

CITRINŲ (*CITRUS LIMON L.*) ŽIEVELIŲ EKSTRAKTO POVEIKIS ARBATOS VYNO CHEMINEI SUDĖČIAI IR ANTIOKSIDACINIAM AKTYVUMUI

Kristina MILČIUVIENĖ, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Agronomijos fakultetas el. paštas:
kristina.milciuviene@vdu.lt

Santrauka

Atliktas tyrimas apie citrinų (*Citrus limon L.*) žievelių ekstrakto skirtingo kiekio poveikį žaliosios ir juodosios arbatos vynams, kuris aktualus vertinant natūralių augalinės kilmės priedų poveikį fermentuotiems gėrimams, didinant biologiškai aktyvių junginių kiekį ir antioksidacines savybes bei skatinant tvarų žaliavų panaudojimą gamyboje. Arbatos vynas gamintas fermentacijos būdu, naudojant žaliąją arbatą „Green Snail“ (Bi Luo Chun) ir juodąją arbatą „Golden Snail“ (Jin Luo) kaip pagrindines žaliavas. Citrinų žievelių ekstraktas įterptas skirtingomis koncentracijomis, siekiant įvertinti jo poveikį gėrimo bioaktyvių junginių sudėčiai. Tyrimo metu spektrofotometrinio metodu nustatytas bendras fenolinių junginių ir flavonoidų kiekis, o antioksidacinis aktyvumas įvertintas DPPH laisvųjų radikalų surišimo metodu. Rezultatai parodė, kad juodosios arbatos vyno mėginiai, į kuriuos buvo pridėta citrinų žievelių ekstrakto, ypač 50 ml, turėjo padidėjusį fenolinių junginių kiekį (79,7 mg 100 g⁻¹ SM), flavonoidų kiekį (27,93 mg 100g⁻¹ SM) ir antioksidacinį aktyvumą, palyginti su kontrole. Tuo tarpu žaliosios arbatos vyno mėginiuose fenolinių junginių kiekis ir antioksidacinis aktyvumas šiek tiek sumažėjo po citrinų žievelių ekstrakto pridėjimo, nors flavonoidų kiekis šiek tiek padidėjo. Juodosios arbatos vyno mėginys su 50 ml citrinų žievelių ekstrakto reikšmingai skyrėsi nuo kitų mėginių. Rezultatai rodo, kad citrinų žievelių ekstraktas gali padidinti biologiškai aktyvių junginių kiekį ir antioksidacinį aktyvumą fermentuotose gėrimuose, tačiau poveikis priklauso nuo arbatos rūšies: juodosios arbatos vynuose poveikis teigiamas, o žaliosios arbatos vynuose – šiek tiek neigiamas.

Reikšminiai žodžiai: arbata, citrinų žievelės, DPPH, ekstraktas, fenolinių junginių kiekis, flavonoidų kiekis, vynas.

Įvadas

Vynas yra fermentuotas gėrimas, gaunamas mielėms cukrų paverčiant etanolium. Be alkoholio vyno sudėtyje yra įvairių biologiškai aktyvių medžiagų, ypač fenolinių junginių, kurie lemia spalvą, skonį, oksidacinį stabilumą ir antioksidacinį aktyvumą. Fenoliniai junginiai yra svarbūs ne tik produkto kokybei, bet ir jo funkicinei vertei, nes pasižymi gebėjimu slopinti oksidacinius procesus.

Pastaraisiais metais didėja susidomėjimas alternatyviomis žaliavomis fermentuotų gėrimų gamyboje, siekiant sukurti inovatyvius produktus ar padidinti bioaktyvių junginių kiekį. Arbata (*Camellia sinensis L.*) yra vienas iš labiausiai vartojamų gėrimų visame pasaulyje, o stiprus jos antioksidacinis aktyvumas laikomas pagrindiniu veiksniu, turinčiu daug naudos sveikatai, pavyzdžiui, apsaugant širdies ir kraujagyslių sistemą bei priešvėžinį poveikį (Zhao et al., 2019). Žalioji arbata gaminama minimaliai apdorojant lapus, todėl joje išlieka daug natūralių antioksidantų, o juodoji arbata gaminama fermentacijos būdu, kurio metu dalis pirminių junginių pakinta, susidaro naujos medžiagos, suteikiančios gėrimui būdingą spalvą ir skonį. Žalioji ir juodoji arbata išlieka svarbiu antioksidantų šaltiniu, todėl jų naudojimas fermentuotame gėrime gali padidinti biologinę vertę (Musial et al., 2020).

