

AUGALINIŲ FUNKCINIŲ PRIEDŲ ĮTAKA KSILITOLIO LEDINUKŲ BIOLOGINIAM AKTYVUMUI

Konstantinas KATUŠKEVIČIUS, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Agronomijos fakultetas, el. paštas konstantinas.katuskevicius@vdu.lt

Jurgita KULAITIENĖ, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Agronomijos fakultetas, el. paštas jurgita.kulaitiene@vdu.lt

Santrauka

Šio tyrimo tikslas yra įvertinti skirtingo propolio ekstrakto priedo kiekio ir skirtingų vaistažolių įtaką biologiškai aktyvių junginių koncentracijai bei antioksidaciniam aktyvumui ledinukuose pagamintuose iš ksilitolio cukraus. Tyrimai buvo atlikti 2026 m. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto ABMMI maisto žaliavų kokybės laboratorijose. Tyrimams naudota trijų skirtingų liofilizuotų vaistažolių – šalavijo (*Salvia officinalis* L.), mėtų (*Mentha piperita* L.) ir čiobrelio (*Thymus vulgaris* L.) – lapai ir stiebai bei 18 proc. (m/V) propolio ekstraktas ištirpintas 96 proc. grynumo etanolyje. Iš viso paruoštos 12 skirtingų mėginių kombinacijos naudojant skirtingas vaistinius augalus ir skirtingus propolio ekstrakto kiekius (0; 0,1; 0,25 ir 0,5 proc.). Bendras fenolinių junginių bei flavonoidų kiekis buvo nustatytas spektrofotometrinio būdu, o antioksidacinis aktyvumas nustatytas pagal DPPH laisvųjų radikalų surišimo metodiką. Tyrimo rezultatai parodė, kad fenolinių junginių, flavonoidų ir antioksidacinio aktyvumo rodikliai skyrėsi, priklausomai nuo tirtų mėginių sudėtyje esančios vaistažolių rūšies ir naudoto propolio ekstrakto priedo kiekio. Didžiausias bioaktyvių junginių kiekis nustatytas mėginiuose su didžiausiu propolio ekstrakto priedu, o mėginiuose, kuriuose buvo tik vaistažolės, šis kiekis buvo mažiausias. Taip pat nustatyta, kad propolio priedo kiekis turėjo įtakos antioksidaciniam aktyvumui. Didėjant propolio kiekiui, didėjo antioksidacinis mėginių aktyvumas. Tyrimo rezultatai leidžia teigti, kad propolio ekstrakto naudojimas gali reikšmingai prisidėti prie fenolinių junginių ir flavonoidų kiekio didinimo ir pagerinti tiriamų mėginių antioksidacinį potencialą, o skirtingos kilmės fenoliniai junginiai tarpusavyje gali sąveikauti skirtingai.

Reikšminiai žodžiai: bičių propolis, liofilizuotos vaistažolės, fenoliniai junginiai, antioksidacinis aktyvumas.

Įvadas

Propolis tai natūralus bičių (*Apis mellifera*) produktas, kuris laikomas vienu ryškiausių vabzdžių ir augalų sąveikos pavyzdžiu. Bitės, surinkdamos augalų dervas iš įvairių augalo dalių (pavyzdžiui, pumpurų ar žievės) ir sumaišiusios su savo išskiriamais seilių fermentais bei vašku, pagamina chemiškai kompleksinę, pilną biologiškai aktyvių junginių dervinę medžiagą (Pastor et al., 2025). Literatūros apžvalgose dažnai pateikiama, kad standartinė propolio makro sudėtis yra sudaryta iš maždaug 50 proc. augalinių dervų ir balzamų, 30 proc. bičių vaško, 10 proc. eterinių aliejų, 5 proc. žiedadulkių ir 5 proc. kitų organinių medžiagų, todėl cheminiu lygmeniu propolis yra itin kompleksinis bioaktyvių junginių mišinys (Rocha et al., 2023).

