vartojimas. Tai leidžia teigti, kad tvarumo sąvoka vartotojams nėra abstrakti – ji suvokiama per kasdienes sprendimus ir elgseną.

Respondentų požiūris į tvarų maisto vartojimą yra ryškiai teigiamas. Dauguma apklaustųjų pripažįsta tvarumo svarbą aplinkos apsaugai ir teigia besidomintys savo mitybos poveikiu gamtai. Šie duomenys rodo aukštą aplinkosauginio sąmoningumo lygį ir stiprias tvarumo vertybes.

Tyrimo rezultatai rodo stiprius ketinimus elgtis tvariai: respondentai planuoja rinktis vietinius ir sezoninius produktus, mažinti maisto švaistymą, atsakingiau vertinti produktų sudėtį ir kilmę bei keisti savo mitybos įpročius.

Nepaisant pozityvių ketinimų, jų įgyvendinimą sunkina tam tikros kliūtys – pagrindiniais barjeriais įvardijamos didesnės tvarių produktų kainos, informacijos apie tvarius pasirinkimus trūkumas bei ribotas prekių asortimentas prekybos vietose. Šie veiksniai riboja galimybes perkelti ketinimus į faktinį elgesį.

Tyrimo rezultatai atskleidžia ryšį tarp pozityvaus požiūrio į tvarų vartojimą ir elgesio ketinimų. Vis dėlto vien teigiamų nuostatų nepakanka – siekiant, kad ketinimai virstų realiais veiksmais, būtina sudaryti palankią aplinką, kuri padėtų tvariam elgesiui įsitvirtinti kasdienėje praktikoje.

Apibendrinant įvairiose šalyse atliktus tyrimus galima teigti, jog nors vartotojų sąmoningumas apie tvarumą visame pasaulyje didėja, įvairūs ekonominiai, kultūriniai ir socialiniai barjerai riboja jų elgesio pokyčius. Todėl siekiant, kad teigiami požiūriai taptų realiais veiksmais, būtina ne tik didinti žinias, bet ir kurti palankias sąlygas bei atsižvelgti į kultūrinius kontekstus.

LITERATŪRA

Dvariškytė, U. (2022). *Lietuvos vartotojų segmentavimas pagal tvarų maisto vartojimą*. Kauno technologijos universitetas. Prieiga internetu: <https://epubl.ktu.edu/object/elaba%3A131125731/MAIN>

Garnett, T. (2014). What is a sustainable healthy diet? A discussion paper. *Food Climate Research Network*, University of Oxford

Gupta, S., & Ogden, D. T. (2009). *To buy or not to buy? A social dilemma perspective on green buying*. *Journal of Consumer Marketing*, 26(6), 376–391

Mickūnaitė, I. (2020). *Aplinkai draugiškų prekių pasirinkimą lemiantys veiksniai*. Vilniaus universitetas. Prieiga internetu: <https://talpykla.elaba.lt/elaba-fedora/objects/elaba%3A58575980/datastreams/MAIN/content>

Olofsson, A., Berg, P., & Öhman, K. (2020). Consumers' knowledge and intentions regarding sustainable food choices in Sweden. *Sustainability*, 12(7), 2893

Pino, G., Peluso, A. M., Guido, G., & Lagioia, G. (2022). Sustainable food consumption: An analysis of consumer perceptions and behaviors in Germany. *Sustainability*, 14(3), 1345

Pukė, L. (2019). *Tvaraus vartojimo elgsenos atotrūkio tarp ketinimo ir veiksmo tyrimų tendencijos*. Vytauto Didžiojo universitetas. Prieiga internetu: <https://ejournals.vdu.lt/index.php/mtsrbid/article/download/333/406>

Thøgersen, J. (2010). Country differences in sustainable consumption: The case of organic food. *Journal of Macromarketing*, 30(2), 171-185.

ANALYSIS OF CONSUMERS "ATTITUDE – BEHAVIORAL INTENTIONS" IN SUSTAINABLE FOOD CONSUMPTION

Summary. The present study explores consumer attitudes toward sustainable food consumption and the behavioral intentions associated with it, drawing on theoretical perspectives from behavioral psychology and sociology. The aim is to understand how individuals conceptualize sustainability in the context of food choices and which factors influence or hinder their willingness to act accordingly. A quantitative survey revealed that most participants associate sustainable consumption with concrete actions, such as reducing food waste and choosing local or organic products. Although the general attitude toward sustainability is highly positive, the realization of these intentions is often limited by practical barriers—such as higher prices, limited product availability, or lack of information. The findings confirm that sustainable behavior depends not only on personal values but also on broader environmental and social factors. The study underscores the importance of education, accessible information, and supportive conditions in encouraging more responsible consumption practices.

Keywords: sustainable food consumption, behavioral intentions, consumer attitudes, environmental awareness, responsible consumption, food choices

GYVŪNŲ AUGINTINIŲ ĖDALO PIRKIMO SPRENDIMUS LEMIANTYS VEIKSNIAI

Rasa Miakinkovienė, Rachelė Laužikaitė

Vilniaus kolegija, Agrotechnologijų fakultetas

Anotacija. Šiame darbe nagrinėjami veiksniai, darantys įtaką pirkėjų sprendimams perkant gyvūnų augintinių ėdalą. Atsižvelgiant į augantį pirkėjų sąmoningumą ir augintinių mitybos svarbą, siekta nustatyti, kas labiausiai lemia pirkimo sprendimus, išanalizuoti pagrindinius pasirinkimo kriterijus bei pirkėjų požiūrį į įvairius ėdalo pirkimo aspektus. Tyrimas atliktas remiantis moksliniais šaltiniais bei atlikta apklausa. Tyrimo duomenys surinkti naudojant anoniminį struktūrizuotą klausimyną, kuris leidžia gauti standartizuotus atsakymus ir juos kiekybiškai analizuoti. Gautos išvados rodo, jog didžiausią įtaką sprendimui turi veterinarų rekomendacijos, asmeninė patirtis bei informacijos prieinamumas internete. Pirkėjai dažniausiai vertina ėdalo sudėtį ir kainą, o prekės ženklas bei pakuotės dizainas laikomi mažiau svarbiais. Taip pat dauguma palankiai vertina produktus su žymomis „natūralus“, „be grūdų“, „ekologiškas“ ir dažnai linkę mokėti daugiau už tvarų ir sveikatai palankų ėdalą. Nors dauguma ėdalą perka fizinėse parduotuvėse, internetu dažniausiai renkasi dėl kainos ir patogumo.

Raktiniai žodžiai: *pirkėjo elgsena, gyvūnų ėdalas, pasirinkimo veiksniai, pirkimo sprendimai, tvarūs produktai.*

Išvadas. Gyvūnų augintinių rinka pastaraisiais metais sparčiai auga, kartu su ja – ir naminių gyvūnų ėdalo pasiūla bei paklausa. Statistikos duomenimis, gyvūnų ėdalo rinka Lietuvoje 2025 m. turėtų siekti ~147 mln. USD, o augimo tempas – apie 3 % per metus, kylant gyvūnų savininkų sąmoningumui dėl mitybos ir sveikatos (Statista, 2025). Su šia dinamika susijęs ir vis didesnis dėmesys, skiriamas pirkėjų elgsenai bei jų pirkimo sprendimus lemiantiems veiksniams. Tyrimai rodo, kad gyvūnų augintinių savininkų sprendimai pirkti tam tikrą pašarą yra kompleksiniai ir priklauso nuo daugybės veiksnių, tokių kaip gyvūno sveikata, prekės ženklas, kaina, sudėtis, veterinarų rekomendacijos bei augintinio preferencijos. Gyvūnų augintinių ėdalo rinka sparčiai plečiasi – gamintojai siūlo vis daugiau produktų, pažymėtų kaip „natūralūs“, „be grūdų“, „ekologiški“ ar „tvarūs“. Atsižvelgiant į didėjančią pasiūlą ir kintančius vartojimo įpročius, tampa vis svarbiau suprasti, kokie veiksniai iš tikrųjų lemia pirkėjų sprendimus perkant gyvūnų ėdalą. Mokslinėje literatūroje pabrėžiama, kad svarbūs ne tik produkto sudėties ar kainos aspektai, bet ir tokie veiksniai kaip veterinarų rekomendacijos, informacijos prieinamumas ar vartotojo asmeninė patirtis. Augintinių šeimininkai dažnai formuoja stiprų emocinį ryšį su savo gyvūnais, o tai atsispindi jų pirkimo elgsenoje. Dotson ir Hyatt (2008) teigia, kad daugelis šeimininkų gyvūnus traktuoja kaip „vaikus“, todėl jų mityba tampa ne mažiau svarbi nei žmogaus. Šis emocinis prisirišimas lemia polinkį rinktis aukštesnės kokybės ar brangesnį pašarą, kuris, šeimininko nuomone, geriau atitinka augintinio poreikius. Ne mažiau svarbus sprendimą lemiantis veiksnys – gyvūno sveikatos būklė. Vis daugiau gyvūnų šeimininkų renkasi natūralius ar funkcinius pašarus, kurių sudėtyje nėra dirbtinių priedų, dažiklių ar grūdų (Yiridoe et al., 2010). Šie sprendimai dažnai susiję su sąmoningumu bei informuotumu apie gyvūnų mitybos poveikį jų ilgaamžiškumui ir gyvenimo kokybei. Dodd, Cave ir Adolphe (2021) tyrimas parodė, kad pirkėjai ypač vertina ėdalo sudėtį, kokybę ir ingredientų šviežumą. Be to, pirkėjai vis dažniau renkasi produktus, pažymėtus kaip „natūralūs“ ar „be grūdų“, nes jais pasitiki labiau ir gyvūnų savininkai yra pasirengę mokėti daugiau už tvarų ir ekologišką ėdalą, tai rodo sąmoningą požiūrį į produktų kokybę bei gyvūnų sveikatą. Pirkėjų sąmoningumas aplinkosaugos srityje skatina rinktis tvarius produktus. Tai apima ne tik paties ėdalo gamybos procesą, bet ir pakuotės perdirbamumą, gyvūninės kilmės ingredientų kilmę bei gamybos grandinės etiškumą. Verain ir kt. (2021) nurodo, kad vis daugiau gyvūnų savininkų įtraukia tvarumo kriterijų į savo sprendimų priėmimo procesą.

Dauguma komercinių naminių gyvūnų ėdalo produktų yra gaminami remiantis viešai prieinamose duomenų bazėse pateikiama ingredientų maistine sudėtimi. Ėdalo sudėtis bei maistinė vertė išlieka vienais svarbiausių veiksnių, lemiančių gyvūno savininko pasirinkimą – pirkti žalią, šlapią ar sausą ėdalą. Nemaža dalis naminių gyvūnų savininkų tam tikrus ingredientus, pavyzdžiui, kviečius ar kukurūzus, vertina kaip žemos kokybės komponentus ar net užpildus, tačiau nepaisant to, dažnai renkasi sausą ėdalą su grūdais dėl jo prieinamumo, ilgesnio galiojimo termino ir patogaus naudojimo. Be to, pirkėjai vis dažniau atkreipia dėmesį į produktų gamybos ir perdirbimo ypatumus. Natūralus, visavertis, ekologiškai pagamintas ėdalas pastaraisiais metais įgauna vis didesnį populiarumą, o jo pasirinkimą

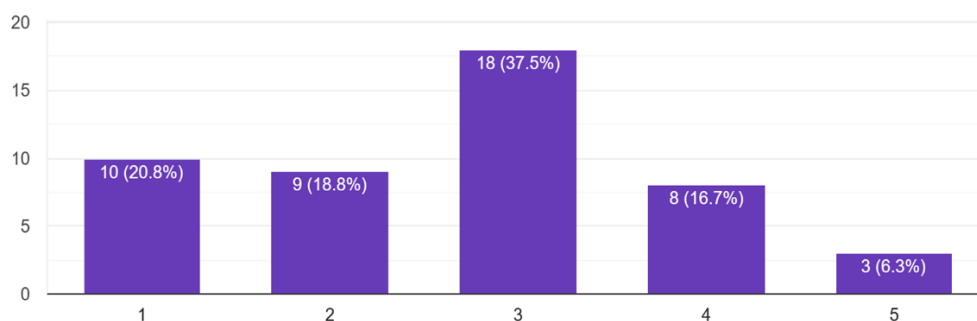
skatina augantis sąmoningumas bei orientacija į gyvūno sveikatos užtikrinimą. Kaip rodo veterinarinės literatūros analizė, gyvūnų augintinių savininkai, priimdami sprendimą dėl ėdalo pirkimo, aktyviai ieško specifinių produkto savybių ir remiasi įvairiais informacijos šaltiniais. Tyrimai rodo, kad tarp svarbiausių informacijos šaltinių gyvūnų turėtojai nurodo veterinarijos gydytojus bei interneto išteklius, kurie reikšmingai veikia jų sprendimus (Park & Um, 2021; Kwak & Cha, 2021). Šie tyrimai, atlikti COVID-19 pandemijos laikotarpiu, atskleidė padidėjusį informacijos poreikį bei išaugusį domėjimąsi augintinių sveikata, kas dar labiau sustiprino orientaciją į kokybišką ir atsakingą ėdalo pasirinkimą.

Tikslas: išanalizuoti ir nustatyti pagrindinius veiksnius, lemiančius gyvūnų šeimininkų pasirinkimą perkant gyvūnų augintinių ėdalą. Tikslui pasiekti buvo iškelti šie **uždaviniai**:

1. Išsiaiškinti, kokie informacijos šaltiniai turi didžiausią įtaką renkantis augintinių ėdalą.
2. Įvertinti, kiek svarbūs gyvūnų turėtojams yra ėdalo sudėtis, kainos, prekės ženklo ar veterinarų rekomendacijų kriterijai.
3. Išnagrinėti požiūrį į produktus su žymomis „natūralus“, „be grūdų“ ar „tvarus“.
4. Nustatyti, kaip dažnai pirkėjai renkasi ėdalą internetu ir kokie veiksniai lemia tokį pasirinkimą.

Tyrimo rezultatai. Įmonės, turinčios gerą reputaciją, aukštą klientų informuotumo lygį, teigiamą produkto įvaizdį ir žemą su rizika susijusį pažinimo lygį, turi didelį pranašumą. Vertinant produktą ar paslaugą, prekės ženklo įvaizdis ir reputacija yra svarbūs išoriniai signalai, galintys pritraukti vartotojus ir daryti įtaką pirkimo ketinimams. Ėdalo pasirinkimą lemia ne tik su produktu susiję veiksniai, bet ir kiti kontekstiniai veiksniai. Pirkėjai, ieškodami informacijos apie naujus produktus, dažnai gauna patarimų ir rekomendacijų iš kitų, todėl rekomendacijos turi reikšmingos įtakos jų reakcijai į naujus maisto produktus. Remiantis 2025 m. kovo–gegužės mėnesiais atliktu tyrimu (N=48) galima teigti, jog gyvūnų ėdalo ženklų įvaizdis vertinamas kaip vidutiniškai svarbus (60 %). Tyrime dalyvavo 48 respondentai, kurių amžiaus vidurkis – 25 metai. 90 procentų dalyvavusiųjų apklausoje buvo moterys ir tik 10 procentų buvo vyrai.

Kiek jums svarbus prekės ženklo įvaizdis? (1 – visiškai nesvarbus, 5 – labai svarbus)
48 responses



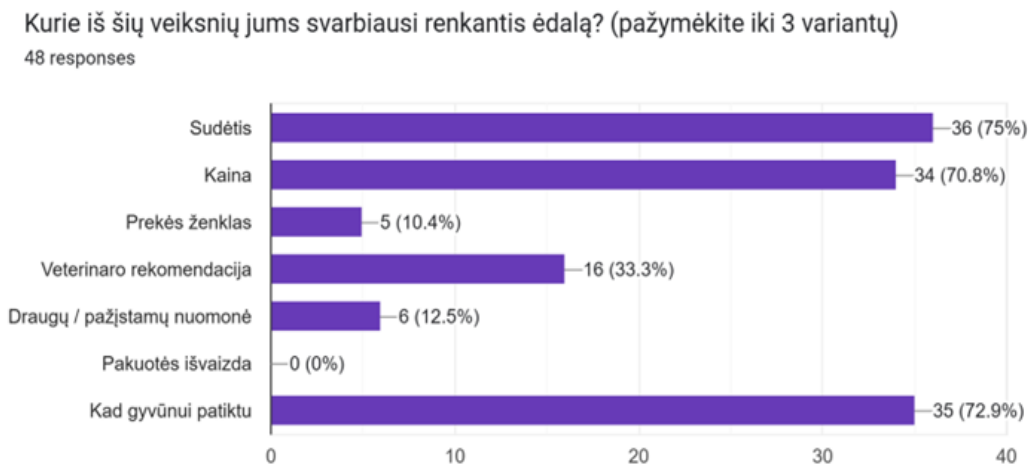
1 pav. Prekės ženklo įvaizdžio svarba gyvūnų augintinių ėdalo pirkėjams (N=48)

Tyrimo duomenimis (2 pav.), svarbiausiu ėdalo pasirinkimo veiksniu respondentai nurodė ėdalo sudėtį (n = 36; 75 %), vos šiek tiek atsiliko kriterijus „kad gyvūnui patiktų“ (n = 35; 72,9 %), trečioje vietoje – kaina (n = 34; 70,8 %). Tai rodo, kad pirkimo sprendimai grindžiami ne vien emociniais ar ekonominiais motyvais, bet ir informuotu požiūriu į gyvūno mitybos kokybę.