Arbatos vynas yra naujos kartos inovatyvus arbatos skonio gėrimas, gaunamas fermentacijos būdu panaudojant arbatžoles, arbatos miltelius ar kitus arbatos produktus kaip pagrindinę žaliavą. Iš visų arbatos gėrimų rūšių arbatos vynas unikaliai sujungia arbatos ir vyno skonį, o jo vartojimas pastaraisiais metais didėja (Xu et al., 2023). Arbatos gėrimas turi daug naudos fizinei sveikatai dėl antioksidacinių, priešuždegiminių, imunoreguliacinių, priešvėžinių, širdies ir kraujagyslių sistemą apsaugančių, antidiabetinių ir nutukimą stabdančių savybių (Pan et al., 2022). Šios savybės siejamos su arbatoje esančiais bioaktyviais junginiais, kurie fermentacijos metu gali iš dalies išlikti, todėl panašus biologinis aktyvumas gali būti būdingas ir iš arbatos pagamintiems fermentuotiems gėrimams, tokiems kaip arbatos vynas.

Citrinų (*Citrus limon L.*) žievelės yra turtingos įvairiais bioaktyviais junginiais: fenoliais, flavonoidais, terpenais ir askorbo rūgštimi. Šios medžiagos prisideda prie antioksidacinio aktyvumo, gali slopinti oksidacinius procesus gėrimuose ir pagerinti skonio bei aromato savybes (Šafranko et al., 2023). Be to, citrinų žievelės dažnai yra laikomos šalutiniu produktu pramonėje, todėl jų panaudojimas gėrimų gamyboje atitinka tvarumo principus ir mažina atliekų kiekį.

Tyrimo tikslas – nustatyti skirtingų citrinų žievelių ekstrakto kiekių poveikį žaliosios ir juodosios arbatos vynų bendrajam fenolinių junginių, flavonoidų kiekiui bei antioksidaciniam aktyvumui.

Iškeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Nustatyti ir įvertinti skirtingo citrinų žievelių ekstrakto kiekio poveikį bendrajam fenolinių junginių kiekiui žaliosios ir juodosios arbatos vynuose.
2. Nustatyti ir įvertinti skirtingo citrinų žievelių ekstrakto kiekio poveikį bendrajam flavonoidų kiekiui žaliosios ir juodosios arbatos vynuose.

3. Įvertinti citrinų žievelių ekstrakto kiekio poveikį žaliosios ir juodosios arbatos vynų antioksidaciniam aktyvumui.

Tyrimų objektas ir metodai

Eksperimentas atliktas 2025 m. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijoje. Buvo gaminami žaliosios ir juodosios arbatos vynai bei citrinų žievelių ekstraktas, kuris vėliau panaudotas vyno gamyboje. Naudotos šios žaliavos: žalioji arbata „Green snail“ (Bi Luo Chun) ir juodoji arbata „Golden snail“ (Jin Luo), tiekėjas „Skonis ir kvapas“ (Lietuva), kilmės šalis – Kinija; cukrus „Dansukker“ (Lietuva); mielės *Saccharomyces cerevisiae* QA23 „Lalvin“ (Kanada); vyno stabilizavimo ir dezinfekavimo priemonė „Biowin“ (Lenkija); citrinos „Daltex“ (Egiptas); rektifikuotas etilo alkoholis „BZK ALCO S.A.“ (Lenkija); distiliuotas vanduo. Tarai plauti naudotas „Chemipro Oxi“ ploviklis („Brouwland“, Belgija).