Šiomis dienomis vis labiau pripažįstama fenolinių junginių biologinė svarba. Dažnai yra akcentuojama, kad fenoliniai junginiai pasižymi įvairiu teigiamu poveikiu žmogaus organizmui, pavyzdžiui, jie veikia antimikrobiškai, priešuždegimiškai bei kaip antioksidantai ir antikancerogenai. Taip pat jie gali prisidėti prie diabeto, vėžio, įvairių širdies ir kraujagyslių ligų prevencijos. Patys fenoliniai junginiai yra augalų antrinių metabolitų grupė, plačiai paplitusi įvairiose augalo dalyse. Jie atsakingi už įvairius svarbius fiziologinius augalo procesus, kurie yra susiję su jo augimu, spalvos formavimu, galutiniu skonio formavimu bei atsparumu aplinkos stresui (Zhang et al., 2022).

Šis tyrimas yra reikšmingas tiek moksliniu, tiek praktiniu požiūriu, nes leidžia įvertinti bioaktyvių junginių kiekį tirtuose mėginiuose ir geriau suprasti jų sąveikos potencialą. Gauti rezultatai padeda išsamiau apibūdinti flavonoidų ir kitų fenolinių junginių pasiskirstymą ledinukuose bei jų biologinio aktyvumo potencialą. Be to, svarbu atsižvelgti į tai, kad skirtingos kilmės fenoliniai junginiai gali tarpusavyje skirtingai sąveikauti, o ši sąveika gali turėti įtakos bendram antioksidaciniam aktyvumui ir bioaktyvių junginių kiekiui. Tyrimo rezultatai gali būti naudingi vertinant šių junginių panaudojimo galimybes, kuriant funkcinius maisto produktus ir plėtojant natūralių antioksidantų tyrimus.

Tyrimo tikslas – įvertinti skirtingų propolio ekstrakto priedo kiekio ir skirtingų vaistažolių įtaką biologiškai aktyvių junginių kiekiui ir antioksidaciniam aktyvumui ksilitolio ledinukuose.

Išskeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Įvertinti skirtingų propolio ekstrakto priedo kiekio įtaką bendram fenolinių junginių ir bendram flavonoidų kiekiui ledinukuose.
2. Nustatyti skirtingų propolio ekstrakto priedo kiekio poveikį antioksidaciniam aktyvumui ledinukuose.

Tyrimų objektas ir metodai

Tyrimo objektas – ledinukai, pagaminti iš ksilitolio, su 1 proc. trijų skirtingų liofilizuotų vaistažolių – šalavijo (*Salvia officinalis* L.), mėtų (*Mentha piperita* L.) ir čiobrelio (*Thymus vulgaris* L.) – priedu bei propolio ekstraktu. Tyrime

naudotas 18 % (m/V) propolio ekstraktas, ištirpintas 96 % (v/v) etanolyje, iš kurio paruošti mėginiai su 0; 0,1; 0,25 ir 0,5 proc. galutinėmis koncentracijomis. Iš viso tirta 12 skirtingų ledinukų kompozicijų.

Tyrimai atlikti 2026 m. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Augalų biologijos ir maisto mokslų katedros Augalinių žaliavos kokybės, Maisto žaliavų, agronominių ir zootechninių tyrimų bei Maisto perdirbimo laboratorijose.

Atliktas dviejų veiksmų eksperimentas:

Veiksny A: skirtingos liofilizuotos vaistažolės.

1. Mėta (*Mentha piperita* L.);
2. Šalavijas (*Salvia officinalis* L.);
3. Čiobrelis (*Thymus vulgaris* L.).

Veiksny B: propolio ekstrakto priedas.

1. 0 proc.(kontrolė);
2. 0,1 proc.;
3. 0,25 proc.;
4. 0,5 proc.

Prieš pradėdant gaminti ledinukus visų pirma su grūstuve buvo sutrinamos liofilizuotos vaistažolės. Vėliau gauta masė buvo persijojama nuo įvairių sumedėjusių žolelių dalių paliekant vien tik purią miltelių masę. Ledinukų pagrindas buvo gaminamas kaitinant ir pastoviai maišant ksilitolio cukrų, sumaišytą su 1 proc. citrinų rūgšties kristalais ir 10 proc. vandens, iki kol masė pasieks bendrą 150 laipsnių temperatūrą. Pasiekus šią temperatūrą gauta masė buvo nuimama nuo ugnies ir leidžiama jai atvėsti iki 75 laipsnių ir tik tada į bendrą masę buvo įmaišoma 1 proc. liofilizuotų vaistažolių miltelių ir atitinkamas kiekis propolio ekstrakto (0 proc. (kontrolė), 0,1 proc., 0,25 proc., 0,5 proc.). Pasirenkant priedų įterpimo temperatūrą buvo atsižvelgiama į prioritetą kuo labiau sumažinti fenolinių junginių nuostolius. Gautas mišinys buvo išpilstomas į formas ir leidžiama pilnai sustingti. Mėginiai iki analizių buvo laikomi tamsioje 3 laipsnių aplinkos temperatūroje.