Šie rezultatai koreliuoja su Park ir Um (2021) bei Kwak ir Cha (2021) tyrimų išvadomis, kuriose pabrėžiama, kad pandemijos laikotarpiu gyvūnų savininkai labiau ėmė domėtis ėdalo sudėtimi, siekdami užtikrinti augintinio sveikatą ir stiprinti imunitetą. Taip pat pastebėta, kad sprendimai grindžiami tiek racionaliais kriterijais (pvz., maistinė sudėtis), tiek emocine sąsaja (gyvūno patirtas pasitenkinimas). Veterinarų rekomendacijas svarbiu pasirinkimo veiksniu įvardijo 33,3 % respondentų (n = 16). Tai rodo, kad nors veterinarijos specialistų nuomonė

vertinama, tačiau ji nėra pirminis veiksnys daugumai respondentų. Tokie rezultatai gali būti aiškinami keliais aspektais:

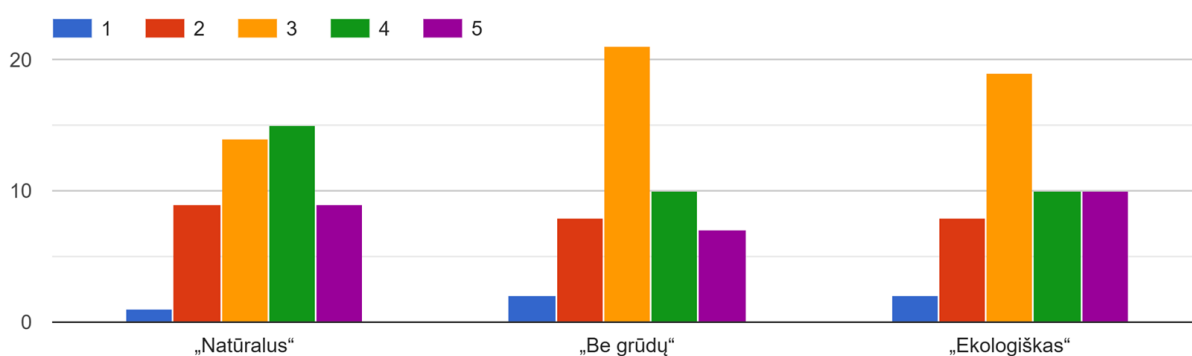
1. Gyvūnų šeiminiškai dažnai remiasi asmenine patirtimi ir ilgalaikiais stebėjimais, o ne vien ekspertų patarimais.
2. Gali trūkti reguliaraus kontakto su veterinaru arba rekomendacijos suteikiamos tik esant sveikatos problemoms, o ne kasdieniams mitybos pasirinkimams.



2 pav. Respondentų pasiskirstymas pagal įvairių veiksnių įtaką sprendimams

Respondentų buvo prašoma įvertinti tris populiarius ženklinimo teiginius: „Natūralus“, „Be grūdų“ ir „Ekologiškas“. Kiekvienas vertinimas buvo pateiktas Likerto skalėje nuo 1 iki 5. Paaiškėjo (3 pav.), kad užrašai „Natūralus“ ir „Ekologiškas“ kelia santykinai aukštą pasitikėjimą, tuo tarpu „Be grūdų“ dažniau vertinamas neutraliai arba skeptiškai. Tai rodo, kad vartotojai vis dar interpretuoja šiuos terminus nevienareikšmiškai – kai kuriais atvejais žymėjimas suvokiamas kaip rinkodaros strategija, o ne faktinė produkto kokybės garantija.

Kaip vertinate šiuos užrašus ant ėdalo pakuotės? (1 – visiškai nepasitikiu, 5 – visiškai pasitikiu)

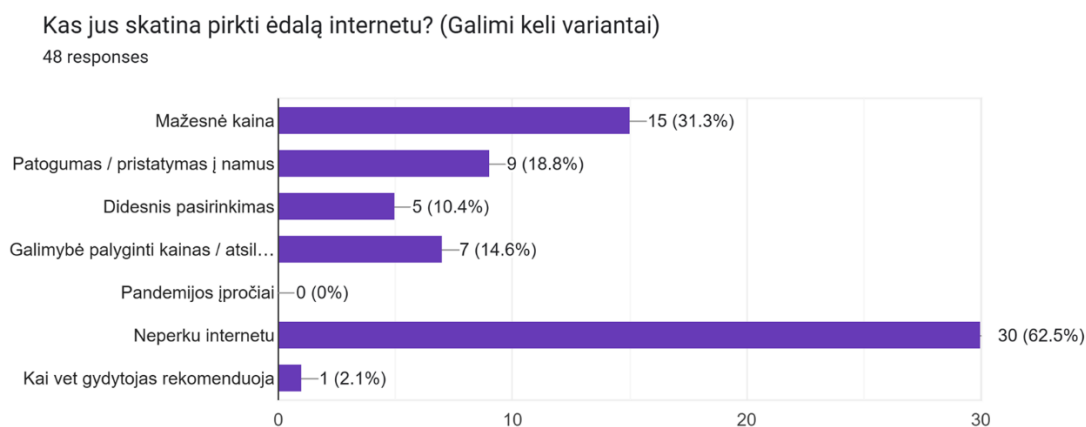


3 pav. Gyvūnų ėdalo užrašų ant pakuočių vertinimas

Panašūs kitose šalyse atlikti tyrimai (Martins et al., 2022, Conway et al., 2021) rodo, kad gyvūnų augintojai teikia prioritetą ėdalo sudėčiai, o natūralūs ingredientai laikomi aukštos kokybės rodikliu. Veterinarų rekomendacijos buvo pagrindinis informacijos šaltinis, o internetas – antrinis. Prancūzijoje ir Vokietijoje daugiau kaip pusė gyvūnų augintojų pasikliauja

veterinarų arba pardavėjų rekomendacijomis. Prancūzijos vartotojai itin jautrūs „specialios paskirties“ ėdalui (pagal amžių, sveikatos būklę), o Vokietijoje labiau svarbi socialinė įtaka.

Net 62,5 % apklaustųjų (30 iš 48) nurodė (4 pav.), kad neperka gyvūnų ėdalo internetu. Tai rodo, kad fizinės parduotuvės išlieka pagrindine įsigijimo vieta ir kad pirkimas internetu dar nėra plačiai paplitęs šioje prekių kategorijoje.



4 pav. Respondentų pasiskirstymas pagal elgseną perkant ėdalą augintiniams internetu

Išvados.

Tyrimo duomenimis, dauguma respondentų, rinkdamiesi ėdalą, pirmiausia atsižvelgia į maistinę sudėtį (75 %), kainą (70,8 %) ir tai, ar gyvūnui patinka ėdalas (72,9 %). Tai rodo, kad vartotojai siekia subalansuoti sveikatos, ekonominius ir emocinius aspektus.

Veterinarų rekomendacijos turi reikšmės, tačiau prekės ženklas – ne. Veterinarų nuomonė (33,3 %) laikoma svarbesniu pasirinkimo šaltiniu nei, pavyzdžiui, prekės ženklas (10,4 %) ar draugų rekomendacijos (12,5 %). Tai atskleidžia, kad vartotojai pasitiki profesionalia informacija, o ne vien asmenine patirtimi ar rinkodaros įvaizdžiu.

Vizualiniai aspektai (pvz., pakuotės dizainas) neturi lemiamos įtakos. Pakuotės išvaizda nebuvo laikoma svarbiu veiksniu nė vieno respondento (0 %), tai rodo, kad estetiški sprendimai nepakeičia produkto turinio vertinimo.

Pasitikėjimas etiketėmis – selektyvus ir nevienareikšmis. Vertinant tokius ženklus kaip „natūralus“, „ekologiškas“ ir „be grūdų“, dauguma respondentų buvo linkę išreikšti vidutinį arba sąlyginai aukštą pasitikėjimą, tačiau pasitaikė ir skeptiškų vertinimų, ypač dėl užrašo „be grūdų“. Tai rodo, kad vartotojai kritiškai vertina rinkodaros terminus ir jiems svarbus tikrasis šių žymėjimų turinys.

Kadangi sudėtis yra svarbiausias veiksnys (75 %), gamintojai turėtų aiškiai ir skaidriai deklaruoti ingredientus.

LITERATŪRA

Conway, J., Palmieri, C., & Melegari, M. (2021). Pet food purchasing behavior: What drives Italian consumers' decisions? *Journal of Consumer Studies*, 45(3), 211–223. <https://doi.org/10.1111/jcs.12701>

Dodd, S. A. S., Cave, N. J., & Adolphe, J. L. (2021). Understanding pet food attribute preferences of US consumers. *Animals*, 11(11), 3301. <https://doi.org/10.3390/ani11113301>

Dotson, M. J., & Hyatt, E. M. (2008). Understanding dog–human companionship. *Journal of Business Research*, 61(5), 457–466.

Yiridoe, E. K., Bonti-Ankomah, S., & Martin, R. C. (2010). Consumer perceptions of organic food products in Canada. *Journal of Food Distribution Research*.

- Kim, M., & Kim, J. (2021). A study on the selection attributes affecting pet food purchase after COVID-19 pandemic. *Journal of Foodservice Business Research*, 24(5), 499–520. <https://doi.org/10.1080/10942912.2021.1879133>
- Kwak, M.-K., & Cha, S.-S. (2021). A study on the selection attributes affecting pet food purchase: After COVID-19 pandemic. *International Journal of Food Properties*, 24(1), 291–303. <https://doi.org/10.1080/10942912.2021.1879133>
- Martins, A., Félix, G., Cardoso, M., & Dias, D. (2022). Owners' perception of pet food quality: Ingredient analysis and purchasing factors in Portugal. *Animals*, 12(20), 2775. <https://doi.org/10.3390/ani12202775>
- Statista. (2025). *Pet Food – Lithuania*. Statista Market Forecast.
- Park, M.-E., & Um, J.-B. (2021). Consumer characteristics in terms of pet food selection attributes. *Journal of Agricultural Extension & Community Development*, 28(2), 85–98. <https://doi.org/10.14397/jaecd.2021.28.2.85>
- Schleicher, M., Cash, S. B., & Freeman, L. M. (2019). Determinants of pet food purchasing decisions. *The Canadian Veterinary Journal*, 60(6), 644–648. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6515811/>
- Vinassa, M., Piras, C., Fozzato, E., & Marelli, S. (2020). Pet food purchasing behavior: The influence of social and cultural factors. *Journal of Consumer Behavior*, 19(4), 345–356. <https://doi.org/10.1002/cb.1811>
- Verain, M. C. D., Dagevos, H., & Antonides, G. (2021). Sustainable food consumption: Product choice or curtailment? *Appetite*, 96, 560–570.
- Petfood Industry. (2024). *Exploring consumer perceptions of insect protein in pet food*. <https://www.petfoodindustry.com/news-newsletters/petfood-forum-news/article/15741349/exploring-consumer-perceptions-of-insect-protein-in-pet-food>

FACTORS INFLUENCING PET FOOD PURCHASING DECISIONS

Summary. This paper explores the factors influencing consumer decisions when purchasing pet food. With the growing importance of pets in households and increasing awareness about animal nutrition, it becomes crucial to understand what drives consumer choices. The research combines a literature review with a quantitative survey to identify the most significant purchasing factors. Results show that veterinary recommendations, personal experience, and easy access to information online play a key role in consumer decision-making. Price and ingredient composition are the most valued attributes, while packaging design and brand name are less influential. Consumers also tend to favor products labeled as “natural,” “grain-free,” or “organic,” and are often willing to pay more for food that is perceived as sustainable and healthy. Although most consumers still purchase pet food in physical stores, online shopping is preferred by some due to lower prices and convenience. These findings highlight the importance of transparent product information and expert guidance. The study contributes to a better understanding of consumer behavior in the pet food market and offers practical insights for producers and retailers aiming to meet evolving consumer expectations.

Keywords: consumer behavior, pet food, purchase decisions, influencing factors, sustainable products.

JUOSTINIO ŽEMĖS DIRBIMO IR SĖJOS EKONOMINĖS NAUDOS ANALIZĖ

Dalia Ivanauskienė¹, Simona Kazilionytė¹

¹Utenos kolegija

Anotacija: Straipsnyje analizuojama juostinio žemės dirbimo ir sėjos technologijos ekonominė nauda, lyginant su tradiciniais žemės dirbimo metodais. Nagrinėjama problema – ar juostinis žemės dirbimas yra ekonomiškai efektyvesnis ir kokią įtaką jis daro sąnaudoms. Tyrimo tikslas – įvertinti juostinio žemės dirbimo ir sėjos ekonominę naudą. Taikyti metodai: investicijų į mašinas ir sąnaudų analizė, efektyvumo rodiklių palyginimas. Svarbiausios išvados: juostinis žemės dirbimas ir sėja mažina sąnaudas, ypač degalų, trąšų ir darbo laiko. Ilgalaikėje perspektyvoje šis metodas gali reikšmingai pagerinti ūkio efektyvumą.

Raktiniai žodžiai: *juostinis žemės dirbimas, sėja, tradicinis žemės dirbimas, ekonominė nauda, sąnaudos.*

Ivadas. Šiuolaikinėje žemdirbystėje, susiduriant su klimato kaitos iššūkiais ir aplinkosaugos reikalavimais, ypatingas dėmesys skiriamas alternatyvių žemės dirbimo technologijų paieškai. Tad vis aktualesnės tampa tausojančios žemės dirbimo praktikos. Juostinis žemės dirbimas ir sėja – viena iš tokių praktikų, leidžianti sumažinti dirvos eroziją, gerinti dirvos struktūrą bei mažinanti dirvos paruošimo ir sėjos sąnaudas.

Mokslinė problema – kaip juostinio žemės dirbimo technologija veikia ūkio ekonominius rodiklius.

Tyrimo tikslas – įvertinti juostinio žemės dirbimo ir sėjos ekonominę naudą per sąnaudų mažinimą.

Uždaviniai:

- 1) išanalizuoti juostinio ir tradicinio žemės dirbimo technologijų skirtumus;
- 2) palyginti sąnaudas, gaunamas taikant skirtingus metodus;
- 3) įvertinti juostinio žemės dirbimo įtaką ūkio sąnaudų mažinimui.

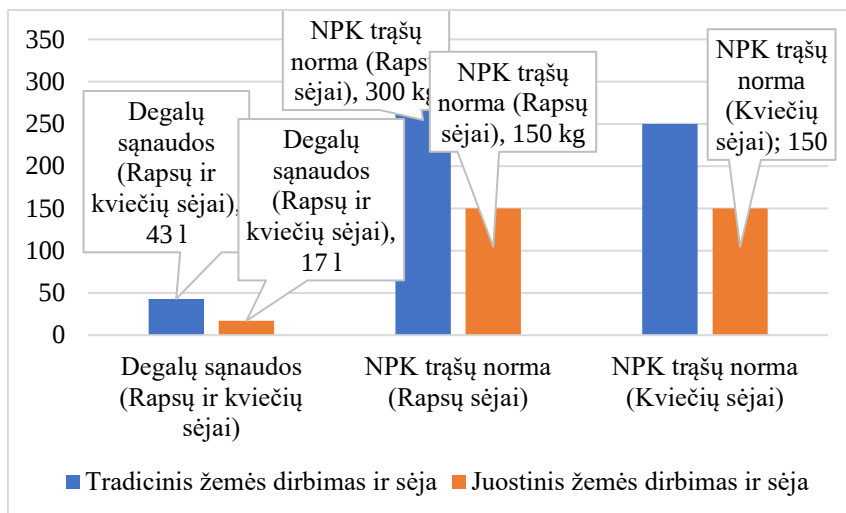
Metodai: investicijų į mašinas ir sąnaudų analizė; efektyvumo rodiklių palyginimas.

Juostinio ir tradicinio žemės dirbimo technologijų palyginimas. Juostinio ir tradicinio žemės dirbimo technologijų skirtumai apima technologinius, inžinerinius, ekologinius bei ekonominius aspektus. Tradicinis žemės dirbimo metodas reikalauja giluminio ir nuolatinio dirvos apdirbimo, dažniausiai naudojant kelių etapų dirvos įdirbimą, įskaitant viršutinio ir giluminio sluoksnio arimą, kultivavimą ir volavimą, kas lemia intensyvesnę dirvos trikdymą, padidina erozijos pavojų ir organinių medžiagų nuostolius. Šios praktikos metu dirva yra dažnai pažeidžiama ir tampa mažiau tvirti, dėl sutrikusios mikroorganizmų veiklos ir natūralių ciklų. Tuo tarpu juostinis žemės dirbimas apima minimalų dirvos dirbimą, tikslingai įdirbant tik sėjai skirtas juostas ir paliekant nepalietus tarpueilius, išsaugant organines liekanas ir mikroorganizmų kiekį, gerinant drėgmės išlaikymą ir vandens infiltraciją. Ši technologija leidžia atlikti keletą operacijų vienu pravažiuoju, pasižymi trumpesniu darbo laiku ir mažesnėmis degalų sąnaudomis, taip pat sumažina erozijos riziką, geriau išlaiko dirvožemio struktūrą. Mašinų požiūriu, tradicinis metodas reikalauja gausaus skirtingų mašinų ir tinkamų įrenginių kiekio, o juostinis – specializuotos mašinos su vienu ar kelių funkcijų agregatais, leidžiančiais sumažinti technikos skaičių ir eksploatacijos sąnaudas. Lietuvos ir Lenkijos mokslininkų moksliniai tyrimai patvirtina, kad juostinio žemės dirbimo technologija ženkliai sumažina degalų, darbo sąnaudas ir išlaidas, be to, užtikrina geresnę dirvožemio būklę ir ilgalaikį tvarumą. Ekonomiškai palyginus, juostinis metodas paprastai kainuoja mažiau už tradicinį, nes sunaudoja mažiau degalų, sėklų ir trąšų, o darbo valandų sąnaudos sumažėja perpus ar daugiau.

Sąnaudų palyginimas taikant tradicinį ir juostinį žemės dirbimo metodą. Pateikiant juostinio žemės dirbimo ir sėjos ekonominės naudos analizės rezultatus orientuojamasi į juostinio žemės dirbimo ir sėjos technologinių sprendimų, tokių kaip pravažiuoju skaičiaus mažinimas, poveikį išlaidoms ir pelningumui. Tyrimo metu analizuotos gamybos sąnaudos, t.y. dyzelino vartojimas ir jo įsigijimo kaina, darbuotojų darbo užmokestis, sėklų ir trąšų įsigijimo

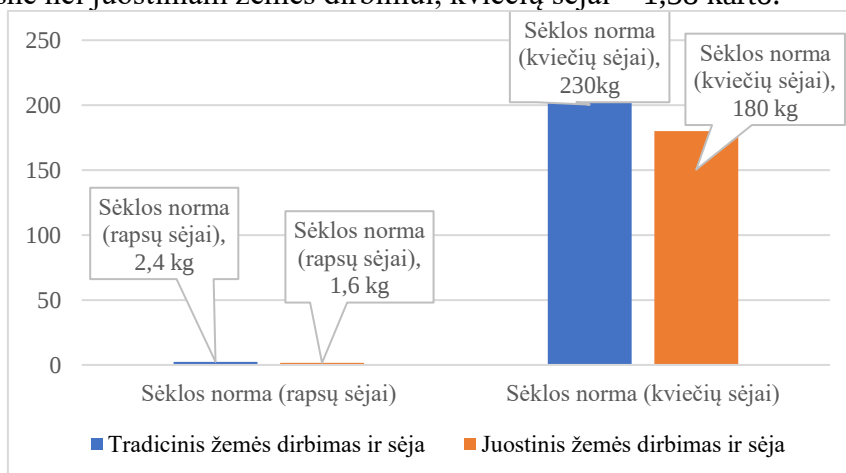
kainos, taip pat ilgalaikio turto nusidėvėjimas bei gamintojų atstovų komerciniuose pasiūlymuose pateiktos naujos technikos rinkos kainos bei kiti ekonomiškai svarbūs veiksniai. Ši analizė leidžia geriau suprasti, kaip juostinis dirbimas veikia ūkininkavimo rezultatų efektyvumą, ar ši praktika gali prisidėti prie bendro pelningumo didinimo.