Citrinų žievelių ekstraktas buvo gaminamas iš mechanškai atskirtos ir kontroliuojamomis sąlygomis 40 °C temperatūroje 5 valandas orkaitėje (Whirlpool OAKZ9 7961 SP, Italija) džiovintos geltonosios žievelių dalies – cedros. Ekstrakto gamybai naudota 50 g džiovintų citrinų žievelių. Ekstrahuota su 50 proc. etanolio tirpalu. Ekstraktui paruošti citrinų žievelės buvo susmulkintos elektriniu smulkintuvu (Thermomix TM5, Vokietija). Ekstrakcija atlikta naudojant mikrobangų ir ultragarso ekstraktorių (IDCO Microwave Industrial Solutions E200, Marseille, Prancūzija). Visų pirma atlikta mikrobangų ekstrakcija (galia 1000 W, trukmė – 2,5 min.), tuomet ultragarsinė ekstrakcija (galia 200 W, trukmė – 30 min). Po ekstrakcijos atliktas filtravimas. Filtravimui naudota laboratorinė vakuuminio filtravimo sistema (Rocker Lafil 400, Taivanas) ir laboratorinis filtravimo popierius „KA 2“ (Papirna Perštejn s.r.o., Čekija), skirtas kokybinei analizei ir greitam filtravimui.

Vynų gamybos etapai buvo šie: cukraus tirpinimas; arbatos ekstrakto paruošimas; ekstrakto vėsinimas iki fermentacijai tinkamos temperatūros; mielių rehidracija ir įterpimas į paruoštą arbatos ekstraktą; fermentacija; stabilizavimas; išpilstymas į butelius; brandinimas. Vyno gamybai buvo naudojamas alaus gamybos įrenginys (Brewie+, Vengrija), kuriame pripylus 17 l vandens ištirpinta 2 kg cukraus. Pasiekus 90 °C temperatūrą sudėta 170 g arbatos ir infuzija vykdyta 20 min. Praėjus reikiamam laikui arbatžolės pašalintos, o gautas ekstraktas atvėsintas iki 25°C temperatūros. Mielės (5 g *Saccharomyces cerevisiae* QA23) rehidratuotos 50 ml 35 °C temperatūros vandenyje 20 min. Po 20 min. atvėsintas arbatos ekstraktas perpiltas į fermentavimo talpą ir supiltos paruoštos mielės. Fermentacija buvo vykdoma 14 dienų +25 °C temperatūroje fermentacijos kontrolės įrenginyje (Brewolution Ferminator, Danija). Pasibaigus fermentacijos laikui, temperatūra sumažinta iki +2 °C ir išlaikyta 4 dienas. Praėjus numatytam laikui į vyną įdėta stabilizavimo ir dezinfekavimo priemonė „Biowin“ (1 g – 10 l vyno). Tokiu būdu pagaminti du variantai vynų žaliosios arbatos ir juodosios arbatos. Kiekvienai rūšiai paruošti trys eksperimentiniai variantai:

1. Kontroliniai variantai: žaliosios arbatos vynas ir juodosios arbatos vynas (be citrinų žievelių ekstrakto).
2. Eksperimentiniai variantai: žaliosios arbatos vynas ir juodosios arbatos vynas, papildyti 25 ml citrinų žievelių ekstraktu (3,33 %).
3. Eksperimentiniai variantai: žaliosios arbatos vynas ir juodosios arbatos vynas, papildyti 50 ml citrinų žievelių ekstraktu (6,67 %).

Visos partijos išpilstytos į 750 ml butelius, sandariai uždarytos ir brandintos identiškomis sąlygomis, 3±1 °C temperatūroje šaldytuve (Arctic 2015/1094-IV, Lenkija), 6 mėnesius.

Biocheminės analizės atliktos standartiniais metodais trimis pakartojimais:

- Bendras polifenolių kiekis nustatytas naudojant Folin-Ciocalteu reagentą. Spektrofotometru išmatuota absorbcija esant 765 nm bangos ilgiui.
- Bendras flavonoidų kiekis nustatytas spektrofotometrinio metodu, naudojant aliuminio chlorido (AlCl₃) spalvinę reakciją, kai bangos ilgis 415 nm.
- Antioksidacinis aktyvumas – matuojant optinį tankį spektrofotometru, naudojant sintetinį radikalą DPPH ir esant 517 nm bangos ilgiui.