Visi ledinukų tyrimai buvo atlikti trimis pakartojimais (n=3) su visomis skirtingomis variacijomis, o jų apskaičiuoti vidurkiai yra pateikti rezultatuose ir statistiškai išanalizuoti. Tiriamuose ledinukuose buvo nustatyti šie parametrai:

- Bendras fenolinių junginių kiekis, kuris buvo nustatytas Folin–Ciocalteu spektrofotometrinio metodu. Eiga – 1 g mėginio ekstrahuota 10 ml 75 proc. (v/v) etanolio 1 val., po to centrifuguota 10 min. (1800 rpm). Analizei 0,2 ml ekstrakto sumaišyta su 5 ml distiliuoto vandens ir 0,2 ml Folin–Ciocalteu reagentu (1:10). Po 3 min. įpilta 1 ml 20 proc. (m/V) Na₂CO₃ tirpalo. Mišinys inkubuotas 30 min. tamsioje vietoje kambario temperatūroje. Po inkubacijos mėginių absorbcija matuota 765 nm bangos ilgyje (Labomed Inc., JAV). Kalibracinė kreivė sudaryta naudojant galo rūgšties standartus, o rezultatai išreikšti mg GRE g⁻¹;
- Bendras flavonoidų kiekis, kuris nustatytas spektrofotometrinio metodu, taikant aliuminio chlorido (AlCl₃) reagentą. Eiga – 1 g mėginio buvo ekstrahuotas su 10 ml 75 proc. etanolio tirpalu, 1 val. purtant automatinėje purtyklėje (1200 rpm). Tolimesnei analizei buvo naudota 1 ml gauto ekstrakto, kuris buvo sumaišytas su 10 ml 10 proc. (m/V) vandeninio AlCl₃ tirpalo, 2 ml 96 proc. etanolio ir 1 ml 1 M natrio acetato tirpalo. Mišiniai buvo inkubuojami 40 min. tamsioje vietoje, po to matuojama absorbcija 415 nm bangos ilgyje su spektrofotometru (Labomed Inc., JAV). Kalibracinė kreivė sudaryta naudojant kvercetino standartus, o rezultatai išreikšti kvercetino ekvivalentais (mg QE g⁻¹);
- Antioksidacinis aktyvumas, kuris buvo nustatytas taikant 2,2-difenil-1-pikrilhidrazilio (DPPH) radikalo surišimo metodą. Eiga – 1 g mėginio buvo ekstrahuojamas su 10 ml 50 proc. etanolio tirpalu ultragarso vonelėje 10 min. Vėliau ekstraktai buvo centrifuguoti 10 min. (1800 rpm) ir nufiltruotas supernatantas. Prieš tai paruoštas 60 μmol l⁻¹ DPPH motinis tirpalas buvo praskiestas su 96 proc. etanolio tirpalu iki tol, kol jis pasieks 0,800 ± 0,003 absorbcija ties 517 nm ir taip buvo gautas darbinis DPPH tirpalas. Analizei 0,3 ml ekstrakto sumaišyta su 3 ml darbinio DPPH tirpalo. Mišinys inkubuotas 30 min. tamsioje vietoje, kambario temperatūroje. Po to absorbcija matuota 517 nm bangos ilgyje spektrofotometru (Labomed Inc., JAV). Rezultatai išreikšti DPPH inaktyvumo procentais.