Tyrimo metu analizuojamos dviejų kultūrų sėjos sąnaudos, kurios patiriamos auginant žieminius rapsus ir kviečius.



6 pav. Žieminių rapsų ir kviečių sėjos medžiagų sąnaudos vienam hektarui (1)

Analizuojant duomenis (1 pav.) galima teigti, kad tradicinis žemės dirbimas tiek rapsų sėjai, tiek kviečių sėjai sunaudoja 2,5 karto daugiau degalų lyginant su juostiniu žemės dirbimu. Azoto (N), fosforo (P) ir kalio (K) trąšų norma rapsų sėjai taikant tradicinį žemės dirbimą yra 2 kartus didesnė nei juostiniam žemės dirbimui, kviečių sėjai – 1,38 karto.



2 pav. Žieminių rapsų ir kviečių sėjos medžiagų sąnaudos vienam hektarui (2)

Analizuojant duomenis (2 pav.) galima teigti, kad sėjant rapsus tradiciniu būdu sėklos norma vienam hektarui yra 2,4 kg, o sėjant juostiniu būdu – 1,6 kg, tai yra 1,5 karto mažiau nei tradiciniu būdu. Sėjant kviečius tradiciniu būdu, sėklos norma vienam hektarui yra 230 kg, o sėjant juostiniu būdu – 180 kg, kas yra 1,28 karto mažiau nei tradiciniu būdu.

1 lentelėje pateiktas dyzelinio kuro ir karbamido tirpalo (AdBlue) 1 litro įsigijimo kainų palyginimas 2023–2024 m.

1 lentelė. Dyzelinio kuro ir karbamido tirpalo 1 litro įsigijimo kainos Eur (be PVM) palyginimas

	2023 m.	2024 m.
Dyzelinis kuras žemės ūkiui	0,8043	0,7025
Karbamido tirpalas (AdBlue)	0,3800	0,35

Dyzelinio kuro ir karbamido tirpalo įsigijimo kainos 2024 metais sumažėjo 13 %, o karbamido tirpalo (AdBlue) – 8 %, palyginti su 2023 metais.

2 lentelėje pateiktas Azoto, fosforo ir kalio trąšų 1 kg įsigijimo kainų palyginimas 2023-2024 m.

2 lentelė. Azoto (N), fosforo (P) ir kalio (K) trąšų 1 kg įsigijimo kainos Eur (be PVM) palyginimas

	2023 m.	2024 m.
Azoto (N), fosforo (P) ir kalio (K) trąšos YARA MILA 12/24/12	0,65	0,535

Azoto (N), fosforo (P) ir kalio (K) trąšų 1 kg kaina 2024 metais buvo 17,7 % mažesnė nei 2023 metais.

3 lentelėje pateiktas žieminių rapsų 1,5 mln. vienetų sėklų įsigijimo kainos palyginimas 2023–2024 m.

3 lentelė. Žieminių rapsų 1,5 mln. vnt. sėklų įsigijimo kainos Eur (be PVM) palyginimas

	2023 m.	2024 m.
LG Auckland	-	230
DK Expose	-	235
DK Excited	269	-

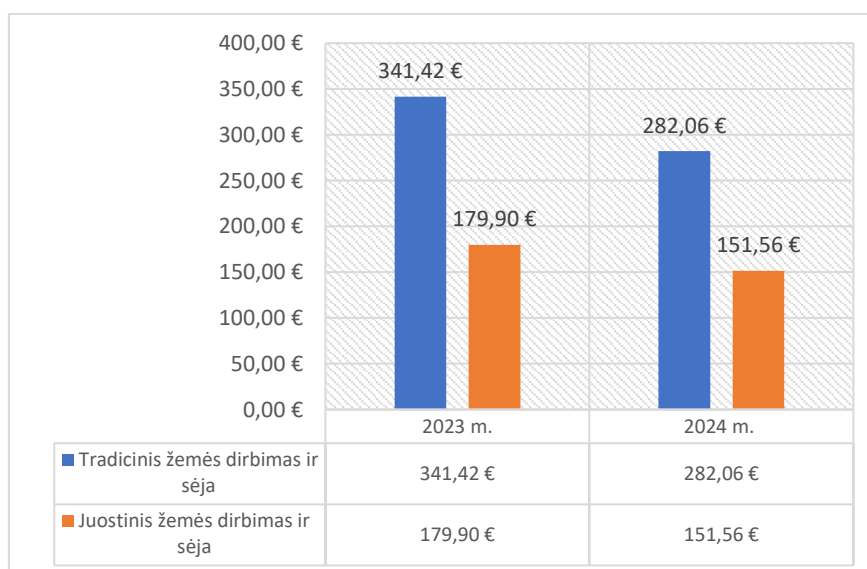
2024 m. ūkininkas pasirinko kitos veislės žieminių rapsų sėklas dėl mažesnės įsigijimo kainos, tiek DK Excited, tiek LG Auckland ar DK Expose pasižymi beveik vienodomis veislės savybėmis.

4 lentelėje pateikta žieminių kviečių 1 kg sėklų įsigijimo kaina.

4 lentelė. Žieminių kviečių 1 kg sėklų įsigijimo kaina Eur (be PVM)

	2023 m.	2024 m.
Informer	0,5	-
Skagen	0,5	-

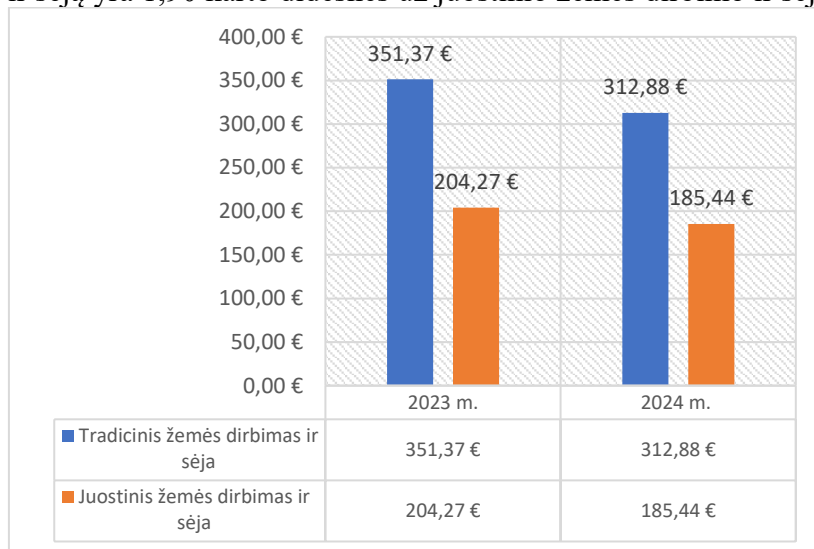
2024 m. ūkininkas neįsigijo žieminių kviečių sėklos iš pardavėjų, o naudojo savo 2023 metais užaugintą sėklą. Taip siekdamas sumažinti išlaidas.



3 pav. Žieminių rapsų sėjos sąnaudos vienam hektarui

Įvertinus degalų, Adblue karbamido tirpalo, sėklos, trąšų, darbo užmokesčio sąnaudas, galima teigti, kad tarp juostinio ir tradicinio žemės dirbimo ir sėjos rodiklių yra ženklus skirtumas. Visi juostinio žemės dirbimo ir sėjos sąnaudų rodikliai, išskyrus vieną – AdBlue karbamido tirpalo sąnaudas, yra 1,5–2,5 karto mažesni už tradicinio žemės dirbimo ir sėjos sąnaudų rodiklius. Įvertinus bendras sąnaudas vienam hektarui, galima daryti išvadą, kad juostinio žemės dirbimo ir sėjos sąnaudos 2023 m. sudaro 179,9 Eur, tuo tarpu tradicinio žemės dirbimo ir sėjos sąnaudos – 341,42 Eur, 2024 m. – juostinio žemės dirbimo ir sėjos sąnaudos sudaro 151,56 Eur, tradicinio žemės dirbimo ir sėjos sąnaudos – 282,06 Eur (3 pav.).

Bendros žieminių rapsų sėjos sąnaudos vienam hektarui 2023–2024 metais taikant tradicinį žemės dirbimą ir sėją yra 1,90 karto didesnės už juostinio žemės dirbimo ir sėjos sąnaudas.



4 pav. Žieminių kviečių sėjos sąnaudos vienam hektarui

Įvertinus žieminių kviečių sėjos sąnaudas vienam hektarui galima teigti, kad juostinio žemės dirbimo ir sėjos sąnaudos 2023 m. sudaro 204,27 Eur, tuo tarpu tradicinio žemės dirbimo ir sėjos sąnaudos – 351,37 Eur, 2024 m. – juostinio žemės dirbimo ir sėjos sąnaudos sudaro 185,44 Eur, tradicinio žemės dirbimo ir sėjos sąnaudos – 312,88 Eur (4 pav.).

Bendros žieminių kviečių sėjos sąnaudos vienam hektarui 2023–2024 metais taikant tradicinį žemės dirbimą ir sėją yra 1,72 karto didesnės už juostinio žemės dirbimo ir sėjos sąnaudas.

Didelę reikšmę ūkininko rezultatų skaičiavimui turi ilgalaikio turto nusidėvėjimo rodiklis analizuojant juostinio žemės dirbimo ir sėjos naudą.

5 ir 6 lentelėse pateikiamas juostiniam ir tradiciniam žemės dirbimui naudojamų mašinų metinis nusidėvėjimas.

5 lentelė. Juostiniam žemės dirbimui ir sėjai naudojamų mašinų metinis nusidėvėjimas

Mašina	Pirkimo kaina, Eur	Metinis nusidėvėjimas
Traktorius Class Axion 960 (445 AG)	240 000,00	36 000,00
Juostinio žemės dirbimo ir sėjos mašina Czajkowski ST 600	237 000,00	35 550,00
Teleskopinis krautuvys FARESIN 7.32C	87 030,00	13 055,00
Bendra suma:	564 030,00	84 605,00

6 lentelė. Tradiciniam žemės dirbimui ir sėjai naudojamų mašinų metinis nusidėvėjimas

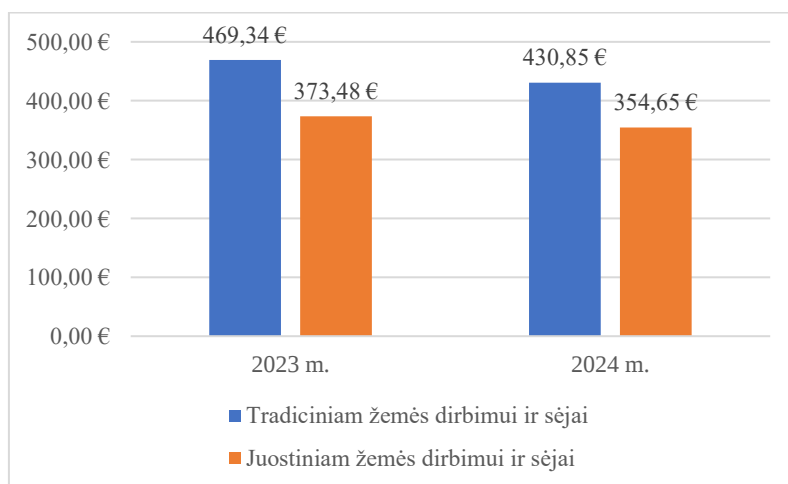
Mašina	Pirkimo kaina, Eur	Metinis nusidėvėjimas
Traktorius Case Puma 240 (240 AG)	160 000,00	24 000,00
Plūgas Unia VIS XL 7+	38 200,00	5 730,00
Kultivatorius Unia Viking XL 6	19 500,00	2925,00
Traktorius Zetor Forterra HSX 140 (140 AG)	82 210,00	1232,00

Trąšų barstytuvas Unia MXL 2500	12 396,70	1860,00
Sėjamoji Unia Fenix 3000/6	94 300,00	14 145,00
Traktorius Zetor Proxima CL 100 (98 AG) su frontaliniu krautuvu Metal Fach	60 632,68	9095,00
Bendra suma:	467 239,38	58 987,00

Atlikus planuojamo įsigyti turto nusidėvėjimo analizę, daroma prielaida, kad nors ir juostinio žemės dirbimo ir sėjos technikos rinkos kaina yra 96 790,62 Eur didesnė nei tradicinio žemės dirbimo ir sėjos technikos kaina, tačiau dėl metinio nusidėvėjimo įtraukimo į leidžiamus atskaitymus, metinį ūkininko pajamų mokestį priskaičiuotas nusidėvėjimas gali sumažinti.

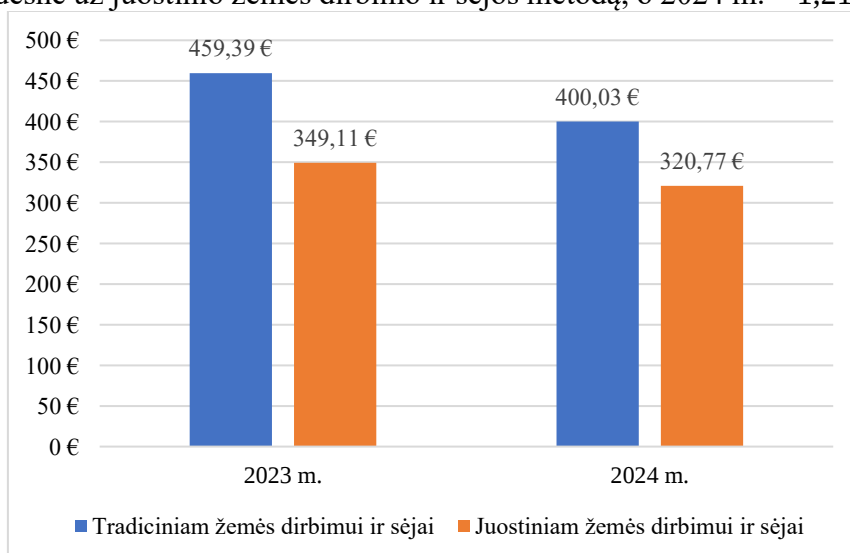
Metinio nusidėvėjimo dalis, tenkanti vienam hektarui, yra:

- Tradicinio žemės dirbimo ir sėjos mašinų – 117,97 Eur;
- Juostinio žemės dirbimo ir sėjos mašinų – 169,21 Eur.



7 pav. Bendra kviečių sėjos 1 ha savikaina su metiniu mašinų nusidėvėjimu

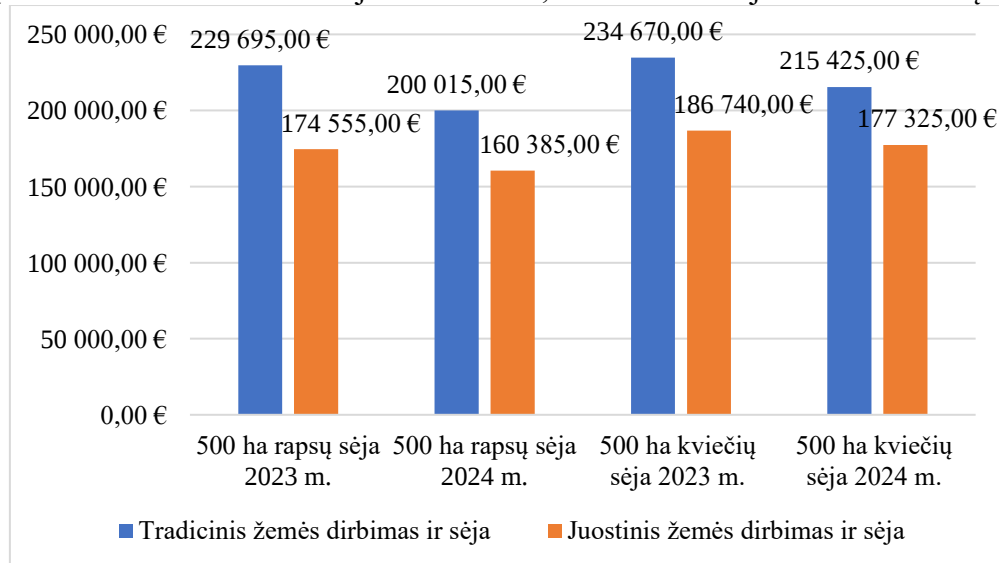
Bendra kviečių sėjos savikaina, taikant tradicinį žemės dirbimo ir sėjos metodą 2023 m. yra 1,26 karto didesnė už juostinio žemės dirbimo ir sėjos metodą, o 2024 m. – 1,21 karto (5 pav.).



6 pav. Bendra rapsų sėjos 1 ha savikaina su metiniu mašinų nusidėvėjimu

Bendra rapsų sėjos savikaina taikant tradicinį žemės dirbimo ir sėjos metodą 2023 m. yra 1,32 karto didesnė už juostinio žemės dirbimo ir sėjos metodą, o 2024 m. – 1,24 karto (6 pav.).

Įvertinus visus rodiklius, buvo apskaičiuotos visų dirbamų 500 hektarų žemės dirbimo ir sėjos sąnaudos dirbant tradiciniu ir juostiniu būdu, darbams naudojant ūkio techniką.



7 pav. 500 hektarų žemės dirbimo ir sėjos sąnaudos

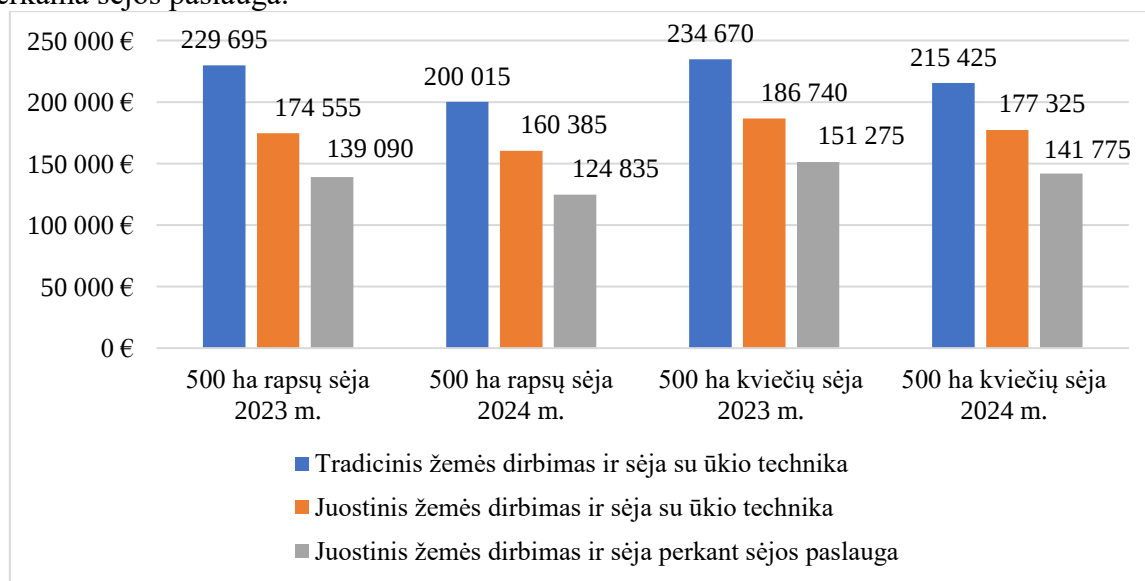
Remiantis pateiktais duomenimis (7 pav.), daroma išvada, kad nepaisant 17 % mažesnės tradicinio žemės dirbimo ir sėjos mašinų rinkos kainos juostinio žemės dirbimo ir sėjos sąnaudos yra vidutiniškai 1,26 karto mažesnės už tradicinį žemės dirbimą ir sėją.