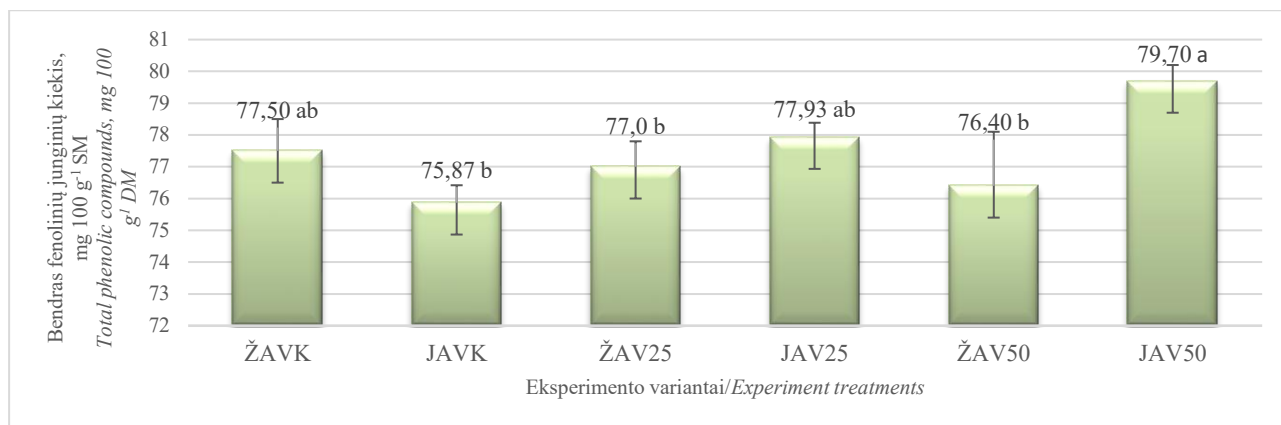
Tyrimo duomenys statistiškai vertinti vieno veiksnio dispersinės analizės metodu ANOVA, naudojant kompiuterinę programą „Statistica 12“. Apskaičiuoti bandymų duomenų vidurkiai ir standartiniai nuokrypiai. Statistinis patikimumas tarp tyrimo duomenų įvertintas Tukey (HSD) testu. Skirtumai statistiškai patikimi kai $p \leq 0,05$ (Sakalauskas, 2003).

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Tirtuose žaliosios ir juodosios arbatos vynuose bendras fenolinių junginių kiekis svyravo nuo 75,87 iki 79,70 mg 100 g⁻¹ SM (žr. 1 pav.), bet kontroliniuose vynų mėginiuose statistiškai reikšmingų skirtumų nenustatyta.

Žaliosios arbatos vyną papildžius citrinų žievelių ekstraktu pastebėta fenolinių junginių mažėjimo tendencija. Juodosios arbatos vyne nustatytas teigiamas citrinų žievelių ekstrakto poveikis.

Juodosios arbatos vynas papildytas 25 ml ekstrakto turėjo 1,03 karto daugiau fenolinių junginių nei kontrolinis variantas, tačiau reikšmingas skirtumas nenustatytas. Juodosios arbatos vyną papildžius 50 ml citrinų žievelių ekstraktu fenolinių junginių kiekis reikšmingai padidėjo 1,05 karto. Tai rodo, kad citrinų žievelių ekstrakto pridėjimas gali padidinti fenolinių junginių kiekį juodosios arbatos vyne. Nustatyta, kad 50 ml citrinų žievelių ekstrakto turėjęs juodosios arbatos vynas reikšmingai skyrėsi nuo kitų juodosios arbatos vyno mėginių ($p < 0,05$), o tarp likusių mėginių statistiškai reikšmingų skirtumų nenustatyta.



Pastaba. Esminiai skirtumai ($p < 0,05$) tarp vidurkių, pažymėti skirtingomis abėcėlės raidėmis: ŽAVK – žaliosios arbatos vynu kontrolinis variantas; ŽAV25 – žaliosios arbatos vinas su 25 ml citrinų žievelių ekstraktu; ŽAVK50 – žaliosios arbatos vinas su 50 ml citrinų žievelių ekstraktu; JAVK – juodosios arbatos vynu kontrolinis variantas; JAV25 – juodosios arbatos vinas su 25 ml citrinų žievelių ekstraktu; JAV50 – juodosios arbatos vinas su 50 ml citrinų žievelių ekstraktu