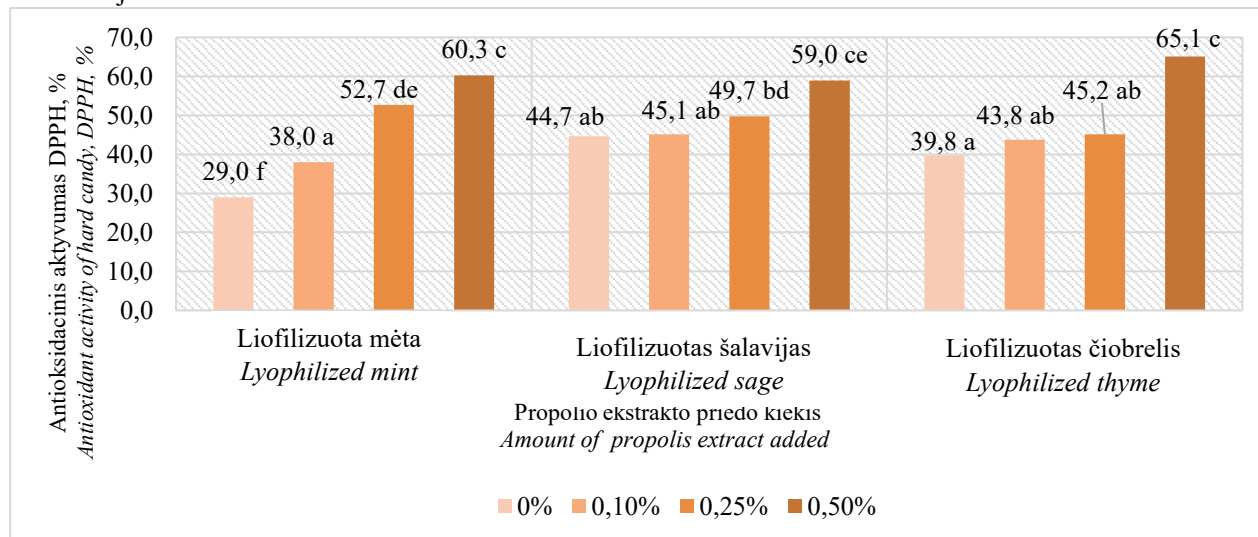
Eksperimentinių duomenų analizė atlikta taikant dviejų veiksmų dispersinę analizę (ANOVA), naudojant statistinę programinę įrangą „STATISTICA“. Taip pat buvo apskaičiuoti rodiklių aritmetiniai vidurkiai, o statistinis skirtumų reikšmingumas nustatytas pagal Fišerio (LSD) kriterijų (p < 0,05).

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Antioksidacinis aktyvumas – tai antioksidantų gebėjimas neutralizuoti laisvuosius radikalus ir slopinti jų sukiamas oksidacines reakcijas, taip ląsteles apsaugant nuo oksidacinio pažeidimo (Mokhtari et al., 2023). Tyrimo metu nustatyta, kad ledinukų antioksidacinis aktyvumas didėjo proporcingai didėjant propolio ekstrakto kiekiui (žr. 1 pav.). Liofilizuotos mėtos mėginiuose aktyvumas padidėjo nuo 29 proc. iki 60,3 proc. (atitinkamai nuo 0 proc. iki 0,5 proc. propolio ekstrakto kiekio), o skirtumai tarp visų mėtos mėginių buvo esmingi. Esmingai mažiausias antioksidacinis aktyvumas buvo nustatytas liofilizuotos mėtos kontroliniuose mėginiuose ir jis buvo 15,7 proc. mažesnis už šalavijo ir 10,8 proc. už čiobrelio kontrolinius mėginius. Esmingas padidėjimas čiobrelio ir šalavijo ledinukuose nustatytas tik esant 0,5 proc. propolio priedo kiekiui. Didžiausia antioksidacinio aktyvumo reikšmė nustatyta liofilizuoto čiobrelio mėginiuose su 0,5 proc. propolio priedo kiekiu, tačiau skirtumas lyginant su kitomis 0,5 proc. propolio kiekio turinčiomis grupėmis nebuvo statistiškai reikšmingas.