Perkant juostinės sėjos paslaugą su operatoriumi, bendras 1 ha sąnaudas galima sumažinti, tiek rapsų, tiek kviečių sėjai 2023 m. – 97,04 Eur, 2024 m. – 97,21 Eur. 7 lentelėje pateiktos 1 ha juostinės sėjos sąnaudos perkant sėjos paslaugą.

7 lentelė. Kviečių ir rapsų sėjos juostiniu žemės dirbimo būdu, 1 ha sąnaudos, perkant juostinės sėjos su operatoriumi paslaugą

	2023 m.	2024 m.
Kviečių sėja	276,44 Eur	257,44 Eur
Rapsų sėja	252,07 Eur	223,56 Eur

Palyginame 500 ha bendras sąnaudas žemės paruošimui ir sėjai naudojant ūkio techniką, su perkama sėjos paslauga.



8 pav. 500 hektarų žemės dirbimo ir sėjos sąnaudų palyginimas

Perkant juostinio žemės dirbimo ir sėjos paslaugą, galima dar labiau sumažinti žemės dirbimo ir sėjos sąnaudas (8 pav.). Tad priimant sprendimus investuoti į juostinio žemės dirbimo ir sėjos mašinas, reiktų gerai apskaiciuoti planuojamų apsėti hektarų skaičių.

Išvados:

1. Tradicinis žemės dirbimas apima gilų ir dažnai kelių etapų technikos taikymą, kuris lemia didesnes sąnaudas, daugiau dirvos pažeidimo ir erozijos riziką, o juostinis žemės dirbimas yra minimalus, tikslingas, atliekamas vienu ar kelių operacijų pravažiuoju, kas gerina dirvožemio būklę ir mažina išlaidas.

2. Lyginant sąnaudas nustatyta, kad juostinis žemės dirbimas ženkliai sumažina degalų, darbo ir sėklų sąnaudas, dažnai iki 1,5–2,5 karto mažiau nei tradicinis metodas, kas prisideda prie efektyvesnio ūkio išlaidų valdymo.

3. Įvertinus visus ekonominius rodiklius ir ilgaamžiškumo aspektus, galima teigti, kad juostinis žemės dirbimas ir sėja reikšmingai mažina ūkio sąnaudas, didina efektyvumą ir ilgalaikėje perspektyvoje prisideda prie pelningumo didinimo bei tvaraus ūkininkavimo plėtros.

Rekomendacijos: Ūkiams, siekiantiems didinti efektyvumą ir mažinti neigiamą poveikį aplinkai, rekomenduojama apsvarstyti juostinio žemės dirbimo ir sėjos technologijos įdiegimą.

LITERATŪRA

- Mefferd, A. (2019). *The organic no-till farming revolution*. New Society Publishers.
- Perkins, R. (2019). *Regenerative agriculture: A practical whole systems guide to making small farms work*.
- Romanekas, K. (2017). *Agronomijos pagrindai*. ASU leidybos centras.
- Lekavičienė, K. (2024). Juostinis žemės dirbimas ir jam skirtos mašinos. *Mano ūkis*, (4), 80–81.
- Šarauskis, E., & Lekavičienė, K. (2018). Juostinis žemės dirbimas: degalų sąnaudų ir CO₂ emisijos priklausomybė nuo techninių parametrų. *Mano ūkis*, (9), 56–62.
- Jaskulska, I., Romanekas, K., Jaskulski, D., & Wojewódzki, P. (2020). A strip-till one-pass system as a component of conservation agriculture. *Agronomy*, 10(12), 2015. <https://doi.org/10.3390/agronomy10122015>
- Rózewicz, M. (2022). Review of current knowledge on strip-till cultivation and possibilities of its popularization in Poland. *Polish Journal of Agronomy*, 49(3). <https://doi.org/10.26114/pja.iung.488.2022.49.03>
- European Agricultural Statistics. (n.d.). Agri-environmental indicator – tillage practices. Retrieved from https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Agri-environmental_indicator_-_tillage_practices#Data_sources
- Food and Agriculture Organization. (n.d.). Conservation tillage for increased crop production. Retrieved from <https://www.fao.org/4/t1696e/t1696e09.htm>
- European Commission. (2023). *European Green Deal and CAP 2023–2027*. Retrieved from https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy/cap-overview/cap-2023-27_en
- European Commission. (n.d.). *Healthy soil*. Retrieved from https://agriculture.ec.europa.eu/sustainability/environmental-sustainability/natural-resources/soil_en?prefLang=lt
- National Center for Biotechnology Information. (n.d.). The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. Retrieved from <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2610169/>
- North Carolina State University. (n.d.). Strip-till management. Retrieved from <https://soilmanagement.ces.ncsu.edu/tillage-management/strip-till-management/>

ANALYSIS OF THE ECONOMIC BENEFITS OF STRIP TILLAGE AND SOWING

Summary: The article analyses the economic benefits of strip tillage and sowing technology compared to traditional tillage methods. The problem under investigation is whether strip tillage is more economically efficient and what impact it has on costs. The aim of the study is to evaluate the economic benefits of strip tillage and sowing. Methods used: analysis of investments in machinery and costs, comparison of efficiency indicators. Key conclusions: strip tillage and sowing reduce costs, especially fuel, fertilizers and labor. In the long term, this method can significantly improve farm efficiency.

Keywords: *Strip tillage, sowing, traditional tillage, economic benefits, costs.*

TECHNOLOGINĖ PAŽANGA TVARIOS MIESTO ERDVĖS KŪRIME: ŠILUTĖS MENO MOKYKLOS TERITORIJOS ATNAUJINIMO KONCEPCIJA

Nemira Dirmontaitė, Auksė Noreikevičienė, Jūratė Stanišauskienė

Vilniaus kolegija, Agrotechnologijų fakultetas

Anotacija. Šilutės meno mokyklos teritorijos atnaujinimo vizija – tai tvarių ir išmanių sprendimų integracija kultūros paveldo erdvėje. Tyrimas atskleidžia, kaip šiuolaikinės technologijos – lietaus vandens surinkimo ir automatinio laistymo sistemos, LED apšvietimas, paviršių pralaidumo sprendimai ir kiti išmaniųjų technologijų taikymai – gali būti integruojamos į istorinį kontekstą. Tikslas – sukurti daugiafunkcę, tvarią, saugią ir estetiškai patrauklią aplinką, atliepiančią šiuolaikinės bendruomenės poreikius. Straipsnyje nagrinėjami technologiniai sprendimai, jų poveikis aplinkos kokybei bei galimybės taikyti analogišką modelį kitose kultūrinio paveldo teritorijose, siekiant suderinti istorinio konteksto išsaugojimą ir šiuolaikinių technologijų taikymą.

Raktiniai žodžiai: *tvari plėtra, išmanūs sprendimai, viešoji erdvė, kultūros paveldas, bendruomenės kraštovaizdis.*

Įvadas. Šiandienos miestai nuolat keičiasi. Technologijos tampa svarbia mūsų aplinkos dalimi. Viešosios erdvės – parkai, aikštės, kiemai – ne tik turi būti patogios, bet ir padėti gyventi tvariau. Straipsnyje pristatoma Šilutės meno mokyklos kiemo atnaujinimo koncepcija – pavyzdys, kaip technologijos gali pagerinti net mažas erdves. Ši koncepcija rodo, jog aplinkos pokyčiams nebūtina statyti iš naujo – kartais užtenka atidžiai pažvelgti į tai, kas jau yra.

Tyrimo tikslas – įvertinti, kaip šiuolaikiniai sprendimai padeda kurti tvarią, funkcionalią ir bendruomenei svarbią aplinką.

Uždaviniai: 1. Išanalizuoti esamą situaciją; 2. Apibūdinti projektinius sprendimus; 3. Įvertinti jų naudą žmonėms ir aplinkai.

Tyrimas atliktas naudojant projekcinę analizę. Ji atlikta remiantis dokumentais, vizualine medžiaga ir techniniais sprendiniais. Be to, vyko susitikimas su Šilutės meno mokyklos bendruomene nuotoliniu būdu, kurio metu išsiaiškinti esami poreikiai, problemos ir lūkesčiai siekiant, kad sprendiniai atitiktų realius vartotojų lūkesčius.

Esama situacija. Iki koncepcijos parengimo Šilutės meno mokyklos kiemas vis dar išlieka apleistas. Dangos nelygios (1 pav.), automobilių eismas chaotiškas (2 pav.), o erdvės vis dar neturi aiškos struktūros ar funkcionalaus suskirstymo.



9 pav. Aikštė iš betoninių plytelių (Šilutės meno mokyklos atstovų atlikta fotofiksacija)



2 pav. Automobilių aikštelė ([Šaltinis](#))

Tačiau vertėtų pabrėžti, kad dalis esamų augalų – ypač senuosiuose gėlynuose – yra gerai prižiūrėti ir puikiai parinkti (3 pav.).



3 pav. Augalai Šilutės meno mokyklos teritorijoje ([Šaltinis](#))

Būtent tai paskatino projektuotojus nekeisti visų rūšių – jei augalai gerai auga ir atrodo puikiai, ne visada prasminga juos keisti vien dėl naujovių (Konstantinas Jakovlevas-Mateckis, 2011). Tai logiškas, tvarus ir patikrintas sprendimas, paremtas esamos situacijos stebėjimu. Šis sprendimas rodo pagarbą esamai augalijai ir atspindi išsamios aplinkos analizės rezultatus. Nors mokyklos aplinka turi didelį potencialą, kol kas jai trūksta tiek vizualinės tvarkos, tiek aiškos plėtos vizijos.

Projektiniai sprendimai. Projekte numatyta kiemą padalyti į kelias zonas: renginių, poilsio ir kasdienės veiklos (Gurskas & Vaidelys, 2022). Takai sujungia jas į vieningą visumą. Ypatingas dėmesys skirtas esamų medžių išsaugojimui. Jie tapo svarbia dalimi – suteikia pavėsį, jaukumą ir natūralią estetiką. Projektuotojai siekė jiems suteikti daugiau erdvės, todėl buvo numatyta išardyti betonines plyteles aplink šaknų zonas, kad pagerėtų dirvožemio kvėpavimas ir medžių gyvybingumas (Grikevičius & Ulkienė, 2008) (4 pav.).

Be to, buvo sprendžiama automobilių statymo problema. Įrengtas vienpusis eismas, saugi „Kiss & Ride“ zona, o stovėjimo vietos apželdintos. Tai padeda sumažinti vizualinį triukšmą ir suteikia daugiau žalumos.



4 pav. Šilutės meno mokyklos teritorijos sutvarkymo planas (A. Noreikevičienės ir J. Stanišauskienės brėžinys)

Technologiniai sprendimai. Vienas svarbiausių projekto aspektų – tvarumas. Technologiniai sprendimai neapsiribojo vien estetika – jie buvo parinkti siekiant ilgalaikio poveikio ir atsakomybės aplinkai (5 pav.).

– Įrengta lietaus vandens surinkimo sistema – vanduo renkamas nuo stogų į specialias požemines talpas. Ši sistema leidžia augalus laistyti net sausros metu, tai itin svarbu klimato kaitos kontekste (Šalna et al., 2021).

– Automatinė lašelinio laistymo sistema tiksliai paskirsto vandenį tiesiai prie augalų šaknų, sumažindama vandens švaistymą ir išgaravimą. Tokia sistema reikalauja mažiau darbo jėgos ir veikia net savarankiškai, naudojant sensorius, susietus su dirvožemio drėgmės matuokliais. Sistema įjungia laistymą tik esant poreikiui, o naudodama surinktą lietaus vandenį, leidžia beveik visiškai atsisakyti centralizuoto vandens tiekimo augalų priežiūrai (Gurskas & Vaidelys, 2022).



5 pav. Šilutės meno mokyklos aplinkos sutvarkymo vizualizacija

– LED apšvietimas buvo pasirinktas dėl mažo energijos suvartojimo ir ilgo tarnavimo laiko. Šviestuvai užtikrina gerą matomumą tamsiu paros metu ir padeda jaustis saugiai, kartu neišskirdami perteklinės šilumos ar šviesos taršos. Apšvietimo kryptys ir intensyvumas suplanuoti taip, kad neakintų ir nekliudytų poilsio zonoms. Be to, atsižvelgta į šviesos taršos mažinimą, kad būtų tausojiama biologinė įvairovė ir naktinė ekosistemos pusiausvyra. Naudojamos išmaniosios apšvietimo valdymo sistemos leidžia reguliuoti šviesos stiprumą pagal paros laiką ar judesio daviklius, taip dar labiau sumažinant elektros suvartojimą (Burinskienė et al., n.d.).

– Augalai parinkti pagal atsparumą vietos klimato sąlygoms: vyrauja daugiametės, vietinės rūšys, kurios ne tik reikalauja mažiau priežiūros, bet ir skatina biologinę įvairovę. Tokie sprendimai padeda mažinti ilgalaikės priežiūros sąnaudas ir stiprina ekosistemų tvarumą.

– Takai bei dangos projektuoti taip, kad būtų patogūs visiems naudotojams – nuo vaikų iki senjorų, taip pat žmonėms su judėjimo negalia. Naudotos neslidžios, ilgaamžės ir lietaus vandeniui pralaidžios medžiagos, kurios sumažina balų susidarymo riziką ir didina saugumą (STR 2.06.04:2014 „Gatvės ir vietinės reikšmės keliai. Bendrieji reikalavimai“, suvestinė redakcija nuo 2008-12-05, 1997).

– Vienas iš ryškiausių sprendimų – senosios natūralaus akmens grindinio trinkelės, kurios yra paveldosaugos saugomas elementas, nebuvo šalinamos, o privalomai paliktos ir integruotos į naują sprendinį, taip išsaugant istorinį tęstinumą. Mokyklos pastatas, pastatytas 1915 m., turi architektūrinę ir kultūrinę vertę, todėl visos naujos intervencijos buvo derinamos su paveldosaugos reikalavimais. Palei grindinio kraštą įrengtas nepastebimas, bet efektyvus vandens surinkimo latakas, kuris ne tik surenka lietaus perteklių, bet ir padeda išlaikyti paviršiaus vientisumą.

– Nuolydžiai buvo apskaičiuoti rankiniu būdu, taikant tradicinius inžinerinius metodus – pagal atstumus, nuolydžio kampą, šulinių gylį, vamzdžių diametrus ir laikantis STR reikalavimų (Paulauskienė, 2006). Tai leido užtikrinti tikslų lietaus vandens nutekėjimą į reikiamus taškus, išvengiant užmirkimo ar perteklinio vandens kaupimosi. Šis sprendimas ne tik apsaugo erdvę nuo užmirkimo, bet ir mažina infrastruktūros apkrovą (Šalna et al., 2021).

– Sprendimų paieškos metu buvo vertinami tiek finansiniai, tiek ekologiniai aspektai – pasirinktos ilgaamžės ir tvrios medžiagos, kurioms reikalinga minimali priežiūra. Be to, pasirinkti sprendimai padeda racionaliai valdyti išlaidas ir taupo ilgalaikius resursus (Žurauskienė et al., 2022).

– Automobilių stovėjimo aikštelė taip pat buvo kruopščiai suplanuota. Projektuojant buvo įvertinti minimalūs automobilių apsisukimo ir posūkių spinduliai, judėjimo trajektorijos, saugus įvažiavimas bei išvažiavimas. Vietų skaičius apskaičiuotas atsižvelgiant į mokyklos darbuotojų bei mokinių srautus, taip pat suformuota „Kiss & Ride“ zona trumpalaikiam sustojimui. Siekiant efektyvaus judėjimo organizavimo, automobilių eismas numatytas viena kryptimi – tai sumažina konfliktines situacijas ir padidina bendrą saugumą teritorijoje (STR 2.06.04:2014 „Gatvės ir vietinės reikšmės keliai. Bendrieji reikalavimai“, suvestinė redakcija nuo 2008-12-05, 1997). Toks požiūris užtikrina ne tik patogumą naudotojui, bet ir mažesnes eksploatacijos išlaidas mokyklai bei savivaldybei.

Technologijų tendencijos ir perspektyvos kraštovaizdžio architektūroje. Šis projektas parodo, kad technologinė pažanga kraštovaizdžio architektūroje prasideda nuo atsakingų ir gerai apgalvotų sprendimų. Net nedidelės erdvės, kaip mokyklos kiemelis, gali būti svarbios visos bendruomenės gyvenimo kokybei. Ši iniciatyva tampa pavyzdžiu, kaip galima kurti šiuolaikiškas, tvarias ir žmonėms artimas erdves.

Tendencijos:

– Vis daugiau viešųjų erdvių planuojama taip, kad jos atliktų kelias funkcijas: būtų gražios, naudingos ir draugiškos aplinkai.

– Į erdvės planavimą įtraukiami elementai, skatinantys mokymąsi ir pažinimą – tai ypač aktualu šalia ugdymo įstaigų.

– Technologijos tampa ne tik patogumo dalimi, bet ir padeda taupyti išteklius bei stiprina ryšį su gamta. Minimalus žmogaus įsikišimas į želdyną skatina augalų įvairovę ir stiprina žmonių patirtį gamtos erdvėje (Bonthoux et al., 2024).

Prognozės:

– Tvarūs ir išmanūs sprendimai taps įprasta praktika ne tik didmiesčiuose, bet ir regionuose, ypač švietimo įstaigose.

– Architektai ir inžinieriai vis dažniau integruos naujas technologijas į esamas erdves, o nekeis jų iš esmės. Tai reiškia, kad vietinės savybės ir paveldas bus ne kliūtis, bet pagrindas naujiems sprendimams.

– Bus akcentuojamas ilgalaikis poveikis – ne tik vizualinis, bet ir funkcinis, kartu siekiant mažesnių priežiūros sąnaudų bei ilgesnio tarnavimo laiko.

Lūkesčiai:

– Kad mokyklų kiemai taptų ne tik funkcionalūs, bet ir malonūs, saugūs bei jaukūs bendruomenės nariams.