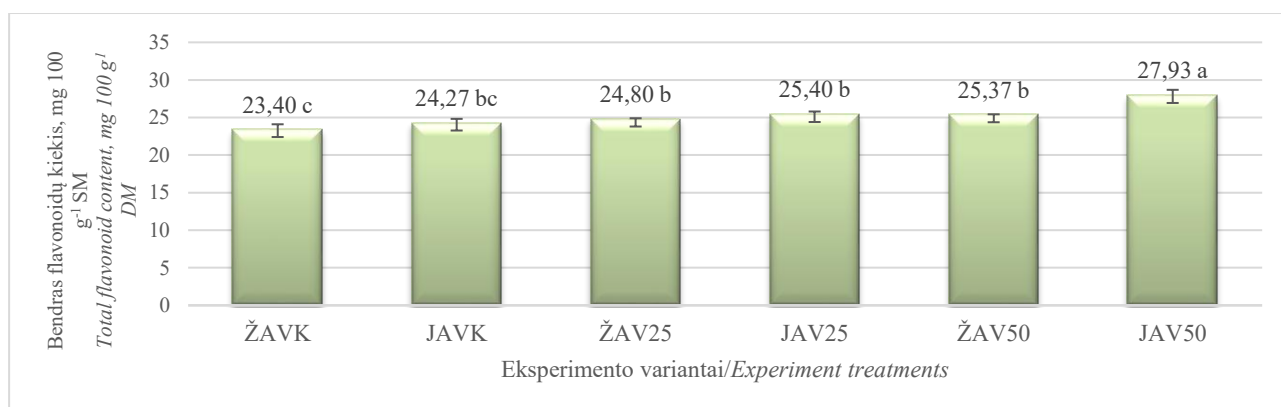
Note: Significant differences ($p < 0,05$) between means are indicated by different letters of the alphabet. ŽAVK – green tea wine control variant; ŽAV25 – green tea wine with 25 ml of lemon peel extract; ŽAVK50 – green tea wine with 50 ml of lemon peel extract; JAVK – black tea wine control variant; JAV25 – black tea wine with 25 ml of lemon peel extract; JAV50 – black tea wine with 50 ml of lemon peel extract

1 pav. Bendras fenolinių junginių kiekis žaliosios ir juodosios arbatos vynuose, mg 100g¹ SM.

Fig. 1. Total phenolic compounds in green and black tea wines mg 100g¹ SM.

Arboje esantys junginiai dalyvauja žmogaus organizmo metabolizme. Sąveikaujant su žarnyno mikrobiota, iš arbatos flavonoidų susidaro nauji aktyvūs metabolitai, kurie gali turėti teigiamą poveikį (Santangelo et al., 2019).

Vertinant žaliosios ir juodosios arbatos vynu kontrolinius variantus, esminių bendrojo flavonoidų kiekio skirtumų nenustatyta (žr. 2 pav.). Įvertinus citrinų žievelių ekstrakto kiekio įtaką nustatyta, kad flavonoidų kiekis didėjo. Žaliosios arbatos vyną papildžius 25 ml ir 50 ml ekstrakto, flavonoidų kiekis padidėjo, atitinkamai 1,06 ir 1,08 karto. Tačiau tarp skirtingų ekstrakto kiekių panaudojimo žaliosios arbatos vyne esminių skirtumų nenustatyta. Juodosios arbatos vyne 50 ml citrinų žievelių ekstrakto bendrąjį flavonoidų kiekį padidino 1,15 karto. Nustatyta, kad 50 ml citrinų žievelių ekstrakto turėjęs juodosios arbatos vinas reikšmingai skyrėsi nuo kitų arbatos vyno mėginių. Tai rodo, kad citrinų žievelių ekstraktas gali turėti įtakos flavonoidų koncentracijai gėrime, nes citrusinių vaisių žievelės yra reikšmingas flavonoidų ir fenolinių junginių šaltinis (Jiang et al., 2022).



Pastaba. Esminiai skirtumai ($p < 0,05$) tarp vidurkių, pažymėti skirtingomis abėcėlės raidėmis: ŽAVK – žaliosios arbatos vynu kontrolinis variantas; ŽAV25 – žaliosios arbatos vinas su 25 ml citrinų žievelių ekstraktu; ŽAVK50 – žaliosios arbatos vinas su 50 ml citrinų žievelių ekstraktu; JAVK – juodosios arbatos vynu kontrolinis variantas; JAV25 – juodosios arbatos vinas su 25 ml citrinų žievelių ekstraktu; JAV50 – juodosios arbatos vinas su 50 ml citrinų žievelių ekstraktu

Note: Significant differences ($p < 0,05$) between means are indicated by different letters of the alphabet. ŽAVK – green tea wine control variant; ŽAV25 – green tea wine with 25 ml of lemon peel extract; ŽAVK50 – green tea wine with 50 ml of lemon peel extract; JAVK – black tea wine control variant; JAV25 – black tea wine with 25 ml of lemon peel extract; JAV50 – black tea wine with 50 ml of lemon peel extract

2 pav. Bendras flavonoidų kiekis žaliosios ir juodosios arbatos vynuose, mg 100 g¹ SM.