Dvipusė dispersinė analizė parodė, kad antioksidacinį aktyvumą statistiškai reikšmingai veikė tiek propolio priedo kiekis (p < 0,001), tiek vaistažolės rūšis (p < 0,05), taip pat nustatyta reikšminga šių veiksmų sąveika (p < 0,01). Tai rodo,

kad antioksidacinio poveikio intensyvumas priklauso ne tik nuo propolio kiekio, bet ir nuo naudojamos augalinės žaliavos tipo. Panašių rezultatų pavyko pasiekti ir kitiems mokslininkams, pavyzdžiui, H. Khabbazi ir kt. (2023) nustatė, kad naudojant 0,5 proc. koncentraciją propolio priedo reikšmingai padidino antioksidacinį aktyvumą baltoje duonoje 16,44 proc. lyginant su kontrole. S. Spinelli ir kt. (2014) nustatė, kad mikroinkapsuliuoto propolio įterpimas į šviežius ir keptus žuvies mėsinius padidino jų antioksidacinį aktyvumą, atitinkamai 21,02–23,03 proc.. Tai patvirtina, kad propolio priedas skirtinguose maisto produktuose stiprina jų antioksidacinį potencialą ir gali būti efektyvi natūrali funkcinų produktų sudedamoji dalis.



Pastaba. Esminiai skirtumai ($p < 0,05$) tarp vidurkių, pažymėti skirtingomis abėcėlės raidėmis;
 Note: Significant differences ($p < 0,05$) between means are indicated by different letters of the alphabet.

1 pav. Ledinukų antioksidacinis aktyvumas DPPH, %

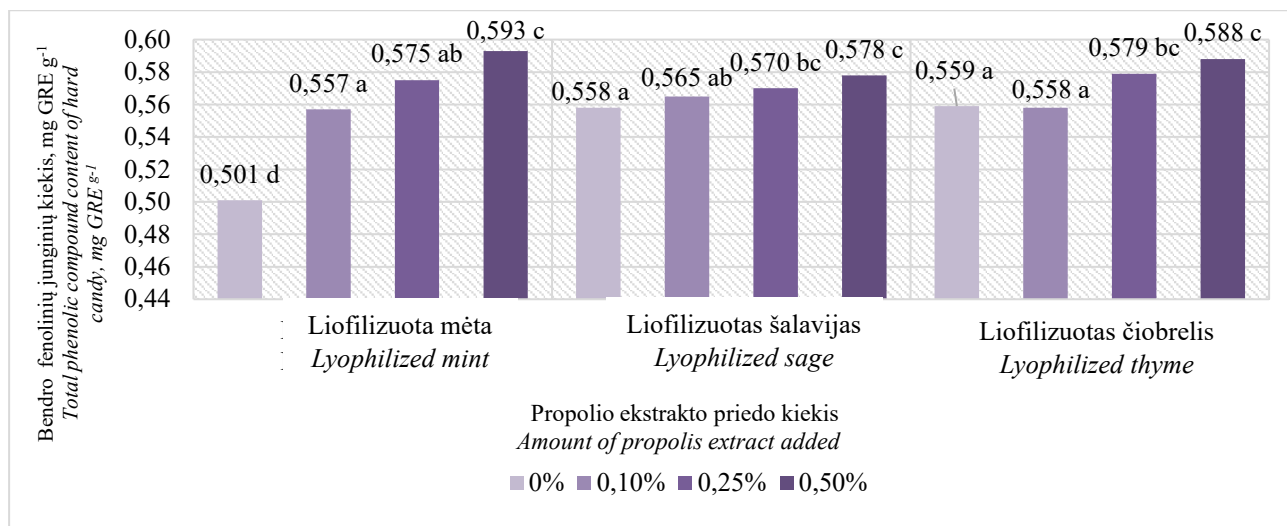
Fig. 1. Antioxidant activity of hard candy, DPPH, %.

Polifenoliai yra laikomi vienais svarbiausių biologiškai aktyvių propolio junginių, iš kurių didžiąją dalį sudaro įvairios fenolinės rūgštys ir flavonoidai. Šie junginiai yra svarbūs vertinant propolio antioksidacinį potencialą, nes jie pasižymi reikšmingomis biologiškai aktyviomis savybėmis, pavyzdžiui, gebėjimu neutralizuoti laisvuosius radikalus ir mažinti oksidacinį stresą. Dėl šių savybių propolis yra laikomas vienu iš vertingiausių bičių šalutiniu produktu, galinčiu prisidėti prie sveikatos stiprinimo ir ligų prevencijos (Kurek-Góreck et al. 2025).