– Kad būtų vertinami ne tik nauji sprendimai, bet ir tai, kas jau yra vertinga – pavyzdžiui, seni medžiai, žali pavėsiai, pažįstama aplinka.

– Kad viešosios erdvės būtų prieinamos visiems, skatintų bendravimą, poilsį ir mokymąsi.

Paveldo ir modernizavimo derinimas. Svarbu paminėti, kad Šilutės meno mokyklos teritorija yra kultūros paveldo objektas. Tai reiškia, kad projektavimo metu buvo būtina laikytis paveldosaugos reikalavimų. Tačiau šis projektas įrodo, kad net ir saugomose teritorijose įmanoma įgyvendinti šiuolaikinius ir tvarius sprendimus. Išmaniosios technologijos, tausojančios aplinką, gali būti jautriai integruotos į istorinį kontekstą, išlaikant vietos dvasią ir autentiškumą. Kultūrinis paveldas atspindi bendruomenės tapatybę, o jo išsaugojimas – tai svarbus darnumo aspektas, užtikrinantis aplinkos perdavimą ateities kartoms (Nijkamp & Riganti, 2017). Tai tampa reikšmingu pavyzdžiu, kaip tradicija ir naujovės gali darniai sugyventi toje pačioje erdvėje (6 pav.).



6 pav. Šilutės meno mokyklos aplinkos sutvarkymo vizualizacija

Išvados:

1. Išanalizavus esamą situaciją nustatyta, kad Šilutės meno mokyklos kiemas nors ir turi vertingų elementų (gerai prižiūrėtus gėlynus, senąją grindinį, brandžius medžius), tačiau pasižymi chaotišku eismu, aiškių funkcinų zonų stoka ir prasta dangų būkle, todėl reikalingas nuoseklus atnaujinimas.

2. Projektiniai sprendimai atspindi tvarią ir estetišką viziją, apimančią erdvių suskirstymą į funkcines zonas, senosios dangos integraciją, medžių apsaugą, automatinį laistymą, LED apšvietimą ir kitus pažangius technologinius sprendimus, pritaikytus kultūros paveldo teritorijoje.

3. Įvertinus pasiūlytų technologinių sprendimų naudą matyti, kad jie ne tik tausoja gamtos išteklius (vandens ir elektros energijos taupymas), bet ir didina teritorijos patrauklumą, saugumą, prieinamumą bei ilgalaikį funkcionalumą – visa tai stiprina bendruomenės ryšį su aplinka ir kuria pozityvius pokyčius net nedidelėse viešosiose erdvėse.

LITERATŪRA

Bonthoux, S., Rennes, U. De, Umr, C., Ecosystemes, E., Bat, C. D. B., & Leclerc, A. G. (2024). *Wilding cities for biodiversity and people : a transdisciplinary framework*. 1460, 1458–1480. <https://doi.org/10.1111/brv.13076>

Burinskienė, M., Jakovlevas-Mateckis, K., Adomavičius, V., Juškevičius, P., Klibavičius, A., Narbutis, B., Paliulis, G. M., Rimkus, A., Šliogeris, J., Paulauskienė, Z., & Kvedaras, V. (n.d.). *Miestotvarka*. TECHNIKA, VGTU leidykla.

Grikevičius, R., & Ulkienė, K. (2008). *Želdynų apsauga ir tvarkymas urbanizuotose teritorijose*. Lututė.

Gurskas, T., & Vaidelys, J. (2022). *Sodyba*. Terra Publica.

Jakovlevas-Mateckis, K. (2011). *Miesto kraštovaizdžio architektūra. Želdiniai ir jų komponavimo principai. 2 dalis* (2nd ed., Vol. 298). Technika.

Nijkamp, P., & Riganti, P. (2017). *Assessing cultural heritage benefits for urban sustainable development*. 35442335. <https://doi.org/10.1504/IJSTM.2008.020344>

Paulauskienė, Z. (2006). *Pastato vandentiekio ir nuotekų šalintuvo projektavimas*. Technika.

Šalna, S., Valentukevičienė, M., & Žurauskienė, R. (2021). *Lauko inžineriniai tinklai* (U.

„Super Namai“ (Ed.)).

STR 2.06.04:2014 „Gatvės ir vietinės reikšmės keliai. Bendrieji reikalavimai“ Suvestinė redakcija nuo 2008-12-05. (1997). 6425(70), 1–25.

Žurauskienė, R., Kičaitė, A., & Nagrockienė, D. (2022). *Medžiagotyra ir statybinės medžiagos*. Vilniaus Gedimino technikos universitetas.

TECHNOLOGICAL ADVANCEMENT IN CREATING SUSTAINABLE URBAN SPACE: THE RENOVATION CONCEPT FOR THE ŠILUTĖ ART SCHOOL COURTYARD

Summary. This article presents a landscape renovation concept developed for the courtyard of Šilutė Art School, a heritage-protected site in Lithuania. The goal is to propose a functional, inclusive, and eco-friendly space that respects historical values while embracing innovative environmental technologies. The design integrates sustainable technologies such as a rainwater harvesting system, automated drip irrigation, and energy-efficient LED lighting. The proposal includes designated zones for events, recreation, and daily use, while mature trees are preserved to maintain the historical and ecological value of the site. This project demonstrates how modern technology can be sensitively applied within protected urban environments. It highlights the potential of small-scale initiatives to deliver meaningful improvements to the quality of life and environmental resilience, serving as a replicable model for other communities.

Keywords: *sustainable development, intelligent technologies, public space, cultural heritage, community landscape.*

LIOFILIZUOTŲ MAISTO PRODUKTŲ GAMYBA IR MAISTINĖS VERTĖS IŠSAUGOJIMAS

dr. Inga Kepalienė, Irena Fiterson, Kamilija Mironenko

Vilniaus kolegija, Agrotechnologijų fakultetas

Anotacija. Liofilizacija – tai džiovinimo būdas, leidžiantis pašalinti drėgmę iš medžiagų jas užšaldant ir garinant vandenį vakuume. Šis metodas plačiai taikomas maisto, farmacijos ir biologinių medžiagų išsaugojimo srityse dėl gebėjimo išlaikyti produkto struktūrą, skonį ir maistines savybes. Liofilizuoti produktai pasižymi ilgu galiojimo laiku ir lengvu transportavimu. Nors procesas yra ilgesnis ir brangesnis nei įprasti džiovinimo būdai, jo pranašumai lemia augantį taikymą įvairiose pramonės šakose. Vis daugiau vartotojų domisi galimybe įsigyti liofilizuotų produktų arba liofilizavimo įrangos. Straipsnyje aptariamos liofilizacijos pritaikymo galimybės, nauda, praktiniai pavyzdžiai ir mokslinių tyrimų duomenys, atskleidžiantys šios technologijos potencialą kuriant funkcionaliojo maisto produktus.

Raktiniai žodžiai: *liofilizacija, maisto džiovinimas, maisto ilgalaikis išsaugojimas, maistinės medžiagos.*

Įvadas. Liofilizacija – tai efektyvus džiovinimo metodas, kai produktas pirmiausia užšaldomas, o tada jame esantis vanduo pašalinamas sublimacijos būdu, tiesiai iš ledo į garus. Procesas vyksta vakuume ir paprastai apima tris pagrindinius etapus: užšaldymą, pirminį džiovinimą ir antrinį džiovinimą, kurių metu pašalinama tiek laisvoji, tiek surištoji drėgmė. Šio metodo dėka produktai, tokie kaip vaisiai, uogos ar mėsa, išlaiko savo formą, spalvą, maistinę vertę ir įgyja lengvą, porėtą struktūrą. Liofilizacija ypač naudinga srityse, kuriose svarbus ilgalaikis jautrių medžiagų saugojimas – maisto pramonėje, medicinoje bei farmacijoje. Dėl šių savybių ši technologija tampa vis plačiau taikoma įvairiose srityse (Eisinaite, n. d.).

Ši technologija tampa vis aktualesnė ne tik pramoniniu, bet ir buitiniu lygmeniu. Remiantis rinkos tyrimų duomenimis, pasaulinė liofilizuoto maisto rinka 2023 m. buvo vertinama apie 65 mlrd. JAV dolerių, o prognozuojama, kad iki 2030 m. ji išaugs iki daugiau nei 100 mlrd. JAV dolerių, kas rodo spartų augimą ir didėjančią vartotojų susidomėjimą (Statista, 2023). Auga ir susidomėjimas namų liofilizatoriais – remiantis „Google Trends“ duomenimis, paieškų apie „freeze dryer for home use“ populiarumas per pastaruosius penkerius metus išaugo daugiau nei dvigubai, ypač Šiaurės Amerikoje ir Skandinavijoje.

Lietuvoje taip pat stebimas susidomėjimas liofilizuotais produktais: remiantis apklausos duomenimis, net 58 proc. vartotojų norėtų įsigyti sveikatai palankesnių, ilgo galiojimo užkandžių be konservantų (Paulauskienė, 2022). Vartotojai vis dažniau renkasi produktus, kurių sudėtyje nėra dirbtinių priedų, o liofilizacija – natūralus ir nenaudojantis aukštos temperatūros džiovinimo būdas, padedantis išlaikyti produktų kokybę ir išpildyti vartotojų lūkesčius (Chan et al., 2011).

Atsižvelgiant į liofilizacijos naudą, vartotojų lūkesčius ir augančią rinkos paklausą, galima teigti, kad ši technologija yra ne tik aktuali, bet ir perspektyvi. Ji sudaro prielaidas kurti aukštos kokybės funkcionaliuosius produktus, prisitaikančius prie šiuolaikinių mitybos tendencijų ir tvarumo reikalavimų. Nepakankamai ištirta, kaip liofilizacijos procesas veikia skirtingų maisto produktų maistinę vertę, juslines savybes, koks yra vartotojų vertinimas. Stokojama praktinių duomenų apie šios technologijos taikymą funkcionaliojo maisto produktų kūrimui pramoniniu ir buitiniu lygmeniu.

Tyrimo tikslas. Išanalizuoti liofilizuotų maisto produktų gamybos ypatumus ir jų pranašumas, lyginant su kitais džiovinimo būdais.

Uždaviniai:

1. Remiantis literatūros šaltinių analize, nustatyti liofilizuotų maisto produktų naudą ir pranašumą prieš kitus džiovinimo būdus.
2. Išanalizuoti sukurtų liofilizuotų maisto produktų gamybos ypatumus ir panaudojimo galimybes.

Tyrimo metodika. Tyrimui naudota mokslinės literatūros ir kitų informacinių šaltinių analizė bei atlikti praktiniai eksperimentai.

Eksperimentų metu buvo liofilizuoti maisto produktai, siekiant įvertinti jų savybes, išvaizdą, skonį ir numatyti galimas panaudojimo galimybes. Tyrimas vyko 2025 m. kovo–gegužės mėn., buvo atlikti trys eksperimentai.

Pirmojo eksperimento tikslas buvo sukurti liofilizuotų baltyminių batonėlių receptūras, įvertinti jų skonines savybes, struktūrą, spalvą ir masės pokytį po džiovinimo, siekiant išsiaiškinti šios technologijos galimybes gaminant funkcionaliuosius užkandžius be konservantų. Eksperimento metu sukurtos receptūros ir pagaminti du skirtingų skonių baltyminiai batonėliai – „Šokoladinė pasaka“ ir „Kokosinis rojus“. Abu gaminiai buvo suformuoti į vienodo dydžio batonėlius, dalis jų padengti šokolado glazūra, o vėliau liofilizuoti 100 valandų trukmės ciklu 116 °F (~47 °C) temperatūroje.

Antruoju eksperimentu buvo tiriamas liofilizacijos poveikis įvairiems maisto produktams – užkandžiams, tokiems kaip kepta vištienos krūtinėlė, lavašas, kietieji ir minkštieji sūriai, daržovės (morkos, pomidoriukai, burokėliai, cukinijos, baklažanai) bei paruoštas vištienos troškiny. Šių produktų liofilizacija buvo atliekama siekiant įvertinti galimybes išsaugoti skonines ir tekstūrines savybes bei palengvinti ilgalaikį saugojimą ir transportavimą.

Trečiuoju eksperimentu buvo liofilizuotos dilgėlės ir sukurtas inovatyvus funkcionalusis produktas – dilgėlių pagrindu pagamintas majonezas.

Teorinė analizė. Liofilizuotų maisto produktų gamybos ypatumai, nauda ir pranašumai prieš kitus džiovinimo būdus. Liofilizacijos metu pirmiausia produktai užšaldomi žemoje temperatūroje (rekomenduojama –25 °C arba žemesnė), kad susiformuotų ledo kristalai, išlaikantys produkto struktūrą ir formą. Greitas užšaldymas skatina mažų ir vientisų ledo kristalų susidarymą, kuris lemia efektyvų tolesnį džiovinimą (Paulauskienė, 2022).

Pirminio džiovinimo etape ledo kristalai pašalinami sublimacijos būdu – vanduo tiesiogiai pereina iš kietosios būsenos į garinę, praleidžiant skystą fazę. Šio proceso metu kontroliuojami vakuumo slėgis, temperatūra ir laikas, kad produktas neprarastų formos. Šis etapas užtrunka nuo 25 % iki 45 % viso džiovinimo laiko, o produkte lieka apie 15–20 % surišto vandens. Antrinis džiovinimas trunka ilgiau, nes surištas vanduo pašalinamas lėčiau. Šio etapo metu palaipsniui keliama temperatūra, siekiant pasiekti reikiamą produkto drėgmės kiekį (Paulauskienė, 2022).

Liofilizacija itin tinkama aukštai temperatūrai jautriems produktams, tokiems kaip vaisiai, daržovės, mėsa ar pieno produktai, nes šiluminis poveikis čia yra minimalus. Vienas didžiausių šio metodo pranašumų – reikšmingai pailgėjusi produktų galiojimo trukmė be būtinybės naudoti konservantus ar laikyti šaltai, nes pašalinus drėgmę sustabdomas mikroorganizmų ir fermentų aktyvumas (Ratti, 2001). Dėl to liofilizuoti produktai plačiai taikomi kelionėms, ekstremalioms situacijoms skirtame racione ar net kosmoso maisto sistemose.

Po džiovinimo liofilizuoti produktai yra porėti ir turi didelį paviršiaus plotą, todėl labai greitai sugeria drėgmę. Todėl juos būtina laikyti sandarioje ir geriausia – neskaidrioje pakuotėje, apsaugančioje nuo ultravioletinių spindulių, kurie gali sukelti pigmentų ir kitų junginių skilimą. Tinkamai supakuoti produktai gali būti laikomi kambario temperatūroje ilgą laiką (Paulauskienė, 2022).

Liofilizacijos procesas pasižymi gebėjimu išsaugoti termiškai jautrias maistines medžiagas, ypač vitaminus. Liofilizacijos metu vitamino C netenkama gerokai mažiau nei taikant kitus džiovinimo būdus. VDU mokslininkai teigia, kad liofilizuotuose produktuose jo kiekis beveik prilygsta šaldytiems (Paulauskienė, 2022).

Tyrimai rodo, kad B grupės vitaminai (ypač B₁, B₂ ir B₆) išlieka ypač stabilūs net po ilgo laikymo laikotarpio. Pavyzdžiui, nustatyta, kad po 24 mėnesių laikymo liofilizuotuose produktuose išliko 94 proc. vitamino B₁, 97 proc. – B₂ ir 86 % – B₆ (Coad & Bui, 2020). Tai pabrėžia liofilizacijos, kaip vieno iš efektyviausių džiovinimo metodų, pranašumą. Naujesni tyrimai dar labiau sustiprina šią išvagę – pastebėta, kad ne tik pats džiovinimo būdas, bet ir trukmė bei laikymo sąlygos turi reikšmingos įtakos vitaminų išsaugojimui. Gębczyński ir kt. (2024) nustatė, kad liofilizacija kartu su žema laikymo temperatūra (2–4 °C) padeda išlaikyti

daugiau bioaktyvių junginių, įskaitant B grupės vitaminus, nei tradicinis džiovinimas ir laikymas kambario temperatūroje. Šie rezultatai pagrindžia liofilizacijos technologijos svarbą maisto produktų maistinės vertės išsaugojimui ilgalaikio laikymo metu.

Be B grupės vitaminų, liofilizacija taip pat padeda išsaugoti kitus jautrius antioksidantus, tokius kaip vitaminai E ir A. Nors vitaminas E yra jautrus oksidaciniams procesams, tyrimai rodo, kad liofilizacijos metu jis išlieka gana stabilus. Coad ir Bui (2020) nustatė, kad po dvejų metų laikymo liofilizuotuose kariniuose daviniuose vitamino E kiekis sumažėjo iki 77 proc., o tai vis dar gana aukštas rodiklis. Kitų autorių duomenimis, vitamino E nuostoliai gali svyruoti nuo 20 iki 35 proc., priklausomai nuo žaliavos pobūdžio ir laikymo sąlygų (Ratti, 2020). Panaši situacija stebima ir su vitaminu A. Tyrimuose nustatyta, kad liofilizuotuose vaisiuose, ypač uogose, jo sumažėjimas siekia tik 19–25 proc., priklausomai nuo džiovinimo trukmės. Tokie rezultatai akivaizdžiai parodo, kad liofilizacija ne tik užtikrina maistinių medžiagų, bet ir antioksidantų išlikimą gerokai geriau nei kiti džiovinimo metodai, kurie dažnai sukelia reikšmingesnius vitaminų praradimus dėl šiluminio poveikio ir oksidacijos.

Vis dėlto liofilizacija turi ir trūkumų. Technologija reikalauja specializuotos įrangos, yra lėta ir reikalaujanti daug elektros energijos, todėl gali būti ekonomiškai nepalanki didelio masto gamybai (Ratti, 2001).

Nepaisant iššūkių, liofilizacija išlieka viena iš pažangiausių ir kokybę išsaugančių džiovinimo technologijų, turinti platų pritaikymo spektrą šiuolaikinėje maisto pramonėje.

Tyrimo rezultatų analizė. Liofilizuotų maisto produktų gamyba ir jų panaudojimo galimybės. Atliekant eksperimentinius bandymus buvo liofilizuoti įvairūs maisto produktai – tiek baltyminiai batonėliai, tiek pagrindiniai patiekalai, pieno produktai, daržovės ir augalinės kilmės priedai – siekiant įvertinti jų skonines, maistines, estetines savybes bei ištirti praktinio panaudojimo galimybes funkcionaliajame maiste.

1 eksperimentas. Baltyminiai batonėliai buvo pagaminti iš natūralių ingredientų, tokių kaip riešutai, kakava, kokosai ir medus. Jie pasižymėjo ne tik aukšta maistine verte, bet ir išlikusia natūralia tekstūra bei skoniu po liofilizacijos (1 pav.)