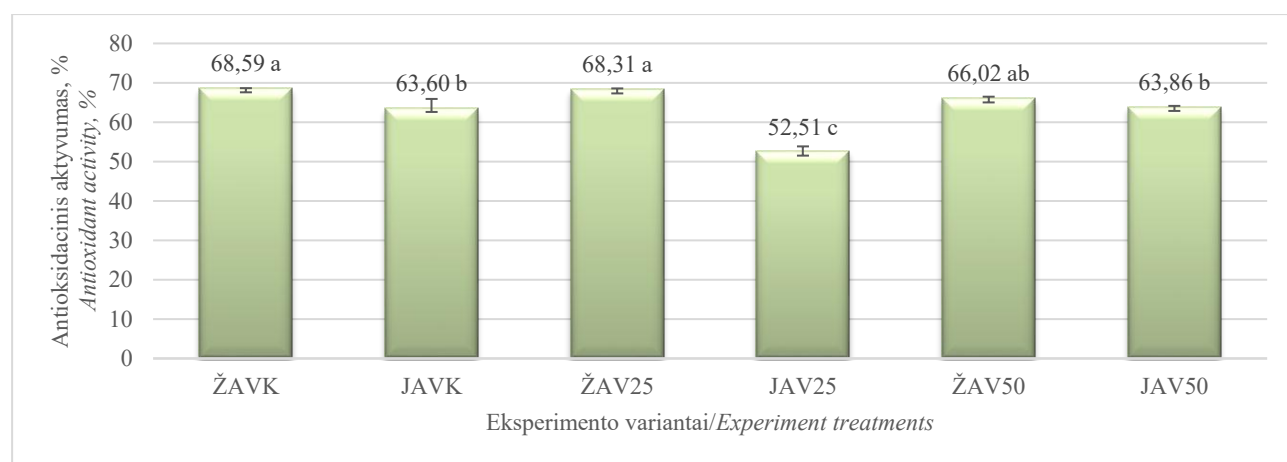
Fig. 2. Total flavonoid content in green and black tea wines, mg 100 g¹ SM.

Antioksidacinis aktyvumas yra svarbus rodiklis, leidžiantis įvertinti bioaktyvių junginių gebėjimą neutralizuoti laisvuosius radikalus. Žaliosios arbatos vynu kontrolinis mėginys pasižymėjo didesniu antioksidaciniu aktyvumu 1,08 karto nei juodosios arbatos vynu kontrolinis mėginys (žr. 3 pav.). Tarp šių kontrolinių variantų nustatyti statistiškai reikšmingi skirtumai. Žaliosios arbatos kontrolinis variantas pasižymėjo didžiausiu antioksidaciniu aktyvumu (68,59 %), kuris statistiškai nesiskyrė nuo žaliosios arbatos vynu su 25 ml ir 50 ml citrinų žievelių ekstrakto. Juodosios arbatos vynu kontrolinis variantas (63,60 %) ir juodosios arbatos vynu su 50 ml ekstraktu (63,86 %) statistiškai nesiskyrė. Tuo tarpu

juodosios arbatos vyne su 25 ml citrinų žievelių ekstrakto nustatytas mažiausias antioksidacinis aktyvumas (52,51 %) ir jis statistiškai reikšmingai skyrėsi nuo kitų tirtų mėginių.