Ištyrus skirtingų variantų ledinukus nustatyta, kad bendras fenolinių junginių kiekis, kaip ir antioksidacinis aktyvumas, sistemškai didėjo didėjant propolio ekstrakto koncentracijai (žr. 2 pav.). Esmingai didžiausia reikšmė nustatyta liofilizuotos mėsos mėginiuose su 0,5 proc. propolio priedo kiekiu (0,593 mg GRE 100 g⁻¹), o esmingai mažiausia – liofilizuotos mėsos kontrolėje be priedo (0,501 mg GRE 100 g⁻¹). Mėsos atveju fenolinių junginių kiekis nuosekliai ir statistiškai reikšmingai didėjo, didėjant propolio kiekiui, kai tuo tarpu liofilizuoto šalavijo ir čiobrelis mėginiuose kontroliniai ledinukai ir 0,1 proc. propolio koncentracijos kiekio variantai statistiškai reikšmingai nesiskyrė. Vis dėlto 0,25 proc. ir 0,5 proc. etanolio ekstrakto priedai lėmė esmingą fenolinių junginių kiekio padidėjimą.

Dvipusė dispersinė analizė parodė, kad bendram fenolinių junginių kiekiui statistiškai reikšmingą įtaką turėjo tiek propolio priedo kiekis (80,3 proc.) ($p < 0,001$), tiek vaistažolės rūšis (40,2 proc.) ($p < 0,01$) ir taip pat nustatyta reikšminga jų sąveika (67,6 proc.) ($p < 0,001$). Gauti rezultatai patvirtina, kad fenolinių junginių kiekis priklausė ne tik nuo propolio dozės, bet ir nuo naudojamos augalinės žaliavos tipo, o propolio poveikio intensyvumas kito priklausomai nuo naudojamos vaistažolės rūšies.

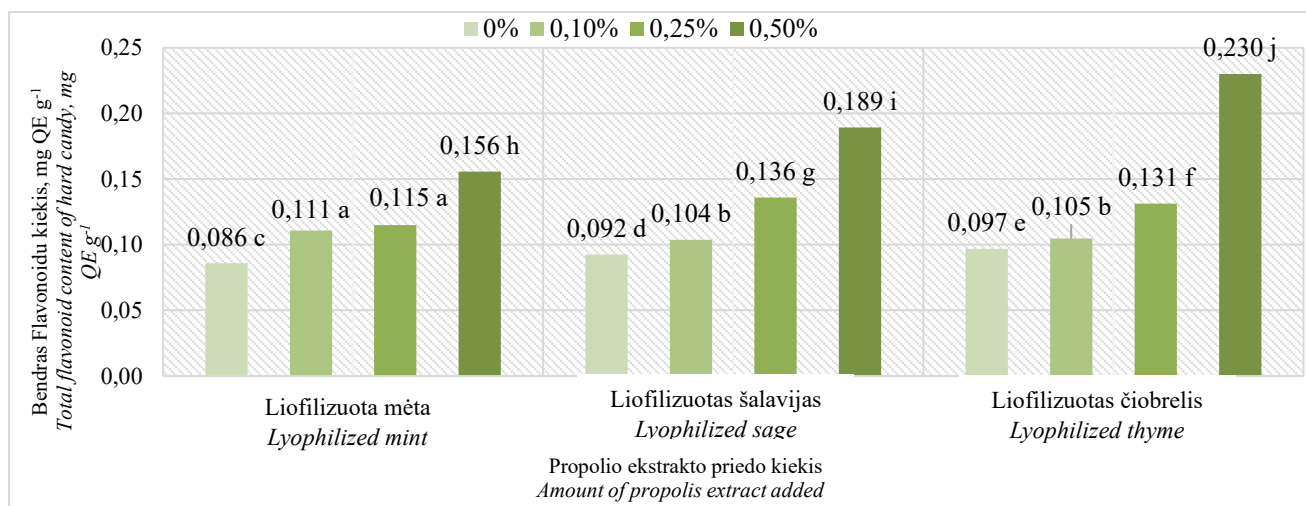
Propolis turi plataus polifenolinių junginių spektrą. Vis dėlto propolio kokybė yra vertinama tik pagal vieną grupę ir tai yra flavonoidai (Fathi Hafshejani et al. 2023). Patys bičių kilmės produktuose esantys flavonoidai pasižymi reikšmingu potencialu, kaip medžiagos, turinčios priešnavikinį, imunomoduliuojantį ir radioprotekcinį poveikį. Atlikti tyrimai rodo, kad flavonoidai gali veikti vėžinių ląstelių proliferaciją, diferenciaciją ir apoptotinę žūtį, todėl jiems priskiriamas svarbus vaidmuo vėžio prevencijoje. Be to, šie junginiai selektyviai veikia navikines ląsteles ir gali mažinti radioterapijos bei chemoterapijos sukeltą neigiamą poveikį sveikiems audiniams (Oršolić et al., 2022). Atsižvelgiant į šias savybes galima teigti, kad yra svarbu įvertinti flavonoidų kiekį ir jų pasiskirstymą mėginiuose, siekiant geriau suprasti sveikatai palankų funkcinį poveikį.