1 pav. Baltyminiai batonėliai „Šokoladinė pasaka“ ir „Kokosinis rojus“
Šaltinis: autorių nuotrauka

Liofilizacijos metu batonėlis „Šokoladinė pasaka“ neteko apie 48 proc. svorio – prieš džiovinimą jis svėrė 85–100 g (be šokolado glazūros ir su), o po džiovinimo atitinkamai – 45–60 g. „Kokosinis rojus“ sumažėjo 32 proc., svoris krito nuo 62–87 g iki 42–67 g. Spalvos pokyčiai parodė, kad „Šokoladinė pasaka“ šiek tiek prarado vizualinį patrauklumą – spalva tapo blankesnė, pilkšva, tuo tarpu „Kokosinis rojus“ išlaikė nepakitusį estetišką baltą atspalvį. Kvapo ir skonio vertinimai atskleidė, jog „Šokoladinė pasaka“ išlaikė šokolado skonį, buvo juntamas silpnas proteino kvapas, o „Kokosinis rojus“ pasižymėjo intensyviu kokosų skoniu su švelnesniu, mažiau ryškiu kvapu. Struktūra ir konsistencija po liofilizacijos tapo skirtingos: „Šokoladinė pasaka“ buvo labai trapi, paviršius – nelygus, o formelė nebuvo pilnai užpildyta; „Kokosinis rojus“ turėjo vientisą struktūrą, gerai užpildytą formą, konsistencija buvo tvirta ir netrupėjo.

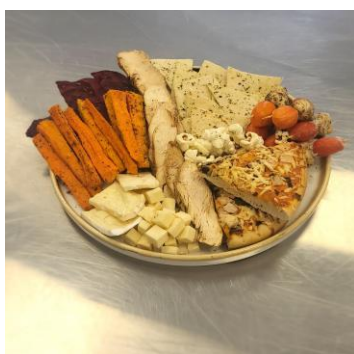
Juslinis vertinimas, apimantis išvaizdą, struktūrą, skonį, aromatą, spalvą ir konsistenciją, patvirtino šiuos skirtumus. „Šokoladinė pasaka“ pasižymėjo skylučių turinčiu paviršiumi, grublėta ir trapia struktūra, blankia pilkšva spalva bei labai trapia konsistencija, o „Kokosinis rojus“ turėjo vientisą, gerai užpildytą formą, tolygų paviršių, ryškią baltą spalvą ir tvirtą, netrupančią konsistenciją.

Įtraukus 20–30 g baltymų tarp valgymų, šie užkandžiai gali skatinti raumenų atsistatymą po fizinio krūvio (Phillips, 2016). Be to, natūralūs ingredientai, tokie kaip riešutai ir medus, prisideda prie širdies veiklos gerinimo bei oksidacinio streso mažinimo (Stukas, 2020).

2 eksperimentas. Liofilizuoti įvairūs maisto produktai: kepta vištienos krūtinėlė, lavašas, kietieji ir minkštieji sūriai, daržovės (morkos, burokėliai, pomidoriukai, cukinijos, baklažanai) bei paruoštas vištienos troškiny. Nors tikslių masės pokyčių duomenų šio eksperimento metu nefiksuota, pastebėta, kad visų produktų masė po liofilizacijos ženkliai sumažėjo, kas yra įprasta dėl drėgmės pašalinimo.

Rehidratuojant produktus, t. y. užpylus karštu vandeniu, dauguma jų atgavo gerą tekstūrą ir skonį, ypač išsiskyrė vištienos troškiny, kuris rehidratavus labai greitai atkūrė tiek skonį, tiek tekstūrą, išlikdamas itin panašus į šviežią produktą.

Liofilizacijos procesas padėjo išsaugoti produktų spalvą ir aromatą, nors kai kurie daržovių gaminiai tapo šiek tiek šviesesni, o sūriai – švelnesnio aromato. Tokie produktai, išlaikantys svarbiausias maistines savybes, galėtų būti naudojami kelionėse, ekstremaliomis sąlygomis ar greitam vartojimui be šaldymo poreikio (2 pav.).



2 pav. Liofilizuoti užkandžiai
Šaltinis: autorių nuotrauka

3 eksperimentas. Buvo liofilizuotos dilgėlės ir sukurtas inovatyvus funkcionalusis produktas – dilgėlių pagrindu autorių pagamintas majonezas (3 pav.), kuriame liofilizuotos dilgėlės, pasižyminčios aukštu geležies, kalcio, magnio bei vitaminų A, C ir K kiekiu, išlaikė natūralią spalvą, skonį ir vertingą sudėtį. Riebalų turintis pagrindas padėjo pagerinti riebaluose tirpių vitaminų įsisavinimą, o pats produktas įgavo natūralų augalinį poskonį ir išliko kulinariškai universalus.



3 pav. Liofilizuotos dilgėlės ir liofilizuotomis dilgėlėmis praturtintas majonezas
Šaltinis: autorių nuotrauka

Atlikti bandymai leidžia daryti prielaidą, kad liofilizacijos technologija turi didelį potencialą ne tik ilginti natūralių produktų galiojimo laiką, bet ir išlaikyti jų maistinę vertę, vizualines savybes ir skonį, todėl ji gali būti taikoma funkcionaliojo maisto produktų plėtrai.

Išvados

1. Liofilizacija – tai vienas pažangiausių džiovinimo metodų, leidžiantis pašalinti drėgmę be šilumos poveikio, todėl geriau nei kiti džiovinimo būdai išsaugo maistinę vertę, struktūrą, spalvą ir skonį. Tyrimų duomenys rodo, kad liofilizacijos metu išsaugoma didžioji dalis termiškai jautrių vitaminų (ypač C, B grupės, A, E) bei antioksidantų – tai patvirtina šios technologijos efektyvumą ilgalaikio laikymo produktų kokybei.

2. Praktinių eksperimentų metu pagaminti baltyminiai batonėliai ir kiti liofilizuoti produktai (daržovės, mėsa, sūris, dilgėlės) išlaikė geras juslines savybes (spalvą, kvapą, skonį, tekstūrą), buvo lengvai rehidratuojami ir tinkantys kasdieniam bei specializuotam vartojimui. Inovatyvus produktas – dilgėlių pagrindu sukurtas majonezas – parodė, kad liofilizuotos augalinės žaliavos gali būti sėkmingai integruojamos į funkcionaliojo maisto gaminius, išlaikant bioaktyvius junginius. Nepaisant sudėtingo proceso ir įrangos kaštų, liofilizacija išlieka perspektyvi tiek pramoniniam, tiek buitiniam taikymui, atliepiant vartotojų poreikį sveikiems, be konservantų, lengvai transportuojamiems ir maistingiems produktams.

LITERATŪRA

Chan, E. W. C., Lim, Y. Y., & Omar, M. (2011). Effect of freeze-drying on the antioxidant compounds and antioxidant activity of selected tropical fruits. *International Journal of Molecular Sciences*, 12(7). <https://doi.org/10.3390/ijms12074678>

Coad, J., & Bui, L. (2020). The stability of B group vitamins in freeze-dried military rations. *Foods*, 9(1), 39. <https://doi.org/10.3390/foods9010039>

Coad, R., & Bui, L. (2020). Stability of vitamins B₁, B₂, B₆ and E in a fortified military freeze-dried meal during extended storage. *Foods*, 9(1). <https://doi.org/10.3390/foods9010039>

Eisinaitė, V. (n.d.). Liofilizacija. Visuotinė lietuvių enciklopedija. <https://www.vle.lt/straipsnis/>

Gębczyński, P., Tabaszewska, M., Kur, K., Zbylut-Górska, M., & Słupski, J. (2024). Effect of the drying method and storage conditions on the quality and content of selected bioactive compounds of green legume vegetables. *Molecules*, 29(8), 1732. <https://doi.org/10.3390/molecules29081732>

Grand View Research. (2022). *Freeze-dried food market size, share & growth report, 2030*. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/freeze-dried-food-market-report>

Hossain, M. A., Islam, M. Z., & Islam, M. N. (2022). Freeze-drying of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) berries: Effect on bioactive compounds and antioxidant activity. *Applied Sciences*, 13(23). <https://doi.org/10.3390/app132312709>

Paulauskienė, A. (2022). Liofilizacija – nuo vandens pažeistų dokumentų iki maisto produktų. Vytauto Didžiojo universitetas. <https://www.vdu.lt/lt/liofilizacija-nuo-vandens-pazeistu-dokumentu-iki-maisto-produktu/>

Phillips, S. M. (2016). The impact of protein quality on the promotion of resistance exercise-induced changes in muscle mass. *Nutrition & Metabolism*, 13, 64. <https://doi.org/10.1186/s12986-016-0124-8>

Ratti, C. (2001). Hot air and freeze-drying of high-value foods: A review. *Journal of Food Engineering*, 49(4). [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00228-4](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00228-4)

Stukas R. (2020). Mitybos mokslininko užrašai. Alma Littera

PRODUCTION OF FREEZE-DRIED FOOD PRODUCTS AND PRESERVATION OF NUTRITIONAL VALUE

Summary. Lyophilization, or freeze-drying, is an advanced dehydration method that preserves the structure, nutrients, and sensory properties of food by removing moisture under vacuum after freezing. This technology is increasingly applied in the food, pharmaceutical, and biotechnology industries due to its ability to extend shelf life and maintain product quality without the need for preservatives. Consumer interest in home-use freeze dryers and healthy, long-lasting snacks is growing. Experimental research included the development of freeze-dried protein bars and tested various snacks like chicken, vegetables, and cheeses, showing good flavour and texture retention. Freeze-drying preserves vitamins (especially B and C) better than traditional methods, making it ideal for functional foods. Despite high costs and energy use, the method holds strong potential for industrial and domestic use. Further research is needed on its impact on nutritional and sensory properties.

Keywords: *lyophilization, food drying, long-term food preservation, nutrients.*

NAUJŲ PRODUKTŲ KŪRIMAS ĮMONĖJE UAB „DIVAKS FOOD“, PANAUDOJANT INOVATYVIUS TEKSTŪRUOTUS VABZDŽIŲ BALTYMUS

Elena Grinė, Jolanta Jurkevičiūtė, Kristina Murphy

Vilniaus kolegija, Agrotechnologijų fakultetas

Anotacija. Augantis susidomėjimas tvariais ir maistingais maisto šaltiniais skatina inovatyvių produktų kūrimą, tarp kurių vis daugiau dėmesio sulaukia vabzdžių baltymais papildyti gaminiai. Tekstūruotų vabzdžių baltymų (*Tenebrio molitor*) naudojimas maisto pramonėje atveria naujas galimybes kuriant aukštos maistinės vertės produktus, kurie gali tapti alternatyva tradiciniams gyvūninės kilmės baltymų šaltiniams. Tai ne tik padeda užtikrinti tvarumą ir sumažinti neigiamą poveikį aplinkai, bet ir atitinka augančią vartotojų paklausą alternatyviems baltymų šaltiniams (Fink, Aris, & Kiros, 2021). Vabzdžių baltymų naudojimas taip pat prisideda prie maisto saugos gerinimo ir sveikos mitybos skatinimo, užtikrinant aukštą maistinę vertę (Hahn et al., 2021).

Šiame straipsnyje nagrinėjami naujai sukurtų tekstūruotų vabzdžių baltymų paplotėlių maistingumo laboratorinių tyrimų rezultatai ir gaminių sudėties atitikimas vartotojų poreikiams. Tyrimo metu buvo įvertinti pagrindinių maistinių medžiagų – druskos (NaCl), cukraus, baltymų ir skaidulinių medžiagų kiekiai sukurtuose vabzdžių paplotėliuose bei atlikta gautų rezultatų apžvalga maistingumo požiūriu.

Tyrimo rezultatai parodė, kad naudojant tekstūruotus vabzdžių baltymus, galima sukurti maistingą produktą, kuris yra pranašesnis dėl didesnio baltymų kiekio ir turi mažai cukrų. Be to, vabzdžių baltymų įtraukimas į produktų sudėtį pagerina gaminių maistinę vertę ir prisideda prie inovatyvaus maisto gamybos skatinimo.

Raktiniai žodžiai: tekstūruoti vabzdžių baltymai, maistinė vertė, paplotėliai, druska, cukrūs, skaidulinės medžiagos.

Įvadas. Vabzdžių baltymai tampa vis populiareniu tvariu baltymų šaltiniu maisto pramonėje dėl jų didelės maistinės vertės ir aplinkai draugiškos gamybos. Tarp įvairių vabzdžių rūšių *Tenebrio molitor* (didžiojo milčiaus) lervos išsiskiria dideliu baltymų kiekiu, vertingomis riebalų rūgštimis, skaidulinėmis medžiagomis ir mikroelementais (Fink, Aris, & Kiros, 2021). Šios savybės leidžia jas plačiai pritaikyti maisto gamyboje, ypač kuriant alternatyvius baltymų produktus, tokius kaip vabzdžių kilmės paplotėlius, kurie gali atstoti tradicinius mėsos gaminius.

Didėjantis vartotojų susidomėjimas tvaria mityba ir alternatyviais baltymų šaltiniais skatina pramonę kurti naujus produktus, praturtintus vabzdžių baltymais (Fink, Aris, & Kiros, 2021). Vabzdžiai gali tapti alternatyviu baltymų šaltiniu, užtikrinant aukštą maistinę vertę ir mažinant poveikį aplinkai (Hahn et al., 2021). Tyrimai rodo, kad vabzdžių baltymų naudojimas leidžia sumažinti anglies dioksido emisijas ir vandens suvartojimą, kartu užtikrinant aukštą maistinę vertę (Oonincx & de Boer, 2012). Be to, derinant vabzdžių baltymus su augaliniais (pvz., žirnių baltymų izoliatu), galima pagerinti produktų tekstūrą, skonį ir maistinę vertę papildyti skaidulinėmis medžiagomis. Norint sukurti rinkoje konkurencingą produktą, būtina išanalizuoti pagrindinius maistinius rodiklius: baltymų, cukraus, druskos (NaCl) ir skaidulinių medžiagų kiekius. Toks vertinimas leidžia pritaikyti receptūrą taip, kad produktas atitiktų vartotojų lūkesčius dėl produkto maistingumo bei galėtų konkuruoti su esamais analogais.

Mokslininkai sutaria, kad subalansuota sudėtis ne tik padidina produkto patrauklumą, bet ir prisideda prie sveikos mitybos skatinimo (Rumpold & Schlüter, 2013). Vabzdžiai įtraukiami į įvairius gaminius, pavyzdžiui, grūdinius produktus, mėsos analogus, užkandžius ir padažus. Maisto produktų, tokių kaip kvietiniai sausainiai, kukurūzų tortilijos ar duona, papildymas vabzdžių miltais padidina baltymų, skaidulinių medžiagų bei mineralų kiekį, kartu išlaikant priimtinas skonio ir tekstūros savybes (Ghosh et al., 2021). Pavyzdžiui, į kvietinius sausainius pridėjus 10 proc. palmės straubliuko (*Rhynchophorus phoenicis*) lervų miltų, baltymų kiekis padidėjo net 86 proc., o skaidulų – 642 proc. (Ghosh et al., 2021). Moksliniai tyrimai taip pat parodė, kad vabzdžių baltymai gali būti naudojami kaip dalinė mėsos pakaitinė žaliava. Į mėsos emulsijas pridėjus milčiaus (*Tenebrio molitor*) lervų ar šilkverpių (*Bombyx mori*) lėliukių miltų, produktų baltymų kiekis padidėjo apie 21 proc., o mineralinių medžiagų – net dvigubai (Ghosh et al., 2021). Toks sprendimas leidžia gaminti produktus su didesne maistine verte, išlaikant jų technologines ir skonines savybes. Be to, vabzdžių baltymai, kaip inovatyvus

baltymų šaltinis, atveria galimybes mažinti aplinkos poveikį ir skatinti tvarią maisto gamybą, taip pat prisidėti prie pasaulinės maisto saugos problemų sprendimo, nes vabzdžiai gali tapti alternatyviu ir efektyviu šaltiniu maisto produktų gamyboje, ypač vietose, kur trūksta maistingų baltymų šaltinių (Oonincx et al., 2010).

Tyrimo tikslas. Įvertinti naujo produkto maistingumą ištiriant natrio chlorido, bendro cukraus, baltymų ir skaidulinių medžiagų kiekius tekstūruotų vabzdžių baltymų paplotėliuose.

Tyrimo uždaviniai.

1. Nustatyti natrio chlorido, cukraus, baltymų ir skaidulinių medžiagų kiekius tekstūruotų vabzdžių baltymų paplotėliuose.

2. Įvertinti naujo produkto maistinės sudėties atitikimą 2006 m. gruodžio 20 d. Europos Parlamento ir Tarybos Reglamento (EB) Nr. 1924/2006 dėl teiginių apie maisto produktų maistingumą ir sveikatingumą reikalavimams.

Tyrimo metodai. *Bendras cukrų ir natrio chlorido kiekis tekstūruotų vabzdžių baltymų paplotėliuose nustatytas refraktometrijos metodu* pagal sudarytas kalibravimo kreives: natrio chlorido kiekio nustatymui ($R^2 = 0,9971$, $y = 0,0019x + 1,3324$), bendro cukrų kiekio nustatymui ($R^2 = 0,9924$, $y = 0,0019x + 1,3324$). Refraktometrijos metodo esmė – šviesos lūžio rodiklio (refrakcijos) matavimas tiriamajame tirpale.

Baltymų kiekis nustatytas vadovaujantis standartu ISO 20483:2013 Varpinių ir ankštinių javų grūdai. Azoto kiekio nustatymas ir žalių baltymų kiekio skaičiavimas. Kjeldalio metodas. Metodo esmė – bendro azoto kiekis nustatomas mineralizuojant mėginį koncentruotoje sieros rūgštyje veikiant katalizatoriumi (CuSO_4) ir distiliuojant susidariusį amoniaką į boro rūgšties tirpalą, kuris titruojamas druskos arba sieros rūgštimi, o pagal sunaudoto titranto tūrį apskaičiuojamas azoto kiekis mėginyje.

Bendras skaidulų kiekis nustatytas vadovaujantis ISO 5498:1981 metodu. Metodo esmė – po rūgštinės ir šarminės mėginio hidrolizės gravimetrijos metodu nustatomas bendras skaidulų kiekis.