Remiantis pateiktais rezultatais, didesnis žaliosios arbatos mėginių antioksidacinis aktyvumas gali būti siejamas su jų fitocheminės sudėties skirtumais, kurie susidaro dėl skirtingo fermentacijos laipsnio. S. Salman ir kt. (2022) atliko tyrimą, kurio metu nustatė, kad mažiau fermentuotose arbatose išlieka didesnė katechinų koncentracija, o fermentacijos metu šie junginiai oksiduojasi į sudėtingesnius polifenolius: teaflavinius ir tearubiginus. Autoriai taip pat nustatė statistiškai reikšmingą neigiamą ryšį tarp fermentacijos trukmės ir bendro fenolinių junginių kiekio bei antioksidacinio aktyvumo, rodantį, kad ilgesnė fermentacija mažina antioksidacinį potencialą. C. Zou ir kt. (2023) tyrė antioksidacinį aktyvumą keturių arbatos vynu rūšyse ir nustatė, kad antioksidacinis aktyvumas reikšmingai sumažėjo po fermentacijos. Buvo padaryta išvada, kad antioksidacinio aktyvumo sumažėjimo priežastis gali būti tai, jog kai kurios antioksidacinės medžiagos, pavyzdžiui, arbatos polifenoliai, buvo suskaidytos arbatos vyno fermentacijos metu. Panaši tendencija nustatyta ir šiame tyrime.

Mažesnis mėginio antioksidacinis aktyvumas gali būti aiškinamas galimu komponentų antagonizmu. Mokslinėje literatūroje nurodoma, kad fenoliniai junginiai mišiniuose gali sąveikauti ne tik sinergiškai, bet ir antagonistiškai, kai tam tikros jų koncentracijos ar santykiai sumažina bendrą antioksidacinį pajėgumą. Pavyzdžiui, B. L. Freeman ir kt. (2010) nustatė, kad kai kurių polifenolių kombinacijos gali slopinti vienas kito gebėjimą neutralizuoti laisvuosius radikalus, todėl bendras antioksidacinis aktyvumas tampa mažesnis nei tikėtasi. Tokia junginių tarpusavio sąveika galėtų paaiškinti ir šiame tyrime nustatytą kai kurių mėginių antioksidacinio aktyvumo sumažėjimą.



Pastaba. Esminiai skirtumai ($p < 0,05$) tarp vidurkių, pažymėti skirtingomis abėcėlės raidėmis: ŽAVK – žaliosios arbatos vyno kontrolinis variantas; ŽAV25 – žaliosios arbatos vinas su 25 ml citrinų žievelių ekstraktu; ŽAVK50 – žaliosios arbatos vinas su 50 ml citrinų žievelių ekstraktu; JAVK – juodosios arbatos vyno kontrolinis variantas; JAV25 – juodosios arbatos vinas su 25 ml citrinų žievelių ekstraktu; JAV50 – juodosios arbatos vinas su 50 ml citrinų žievelių ekstraktu

Note: Significant differences ($p < 0,05$) between means are indicated by different letters of the alphabet. ŽAVK – green tea wine control variant; ŽAV25 – green tea wine with 25 ml of lemon peel extract; ŽAVK50 – green tea wine with 50 ml of lemon peel extract; JAVK – black tea wine control variant; JAV25 – black tea wine with 25 ml of lemon peel extract; JAV50 – black tea wine with 50 ml of lemon peel extract

3 pav. Žaliosios ir juodosios arbatos vynu antioksidacinis aktyvumas, %.

Fig. 3. Antioxidant activity of green and black tea wines, %.

Išvados

1. Tyrimo duomenys rodo, kad citrinų žievelių ekstrakto naudojimas yra tikslingas tik juodosios arbatos vyno gamyboje, siekiant padidinti fenolinių junginių koncentraciją, kai naudojama 50 ml ekstrakto dozė. Žaliosios arbatos vyno technologijoje šis priedas tirtam rodikliui teigiamos įtakos neturėjo.

2. Citrinų žievelių ekstraktas yra efektyvus priedas flavonoidų koncentracijai didinti abiejų rūšių arbatos vynuose, tačiau reikšmingiausias poveikis pasiekiamas juodosios arbatos vyne naudojant 50 ml ekstrakto kiekį. Tai patvirtina, kad citrinų žievelės tarnauja kaip papildomas flavonoidų šaltinis.

3. Remiantis atliktais tyrimais, nustatyta, kad citrinų žievelių ekstrakto naudojimas neturėjo esminės teigiamos įtakos antioksidaciniam aktyvumui nei žaliosios, nei juodosios arbatos vynuose. Juodosios arbatos vyne naudojant 25 ml dozę nustatytas neigiamas poveikis, kuris gali būti siejamas su tam tikrų junginių tarpusavio antagonizmu.