Pastaba. Esminiai skirtumai ($p < 0.05$) tarp vidurkių, pažymėti skirtingomis abėcėlės raidėmis;
 Note: Significant differences ($p < 0.05$) between means are indicated by different letters of the alphabet.

2 pav. Bendras fenolinių junginių kiekis, mg GRE g⁻¹ ledinukuose

Fig. 2. Total phenolic compound content of hard candy, mg GRE g⁻¹



Pastaba. Esminiai skirtumai ($p < 0.05$) tarp vidurkių, pažymėti skirtingomis abėcėlės raidėmis;
 Note: Significant differences ($p < 0.05$) between means are indicated by different letters of the alphabet.

3 pav. Bendras flavonoidų kiekis, mg QE g⁻¹ ledinukuose

Fig. 3. Total flavonoid content of hard candy, mg QE g⁻¹

Ištyrus skirtingų variantų vaistažolių ledinukus nustatyta, kad esmingai didžiausias flavonoidų kiekis buvo liofilizuoto čiobrelio mėginiuose su 0,5 proc. propolio ekstrakto priedo kiekiu (0,23 mg QE g⁻¹), o esmingai mažiausias buvo liofilizuotos mėtų kontrolėje be propolio priedo (0,086 mg QE g⁻¹) (žr. 3 pav.). Visuose tirtuose mėginiuose atsispindėjo ta pati tendencija – flavonoidų kiekis statistiškai reikšmingai didėjo didėjant propolio koncentracijai. Dvipusė dispersinė analizė patvirtino šią tendenciją ir parodė, kad flavonoidų kiekiui esmingą 99,9 proc. įtaką turėjo propolio koncentracija ($p < 0,001$), vaistažolės rūšis turėjo esmingą 99,8 proc. įtaką ($p < 0,001$), o šių veiksnių sąveika turėjo 99,4 proc. įtaką ($p < 0,001$). Tai rodo, kad flavonoidų kiekis labai reikšmingai priklausė tiek nuo propolio dozės, tiek nuo naudojamos augalinės žaliavos tipo, o pats propolio poveikis skirtingų vaistažolių mėginiuose pasireiškė nevienodai.

Išvados

1. Propolio ekstrakto priedo kiekis reikšmingai didino bendrą fenolinių junginių ir flavonoidų kiekį vaistažolėmis praturtintuose ledinukuose. Didžiausias bendras fenolinių junginių kiekis nustatytas liofilizuotos mėtų (*Mentha piperita* L.) ledinukuose su 0,5 proc. propolio ekstrakto priedu (0,593 mg GRE 100 g⁻¹), o didžiausias flavonoidų kiekis – liofilizuoto čiobrelio (*Thymus vulgaris* L.) ledinukuose su 0,5 proc. propolio ekstrakto priedu (0,23 mg QE g⁻¹). Mažiausios šių junginių koncentracijos nustatytos kontroliniuose mėginiuose be propolio priedo.

2. Propolio ekstrakto priedo kiekis turėjo reikšmingą poveikį vaistažolėmis praturtintų ledinukų antioksidaciniam aktyvumui. Didžiausias antioksidacinis aktyvumas nustatytas liofilizuoto čiobrelio (*Thymus vulgaris* L.) ledinukuose su

0,5 proc. propolio ekstrakto priedu (65,1 proc.), o mažiausias – liofilizuotos mėtos (*Mentha piperita* L.) kontroliniuose mėginiuose be propolio priedo (29,0 proc.).