Tyrimo metodika. *Bendro cukrų kiekio tekstūruotų vabzdžių baltymų paplotėliuose nustatymas refraktometrijos metodu.*

Cukraus kiekio nustatymas refraktometrijos metodu. Mėginio paruošimas ir tyrimo atlikimas: precizinėmis svarstyklėmis (PB-S/FACT, MettlerToledo) pasveriami $10 \pm 0,001$ g tikslumu homogenizuoto paplotėlio masės, įpilama 100 ml dejonizuoto vandens (II kokybės laipsnio) ir laboratorinėje maišyklėje (WiseShake® SHO-2D, VWR) ekstrahuojama 30 min. 220 aps./min. greičiu. Ekstraktas filtruojamas per membraninį filtrą (porų dydis $0,22 \mu\text{m}$) ir refraktometru (Refracto 30P, MettlerToledo) pamatuojamas bendras cukrų kiekis, rezultatas išreiškiamas Brix laipsniais pagal sacharozę.

Tyrimas pakartotas 3 kartus ($n = 3$) ir rezultatas pateiktas kaip aritmetinis vidurkis.

Natrio chlorido kiekio nustatymas refraktometrijos metodu. Mėginio paruošimas ir tyrimo atlikimas: precizinėmis svarstyklėmis (PB-S/FACT, MettlerToledo) pasveriami $10 \pm 0,001$ g homogenizuoto paplotėlio masės, įpilama 100 ml dejonizuoto vandens (II kokybės laipsnio) ir laboratorinėje maišyklėje (WiseShake® SHO-2D, VWR) ekstrahuojama 30 min. 220 aps./min. greičiu. Ekstraktas filtruojamas per popierinį filtrą (porų dydis $2\text{--}3 \mu\text{m}$) ir refraktometru (Refracto 30P, MettlerToledo) pamatuojamas šviesos lūžio rodiklis. Natrio chlorido kiekis apskaičiuojamas iš kalibravimo kreivės, kurios koncentracijų intervalas nuo 0,4 iki 2,0 proc., tiesės lygties. Tyrimas pakartotas 3 kartus ($n = 3$) ir rezultatas pateiktas kaip aritmetinis vidurkis.

Bendrojo azoto kiekio nustatymas Kjeldalio metodu. Mėginio paruošimas ir tyrimo atlikimas: precizinėmis svarstyklėmis (PB-S/FACT, MettlerToledo) pasveriami $\sim 2,5 \pm 0,001$ g homogenizuoto paplotėlio masės. Į mėginį įpilama 20 ml koncentruotos sieros rūgšties ir mineralizuojama mineralizatoriuje (KJELDATHERM, Gerhardt). Vykdomas 4 pakopų mineralizavimas: 120°C – 30 min., 170°C – 30 min., 280°C – 45 min., 400°C – 90 min. Naudotos katalizatoriaus tabletės (KjeldahlTab, K_2SO_4 , 5 g; $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 0,5 g). Mineralizacijos metu susidaręs amonio sulfatas $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ paveikiamas 70 ml natrio šarmu 30

proc. NaOH, o susidaręs laisvasis amoniakas NH_3 distiliuojamas į 2 proc. 80 ml boro rūgšties H_3BO_3 tirpalą. Mėginys titruojamas 0,1 mol/l druskos rūgšties HCl tirpalu, naudojamas indikatorių metilo raudonojo ir metilo mėlynojo mišinys. Ekvivalentiniame taške tirpalo spalva pasikeičia iš žalios į violetinę. Baltymų kiekis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$C_{\text{baltymai, proc.}} = \frac{(V_1 - V_0) \cdot N_{\text{HCl}} \cdot 1,401}{m} \cdot 5,64$$

V_1 – druskos rūgšties tūris, sunaudotas mėginio titravimui (ml);

V_0 – druskos rūgšties tūris, sunaudotas tuščiojo mėginio titravimui (ml);

m – mėginio masė (g);

5,64 – baltymų perskaičiavimo koeficientas (priklauso nuo naudojamos standartinės medžiagos arba mėginio tipo);

1,401 – koeficientas, atitinkantis azoto masę, tenkančią 1 ml 1 mol/l druskos rūgšties tirpalo.

Bendro skaidulų kiekio nustatymo gravimetrijos metodu. Mėginio paruošimas ir tyrimo atlikimas: precizinėmis svarstyklėmis (PB-S/FACT, MettlerToledo) pasveriami $2,5 \pm 0,001$ g homogenizuoto paplotėlio masės, įpilama 150 ml 1,25 proc. sieros rūgšties tirpalo ir 30 min. virinama ant kaitinimo plytelės (C-Mag HP7, IKA). Po rūgštinės hidrolizės mėginys filtruojamas per stiklinį filtravimo tigli su stiklo keramikos pertvara (porų dydis 5–15 μm), praplaunama dejonizuotu vandeniu (tirpalo reakcija tikrinama universaliu indikatoriumi). Likusios nuosėdos ant filtro perkeliama į kūginę kolbą, įpilama 150 ml 1,25 proc. natrio hidroksido tirpalo ir vėl virinama 30 min. Po šarminės hidrolizės mėginys vėl filtruojamas ir plaunamas dejonizuotu vandeniu. Tiglis iki pastovios masės džiovinamas 104 °C temperatūros džiovinimo spintoje (VentiLine-50, VWR) ir pasveriamas. Bendras skaidulų kiekis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\text{Bendras skaidulų kiekis(\%)} = \left(\frac{\text{Liekamos masė (g)}}{\text{Pradinio mėginio masė (g)}} \right) \times 100$$

Tyrimo rezultatai. Apibendrinti laboratorinių maistinių medžiagų tyrimų rezultatai pateikiami 1 lentelėje.

1 lentelė. Ištirtų maistinių medžiagų kiekiai 100 g gaminio

Maistinės medžiagos pavadinimas	Bendras cukrus	NaCl	Skaidulinės medžiagos	Baltymai
Kiekis, g	0,9	1,18	17,2	2,54

Divaks Food vabzdžių baltymų paplotėlio baltymų kiekis, nustatytas Kjeldalio metodu, siekia 17,2 g / 100 g. Atsižvelgiant į tai, kad 1 g baltymų suteikia 4 kcal, galima apskaičiuoti, jog baltymai paplotėlyje suteikia 69,2 kcal. Kadangi bendra produkto energinė vertė yra 193,7 kcal/100 g, tai reiškia, kad net 35,7 % visos energinės vertės gaunama iš baltymų. Remiantis Europos Parlamento ir Tarybos reglamento (EB) Nr. 1924/2006 dėl teiginių apie maisto produktų maistingumą ir sveikatingumą nuostatomis, teiginys „*daug baltymų*“ gali būti taikomas, jei iš baltymų gaunama bent 20 % energinės vertės. Divaks Food paplotėlis gerokai viršija šią ribą – net 78,5 % daugiau nei nurodyta reglamente, todėl toks galimas maistingumo teiginys paplotėlio ženkliniame yra pagrindžiamas atliktais gaminio sudėties tyrimais.

Analizuojant nustatytą druskos kiekį pusgaminyje, jos yra 1,18 g / 100 g produkto, tai viršija minimalias druskos normas (atitinkamai iki 0,12 g / 100 g), nurodytas reglamente, ir norint teigti, kad gaminyje yra mažai natrio / druskos.

Tiriant cukrų, nustatyta, kad tiriamame produkte jų yra 0,9 g/100 g. Europos Parlamento ir Tarybos reglamente (EB) Nr. 1924/2006 nurodoma, kad norint naudoti teiginį „*mažai cukrų*“, jo kiekis kietame produkte neturi viršyti 5g / 100 g. Remiantis tyrimų rezultatais, šis teiginys, pristatant informaciją vartotojui apie produkto maistingumą, gali būti naudojamas aptariamam gaminiui.

Skaidulų kiekis paplotėliuose – 2,54 g / 100 g. Mažesnis skaidulų kiekis siejamas su maistui naudojamų vabzdžių sudėtimi, tačiau siekiant pagerinti produkto maistinę vertę ir priartėti prie augalinių alternatyvų, Divaks Food naudoja papildomų skaidulinių ingredientų, tokių kaip augalinės skaidulos. Tai leidžia vabzdžių baltymų paplotėlius padaryti daug patrauklesnius, lyginant vien su gyvūninės kilmės analogais, kuriuose skaidulinių medžiagų nėra visai.

Apibendrinant galima teigti, kad tiriamas produktas pasižymi aukštu baltymų kiekiu, mažu cukraus kiekiu, tačiau skaidulų kiekis išlieka mažesnis, nei augalinės kilmės produktuose. Siekiant pagerinti produkto konkurencingumą ir atitikti vartotojų lūkesčius dėl sveikatai palankesnių alternatyvų, reikėtų padidinti skaidulų kiekį.

Išvados. Pastaraisiais metais pasaulinė maisto pramonė ieško naujų, tvarių ir maistingų baltymų šaltinių, kurie padėtų spręsti augančius aplinkosaugos, maisto saugos ir mitybos iššūkius. Viena iš inovatyviausių kryptių – vabzdžių baltymų integravimas į žmonių mitybą. Mokslininkai sutaria, kad maisto produktų papildymas vabzdžių miltais padidina baltymų, skaidulinių medžiagų bei mineralų kiekį, kartu išlaikant priimtinas gaminių skonio ir tekstūros savybes.

Atlikus gaminio maistingumo laboratorinius tyrimus nustatyta, kad produkto baltymų kiekis siekia 17,2 g / 100 g, cukrų – 0,9 g / 100 g, druskos – 1,18 g / 100 g, skaidulinių medžiagų – 2,54 g / 100 g.

Remiantis Europos Parlamento ir Tarybos reglamento (EB) Nr. 1924/2006 dėl teiginių apie maisto produktų maistingumą ir sveikatingumą nuostatomis ir ištirtų baltymų bei cukrų kiekiu gaminiuose, gali būti naudojami teiginiai, kad paplotėliuose „daug baltymų“ ir „mažai cukrų“.

LITERATŪRA

Europos Parlamento ir Tarybos reglamentas (EB) Nr. 1924/2006 dėl teiginių apie maisto produktų maistingumą ir sveikatingumą. (2006).

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/lt/ALL/?uri=CELEX:32006R1924>

Ghosh, S., Jung, C., & Meyer-Rochow, V. B. (2021). What governs selection and acceptance of edible insect foods? *Foods*, 10(6), 1297. <https://doi.org/10.3390/foods10061297>

Hahn, T., Munteanu, M., & Zepeda, M. (2021). Sustainable food sources for the future: Insects in food systems. *Frontiers in Veterinary Science*. <https://www.frontiersin.org/journals/veterinary-science/articles/10.3389/fvets.2021.675572/full>

Fink, P., Aris, E., & Kiros, A. (2021). Benefits and challenges in the incorporation of insects in food products. *Frontiers in Nutrition*. <https://www.frontiersin.org/journals/nutrition/articles/10.3389/fnut.2021.687712/full>

Onincox, 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>

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>

DEVELOPMENT OF NEW PRODUCTS AT UAB DIVAKS FOOD INNOVATIVE TEXTURED INSECT PROTEINS

Summary. The growing interest in sustainable and nutritious food sources is driving the development of innovative products, among which insect protein-enriched foods are gaining increasing attention. The use of textured insect proteins (*Tenebrio molitor*) in the food industry opens up new opportunities for creating high nutritional value products that can serve as alternatives to traditional animal-based protein sources. This not only promotes sustainability and reduces environmental impact but also meets the rising consumer demand for alternative

protein sources (Fink, Aris, & Kiros, 2021). The incorporation of insect protein also contributes to improved food safety and promotes healthy eating by providing high nutritional value (Hahn et al., 2021).

This article examines the results of laboratory analyses on the nutritional composition of newly developed textured insect protein patties and assesses the compliance of these products with consumer needs. The study evaluated the levels of key nutrients – salt (NaCl), sugar, protein, and dietary fiber – in the developed insect-based patties and provided a nutritional overview of the results.

The findings indicate that using textured insect proteins enables the creation of a nutritionally valuable product that is superior due to its higher protein content and low sugar levels. Moreover, the inclusion of insect protein improves the overall nutritional profile and supports the advancement of innovative food production.

Keywords: *textured insect proteins, nutritional value, patties, salt, sugar, dietary fiber.*

TRIUŠIŲ IR GRAUŽIKŲ MITYBOJE NAUDOJAMO ŠIENO TYRIMAS NUSTATANT MIKOTOKSINŲ KIEKĮ

**Tomas Karalis, Rūta Karalienė, Aivaras Paukštė, Vilnė Mykolaitytė, Joana Kulbytė,
Greta Kavaliauskaitė**

Vilniaus kolegija, Agrotechnologijų fakultetas, Veterinarijos katedra

Anotacija. Straipsnyje pristatomi mikotoksinų kiekio triušių ir graužikų mitybai skirtame šiene tyrimo rezultatai. Iškelta problema – kokia mikotoksinų (DON, ZEA, aflatoksinų) koncentracija nustatoma trušiams ir graužikams skirtame šiene ir ar ji viršija saugias normas? Tyrimo tikslas – įvertinti dažniausiai pasitaikančių mikotoksinų (DON, zearalenono ir aflatoksinų) paplitimą bei koncentracijas komerciniuose ir Lietuvos ūkių šieno mėginiuose. Tyrimui atlikti pasitelkta „Raptor“ sistema, leidžianti greitai ir patikimai nustatyti mikotoksinus pašaruose. Iš viso buvo ištirta 15 mėginių. Net 97 proc. jų buvo užkrėsti vienu ar keliais mikotoksinais. Gauti rezultatai rodo, kad kyla didelė rizika gyvūnų sveikatai, ypač triušių, kurių jautrumas toksiškoms medžiagoms yra didesnis nei kitų gyvūnų. Tyrimas akcentuoja būtinybę griežčiau kontroliuoti pašarų kokybę.

Raktiniai žodžiai: *mikotoksinais, šienas, triušiai, graužikai, pašarų sauga.*

Įvadas. Tyrimo aktualumas. Mikotoksinais yra antriniai pelėsinų grybų metabolitai, kurie gali susidaryti augaluose augimo ar saugojimo metu. Jie pasižymi toksišku poveikiu tiek žmonėms, tiek gyvūnams. Ypač pavojingi pašaruose aptinkami mikotoksinais, nes jų vartojimas net mažomis koncentracijomis gali sukelti sveikatos sutrikimų. Dėl savo cheminio stabilumo mikotoksinais išlieka aktyvūs net ir po pašarų konservavimo ar apdorojimo. Šių toksinų poveikiui triušiai ir graužikai yra jautresni nei stambūs gyvūnai, tačiau iki šiol trūksta mokslinių tyrimų, atskleidžiančių jų riziką būtent šių rūšių sveikatai. Europos Sąjungos teisės aktuose yra nustatytos kai kurių mikotoksinų ribinės normos, tačiau jos dažniausiai netaikomos smulkiems žinduoliams, o kokybės priežiūra tokio pobūdžio pašarams – fragmentiška. Mikotoksikozės dažnai nesukelia akivaizdžių klinikinių požymių, tačiau pastovus mikotoksinų vartojimas trikdo virškinimo, reprodukcijos ir imuninės sistemos veiklą bei sukelia organų pažeidimus ar net mirtį.

Tyrimo problema – kokia mikotoksinų (DON, ZEA, aflatoksinų) koncentracija nustatoma trušiams ir graužikams skirtame šiene ir ar ji viršija saugias normas?

Tyrimo tikslas – įvertinti šiene esančius mikotoksinius ir jų kiekį.

Tyrimo uždaviniai:

- Pateikti pašarų užkrėstumo mikotoksinais analizę Lietuvoje;
- Atlikti tyrimo rezultatų analizę.

Tyrimo metodai: tyrimams naudota „Raptor“ sistema – tai šoninio srauto tyrimo juostelių skaitytuvas, kuriuo nustatytas mikotoksinų buvimas ir jų koncentracijos pašaruose. Papildomai buvo naudoti istorinių duomenų analizės metodai, lyginant 2022–2024 m. šieno mėginių rezultatus.

Mikotoksinais ir jų rūšys. Mikotoksinais yra natūralios medžiagos, kurias gamina pelėsiai ir grybai. Tai nematomi, patvarūs ir toksiški cheminiai junginiai. Mikotoksinais yra paplitę ūkių aplinkoje – jie išlieka daugelyje vietų ir įvairiuose pašarų mišiniuose. Labiausiai ištirti mikotoksinais yra tie, kuriuos gamina pelėsiai *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* ir *Claviceps*. Kai kurie iš pagrindinių šių pelėsių gaminamų mikotoksinų yra aflatoksinai, ochratoksinai, deoksinivalenolis (DON, vomitoksinas), T-2/HT-2 toksinai, zearalenonas – ZEA, fumonizinais, mikofenolinė rūgštis, ciklopiazoninė rūgštis ir ergotos alkaloidai.

Viena iš pelėsio *Aspergillus* mikotoksinų rūšių yra aflatoksinai. Augaluose šio mikotoksino padaugėja dėl šiltų ir sausų sąlygų laukuose, o sandėliuojamame pašare – prastų sandėliavimo sąlygų ir didelio drėgmės kiekio. Aflatoksinų kiekis pašaruose yra globaliai reguliuojamas. Kitų *Aspergillus* rūšių mikotoksinų taip pat galima rasti augaluose bei sandėliuojamame pašare, tačiau jų kiekis nėra limituojamas.

Kitos pelėsio *Fusarium* mikotoksinų rūšys yra trichotecenai, zearalenonas ir fumonizina. Trichotecenai randami grūduose ir silose. Juos iš dalies suskaido prieskrandis, tačiau jo rūgštinė terpė gali tai slopinti. Zearalenonas gali užteršti įvairius grūdus ir pašarus. Jis mažais kiekiais patenka į pieną, tačiau realios žalos pieno produktų vartotojams nesukelia. Fumonizina randami įvairiuose pašaruose. Šie mikotoksinai lėtai ir blogai skaidomi prieskrandyje bei virškinamajame trakte, todėl yra mažesnio toksiškumo.

Penicillium pelėsio rūšiai priklauso ochratoksinai, citrininas, patulinas. Ochratoksinai ir citrininas gali būti aptinkami laukuose bei sandėliuojamuose pašaruose. Sveikas prieskrandis šiuos toksinus greitai suskaido, todėl manoma, kad jis sukelia mažiau grėsmės atrajotojams. Patulinas išsiskiria pūvančiuose vaisiuose, tačiau gali būti aptinkamas daržovėse, grūduose ir silose.

Mikotoksinai ir jų poveikis triušiams. Triušiams mikotoksinai nebūtinai yra toksiški, tai priklauso nuo jų koncentracijos. Dauguma mikotoksikozų neturi klinikinių požymių, nebent yra vartojami ilgą laiką. Aiškiausiai klinikiniai požymiai pastebimi apsinuodijus šiais mikotoksinais: zearalenonas, fumonizina, ochratoksinai, aflatoksinai. Zearalenonas triušiams sukelia hematoksinius, hepatoksinius, nefrotoksinius ir imunotoksinius pokyčius. Taip pat vienas svarbiausių žalingų šio mikotoksino poveikių yra reprodukcijos sistemos. Be to, zearalenonas paveikia žarnyno mikrobiomą, tai padidina jautrumą disbiozei. Fumonizina triušiams sukelia centrinės nervų sistemos pažeidimus ir vėžinius susirgimus.