Literatūra

- Freeman, B. L., Eggett, D. L., & Parker, T. L. (2010). Synergistic and antagonistic interactions of phenolic compounds found in navel oranges. *Journal of Food Science*, 75(6), C570-C576.
- Jiang, H., Zhang, W., Xu, Y., Chen, L., Cao, J., & Jiang, W. (2022). An advance on nutritional profile, phytochemical profile, nutraceutical properties, and potential industrial applications of lemon peels: A comprehensive review. *Trends in Food Science & Technology*, 124, 219-236.

3. Musial, C., Kuban-Jankowska, A., & Gorska-Ponikowska, M. (2020). Beneficial properties of green tea catechins. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(5), 1744.
4. Pan, S. Y., Nie, Q., Tai, H. C., Song, X. L., Tong, Y. F., Zhang, L. J. F., ... & Liang, C. (2022). Tea and tea drinking: China's outstanding contributions to the mankind. *Chinese Medicine*, 17(1), 27.
5. Sakalauskas, V. (2003). Duomenų analizė su STATISTIKA. Vilnius. Margi raštai, 235 p.
6. Salman, S., Öz, G., Felek, R., Haznedar, A., Turna, T., & Özdemir, F. (2022). Effects of fermentation time on phenolic composition, antioxidant and antimicrobial activities of green, oolong, and black teas. *Food Bioscience*, 49, 101884.
7. Santangelo, R., Silvestrini, A. ir Mancuso, C. (2019). Ginsenozidai, katechinai, kvercetas ir žarnyno mikrobiota: dabartiniai sudėtingos sąveikos įrodymai. *Food and Chemical Toxicology*, 123, 42–49.
8. Šafranko, S., Šubarić, D., Jerković, I., & Jokić, S. (2023). Citrus by-products as a valuable source of biologically active compounds with promising pharmaceutical, biological and biomedical potential. *Pharmaceuticals*, 16(8), 1081. <https://www.mdpi.com/1424-8247/16/8/1081>
9. Xu, W., Wang, X., Jia, W., Wen, B., Liao, S., Zhao, Y., ... & Zou, Y. (2023). Dynamic changes in the major chemical and volatile components during the “Ziyan” tea wine processing. *LWT*, 186, 115273.
10. Zhao, C. N., Tang, G. Y., Cao, S. Y., Xu, X. Y., Gan, R. Y., Liu, Q., ... & Li, H. B. (2019). Phenolic profiles and antioxidant activities of 30 tea infusions from green, black, oolong, white, yellow and dark teas. *Antioxidants*, 8(7), 215.
11. Zou, C., Chen, D. Q., He, H. F., Huang, Y. B., Feng, Z. H., Chen, J. X., ... & Yin, J. F. (2023). Impact of tea leaves categories on physicochemical, antioxidant, and sensorial profiles of tea wine. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1110803.

EFFECT OF LEMON (*CITRUS LIMON* L.) PEEL EXTRACT ON THE CHEMICAL COMPOSITION AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF TEA WINE

Abstract

A study was conducted on the effect of different amounts of lemon (*Citrus limon* L.) peel extract on green and black tea wines, which is relevant for assessing the effect of natural plant-based additives on fermented beverages, increasing the amount of biologically active compounds and antioxidant properties, and promoting sustainable use of raw materials in production. Tea wine was produced by fermentation using green tea "Green Snail" (Bi Luo Chun) and black tea "Golden Snail" (Jin Luo) as the main raw materials. Lemon peel extract was added at different concentrations to assess its effect on the composition of bioactive compounds in the beverage. During the study, the total content of phenolic compounds and flavonoids was determined by spectrophotometric method, and antioxidant activity was assessed by DPPH free radical scavenging method. The results showed that black tea wine samples to which lemon peel extract was added, especially 50 ml, had increased phenolic compounds content (79.7 mg 100 g⁻¹ SM), flavonoid content (27.93 mg 100g⁻¹ SM) and antioxidant activity compared to the control. Meanwhile, in green tea wine samples, phenolic compounds content and antioxidant activity slightly decreased after the addition of lemon peel extract, although flavonoid content slightly increased. The black tea wine sample with 50 ml of lemon peel extract was significantly different from the other samples. The results indicate that lemon peel extract can increase the content of biologically active compounds and antioxidant activity in fermented beverages, but the effect depends on the type of tea: the effect is positive in black tea wines and slightly negative in green tea wines.

Keywords: compounds content, DPPH, extract, flavonoid content, lemon peel, phenolic, tea, wine.