Literatūra

1. Fathi Hafshejani S., Lotfi S., Rezvannejad E., Mortazavi M., Riahi-Madvar A. (2023). Correlation between total phenolic and flavonoid contents and biological activities of 12 ethanolic extracts of Iranian propolis. *Food Science and Nutrition*, 11(7), 4308–4325. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3356>
2. Hosseini Khabbazi S., Mansouripour S., Saremnezhad S. (2023). The effect of propolis extract as a valuable natural additive on the quality characteristics of toast bread. *Food Science and Nutrition*, 11(9), 5438–5445. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3500>
3. Kurek-Górecka A., Kara Y., Pokajewicz K., Ben Hammouda I., Wieczorek P. P., Marciniak D., Kolaylı S. (2025). Phenolic content, volatile compounds and antioxidant activity in pooled propolis samples from Turkey and Poland. *European Food Research and Technology*, 251(8), 2199–2210. <https://doi.org/10.1007/s00217-025-04756-4>
4. Mokhtari R., Kazemi Fard M., Rezaei M., Moftakharzadeh S. A., Mohseni A. (2023). Antioxidant, antimicrobial activities, and characterization of phenolic compounds of thyme (*Thymus vulgaris* L.), sage (*Salvia officinalis* L.), and thyme–sage mixture extracts. *Journal of Food Quality*, 2023(1), <https://doi.org/10.1155/2023/2602454>
5. Oršolić N., Jazvinščak Jembrek M. (2022). Molecular and cellular mechanisms of propolis and its polyphenolic compounds against cancer. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(18), 10479. <https://doi.org/10.3390/ijms231810479>
6. Pastor K., Dolašević S., Nastić, N. (2025). Authentication of Propolis: Integrating Chemical Profiling, Data Analysis and International Standardization - A Review. *Foods*, 14(24), 4259 [žiūrėta 2026 m. vasario 20d.]. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.3390/foods14244259>
7. Rocha V. M., Portela R. D., Dos Anjos J. P., De Souza C. O., Umsza-Guez M. A. (2023). Stingless bee propolis: composition, biological activities and its applications in the food industry. *Food Production, Processing and Nutrition*, 5(1), 29. <https://doi.org/10.1186/s43014-023-00146-z>
8. Spinelli S., Conte A., Lecce L., Incoronato A. L., Del Nobile M. A. (2015). Microencapsulated propolis to enhance the antioxidant properties of fresh fish burgers. *Journal of Food Process Engineering*, 38(6), 527–535. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12183>
9. Zhang Y., Cai P., Cheng G., Zhang Y. (2022). A brief review of phenolic compounds identified from plants: Their extraction, analysis, and biological activity. *Natural Product Communications*, 17(1), 1-14. <https://doi.org/10.1177/1934578X2110697>

THE INFLUENCE OF PLANT-BASED FUNCTIONAL ADDITIVES ON THE BIOLOGICAL ACTIVITY OF HARD CANDY MADE OF XYLITHOL

Abstract

The aim of this study was to evaluate the effect of different amounts of propolis extract and different medicinal herbs on the content of biologically active compounds and the antioxidant activity of xylitol-based lozenges. The experiments were conducted in 2026 at the Food Raw Materials Quality Laboratory of the Institute of Agricultural and Food Sciences, Faculty of Agronomy, Agriculture Academy, Vytautas Magnus University. For the study, three different lyophilized medicinal herbs were used: sage (*Salvia officinalis* L.), peppermint (*Mentha piperita* L.), and thyme (*Thymus vulgaris* L.) leaves and stems, together with an 18% (m/V) propolis extract. In total, twelve different sample combinations were prepared using different herbs and varying concentrations of propolis extract (0, 0.1, 0.25, and 0.5%). The total phenolic and flavonoid contents were determined spectrophotometrically, while antioxidant activity was evaluated using the DPPH free radical scavenging assay. The results showed that the levels of phenolic compounds, flavonoids, and antioxidant activity varied depending on the composition of the samples and the concentration of propolis extract used. The highest amounts of bioactive compounds were found in samples containing higher levels of propolis extract, whereas the lowest values were observed in the control samples. In addition, the addition of propolis significantly influenced antioxidant activity, which increased with increasing extract concentration. The findings suggest that the use of propolis extract can substantially enhance the levels of phenolic compounds and flavonoids and improve the antioxidant potential of the tested samples, while phenolic compounds of different origins may interact differently with one another.

Keywords: bee propolis, lyophilized herbs, peppermint, thyme, sage, phenolic compounds, antioxidant activity