Ochratoksinai dažniausiai paveikia triušių inkstus, tačiau gali paveikti ir kitus organus. Vartojant didelėmis dozėmis gali sukelti vaisiaus vystymosi sutrikimus: skeleto, minkštųjų audinių pakitimus ir t.t.

Aflatoksinai sukelia apetito sumažėjimą, viduriavimą, nuotaikų kaitą, svorio sumažėjimą, imuniteto nusilpimą, geltą ir mirtį.

„Be to, Europos Sąjunga yra nustačiusi kelių mikotoksinų ribines vertes (2006/576/EB) visaverčiuose pašaruose. Tačiau šios ribos taikomos tik tam tikrais atvejais ir, ypač triušiams, dar reikia daugiau tyrimų, kad būtų nustatytas šių toksinų šalutinis poveikis“ (BIÖNTE TECHNICAL DEPARTMENT, 2024). Remiantis šiuo šaltiniu bei esama mokslinė literatūra apie mikotoksinų poveikį triušiams, galima teigti, kad tai yra itin aktuali tema, reikalaujanti papildomų tyrimų. Būtent dėl šių priežasčių atliktas mikotoksinų tyrimas triušių pašaruose yra informatyvus.

Pašarų užkrėstumas mikotoksinais Lietuvoje. Vilniaus kolegijos socialiniai partneriai atlieka įvairių pašarų, užaugintų Lietuvoje, užkrėstumo mikotoksinais tyrimus. Šių tyrimų metu yra tiriamos 54 mikotoksinų rūšys skystinės chromatografijos UPLC-MS/MS metodu. Šiais tyrimų rezultatais socialiniai pasidalino su šį tyrimą atliekančiais tyrėjais. Užduotis – išanalizuoti ir pateikti istorinius duomenis apie žolinių pašarų užkrėstumą mikotoksinais.

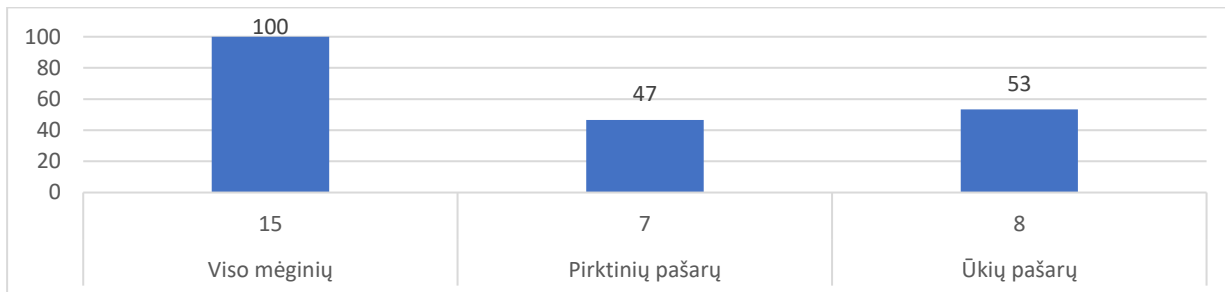
2022 metais yra atlikti 42 žolės mėginių tyrimai, vidutiniškai viename mėginyje buvo aptikti 3,9 mikotoksinų rūšys ir 100 proc. mėginių buvo užkrėsti 2 mikotoksinų rūšimis. Pagrindiniai mikotoksinai aptikti šiais metais buvo naujai atsirandantys mikotoksinai 100 proc. mėginių ir Fuzarinė rūgštis 90,5 proc. mėginių. Pagal toksiškumą ir potencialą sukelti neigiamą poveikį sveikatai daugiausiai aptikta *Penicillium* mikotoksino – 45,2 proc. mėginiuose.

2023 metais buvo atlikti 17 žolės mėginių tyrimų. Vidutiniškai viename mėginyje buvo nustatyta 3,7 skirtingų mikotoksinų. 82 proc. mėginių buvo užkrėsti 2 mikotoksinų rūšimis. Skirtingai nei 2022 metų sezoną, pagrindiniai aptikti mikotoksinai buvo naujai atsirandančių mikotoksinų grupė ir *Penicillium* mikotoksinai – atitinkamai 70,6 proc. ir 64,7 proc. mėginių. Taip pat kaip ir 2022 metais didžiausią toksiškumo laipsnį sudarė *Penicillium* mikotoksinai, kurių vidutinis kiekis mėginiuose siekė 674,4 ppb – parts per billion (liet. milijardinės dalys).

2024 metais buvo atlikti 26 žolės mėginių tyrimai. Vidutiniškai viename mėginyje buvo aptiktos 2,5 mikotoksinų rūšys, ir 2 ir daugiau mikotoksinų rūšys buvo 81 proc. mėginių. Pastarųjų metų užkrėstumo mikotoksinais profilis stipriai skyrėsi nuo prieš tai vertintų sezonų. Didžioji dalis mėginių buvo užkrėsti B tipo trichotecenais, tokių mėginių kiekis siekė net 73,1 proc., o fumonizinas buvo aptiktas 34,6 proc. mėginių ir tiek pat mėginių buvo užkrėsti

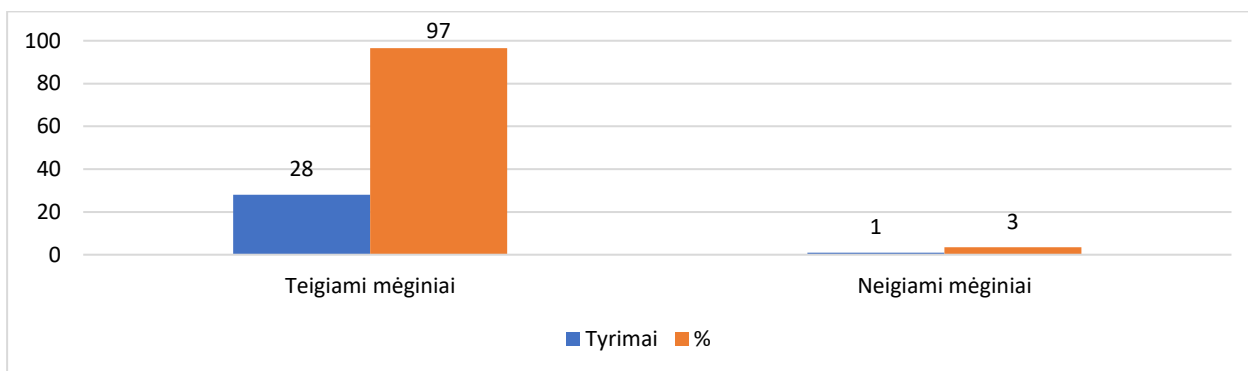
Penicillium mikotoksinais. Nors užkrėstumo profilis ir pasikeitęs, tačiau didžiausią toksiškumo grėsmę buvo iš užkrėstumo *Penicillium* mikotoksinais – šių mikotoksinų vidutinis kiekis pašaruose siekė 65,6 ppb.

Triušių pašarų ir Lietuvos ūkiuose pagaminto šieno užkrėstumo mikotoksinais tyrimas. Tyrimui atlikti buvo pasitelkta Raptor sistema. Tai šoninio srauto tyrimo juostelių skaitytuvas, kurio pagalba buvo tiriamas mėginių užkrėstumas DON, ZEA ir Aflatoksino toksinais.



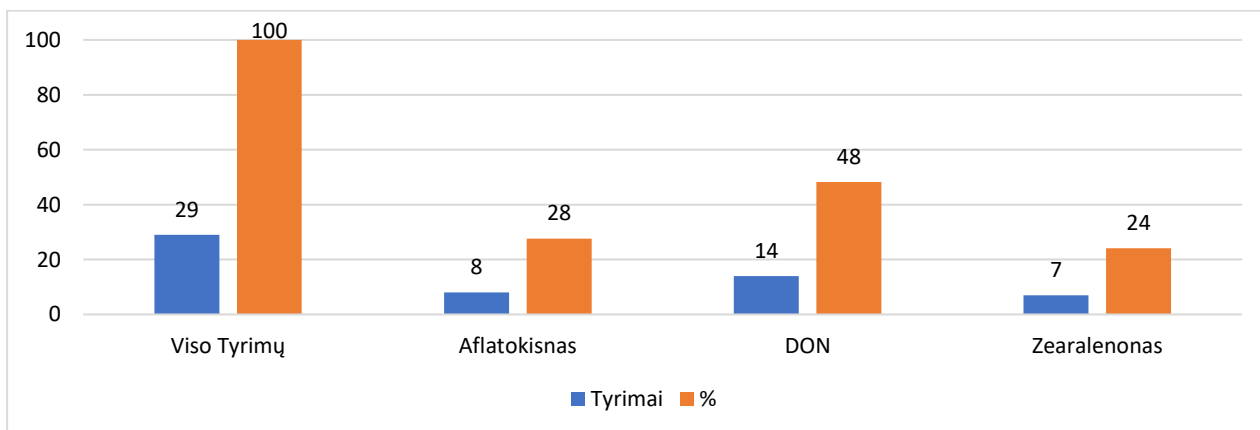
1 pav. Tirtų mėginių skaičius ir pasiskirstymas (%)

Šio tyrimo metu buvo ištirta 15 mėginių. Iš kurių 7 mėginiai (47 proc.) yra šieno, pirktų komercinėse parduotuvėse, mėginiai. Šis šienas yra parduodamas kaip graužikų pašaras. Likę 8 mėginiai (53 proc.) – tai iš Lietuvos ūkių surinkti žolės mėginiai.



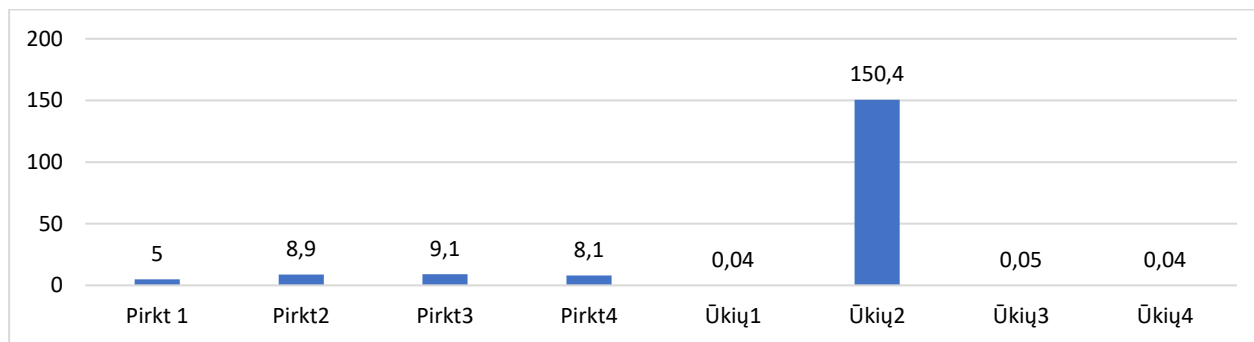
2 pav. Atliktų tyrimų skaičius ir teigiamų tyrimų rezultatų procentinė išraiška

Iš viso buvo atlikta 29 tyrimai, kurių metu nustatyta, kad net 97 procentai mėginių buvo užkrėsti mikotoksinais.



3 pav. Atliktų tyrimų skaičius ir pasiskirstymas pagal tirtus mikotoksinus (%)

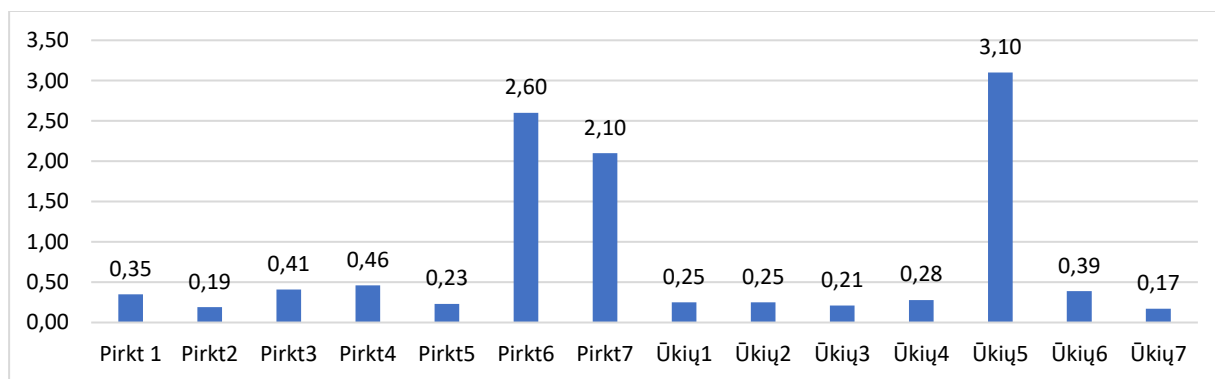
Atliekant šį tyrimą buvo tiriamas mėginių užkrėstumas Aflatoksinu (8 tyrimai), DON (14 tyrimų) ir Zearalenonu (7 tyrimai).



4 pav. Mėginių užkrėstumas Aflatoksinu, ppb*

*ppb – parts per billion (liet. milijardinės dalys)

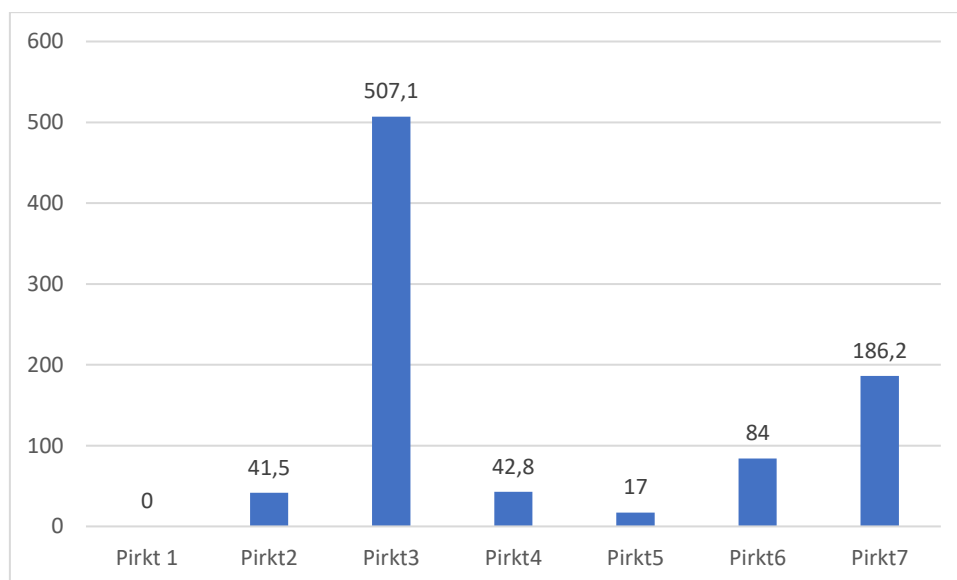
Iš 8 atliktų tyrimų visi rezultatai buvo teigiami. Aflatoksino kiekis mėginiuose svyravo nuo 0,04 iki 150,4 ppb.



5 pav. Mėginių užkrėstumas DON, ppm*

*ppm – parts per million (liet. milijoninės dalys)

Iš 14 atliktų tyrimų visi rezultatai buvo teigiami. DON kiekis mėginiuose svyravo nuo 0,17 iki 3,10 ppm.



6 pav. Mėginių užkrėstumas Zearalenonu (ZAE), ppb

Iš 7 atliktų tyrimų 6 tyrimų atsakymai buvo teigiami. Zearalenono kiekis mėginiuose svyravo nuo 0,00 iki 507,1 ppb.

Išvados. Atliktas tyrimas parodo, kad pašarų užkrėstumas mikotoksinais yra dažna problema, net 97 % tirtų mėginių buvo užkrėsti mikotoksinais, nepriklausomai ar tai buvo pirktiniai, ar vietoje užauginti žoliniai pašarai.

Mikotoksinų neigiamas poveikis sveikatai yra plačiai ištirtas įvairioms gyvūnų rūšims, tačiau tyrimų trūkumas yra akivaizdus, kai norime apibrėžti šių medžiagų neigiamą poveikį graužikams.

LITERATŪRA

- Alltech. (n.d.). *Mycotoxin Symptoms*.
<https://www.knowmycotoxins.com/mycotoxins/mycotoxin-symptoms/>
- Biõnte technical department. (2024). *Effects of mycotoxins in rabbits*. BIÕNTE.
<https://www.bionte.com/en/mycotoxins-rabbits-mycotoxicosis/>
- Diaz, D. (2005). *The Mycotoxin Blue Book*. Nottingham University Press.
- El-khodari, S. (2023). *Mycotoxins in ruminant animals - Symptoms, lesions, and pathogenesis from a clinical point of view*. AgriNews. <https://mycotoxinsite.com/mycotoxins-ruminant-animals-symptoms-lesions-pathogenesis-from-clinical-point-view/?lang=en>
- Perpiñán, D. & Pellett, S. (n.d.). *Mycotoxicosis*. Vetlexicon.
<https://www.vetlexicon.com/lapis/toxicology/articles/mycotoxicosis/>
- Tsouloufi T. K. (2024). *An overview of mycotoxicoeses in rabbits*. Journal of veterinary diagnostic investigation: official publication of the American Association of Veterinary Laboratory Diagnosticians, Inc, 36(5), 638–654. <https://doi.org/10.1177/10406387241255945>
- Zaki, M., El-Midany, S., Shaheen, H. & Rizzi, L. (2012). *Mycotoxins in animals: Occurrence, effects, prevention and management*. Academic Journals.
<https://doi.org/10.5897/JTEHS11.072>

TRIUŠIŲ IR GRAUŽIKŲ MITYBOJE NAUDOJAMO ŠIENO TYRIMAS NUSTATANT MIKOTOKSINŲ KIEKĮ

Summary. The article presents the results of mycotoxin concentration analysis in hay used for feeding rabbits and rodents. The research problem posed is: what are the concentrations of mycotoxins (DON, ZEA, and aflatoxins) in hay intended for rabbits and rodents, and do they exceed safe levels? The aim of the study is to evaluate the prevalence and concentrations of the most common mycotoxins (DON, zearalenone, and aflatoxins) in hay samples from commercial sources and Lithuanian farms. The study was conducted using the Raptor system, which allows for rapid and reliable detection of mycotoxins in feed. A total of 15 samples were tested, of which 97 pct. were found to be contaminated with one or more types of mycotoxins. The results indicate a significant risk to animal health, especially for rabbits, which are more sensitive to toxic substances than other species. The study highlights the need for stricter quality control of animal feed.

Keywords: *mycotoxins, hay, rabbits, rodents, feed safety.*