



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Broknių, spanguolių ir aviečių išspaudų bei jų ekstraktų pritaikymas duonos ir jogurto desertų receptūrose

Baigiamasis magistro projektas

Tomas Černiauskas

Projekto autorius

Prof. Dr. P. R. Venskutonis

Vadovas

Kaunas, 2020



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Bruknių, spanguolių ir aviečių išspaudų bei jų ekstraktų pritaikymas duonos ir jogurto desertų receptūrose

Baigiamasis magistro projektas

Maisto mokslas ir sauga (6211FX011)

Tomas Černiauskas

Projekto autorius

Prof. Dr. P. R. Venskutonis

Vadovas

Lekt. Dr. Milda Pukalskienė

Recenzentė

Kaunas, 2020



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Tomas Černiauskas

Bruknių, spanguolių ir aviečių išspaudų bei jų ekstraktų pritaikymas duonos ir jogurto desertų receptūrose

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, Tomo Černiausko, baigiamasis projektas tema „Bruknių, spanguolių ir aviečių išspaudų bei jų ekstraktų pritaikymas duonos ir jogurto desertų receptūrose“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

Tomas Černiauskas

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Černiauskas, Tomas. Bruknių, spanguolių ir aviečių išspaudų bei jų ekstraktų pritaikymas duonos ir jogurto desertų receptūrose. Magistro baigiamasis projektas / vadovas Prof. Dr. P. R. Venskutonis; Kauno technologijos universitetas, Cheminės technologijos fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų kryptių grupė): Technologijų mokslai, Maisto technologijos.

Reikšminiai žodžiai: bruknių išspaudos, spanguolių išspaudos, aviečių išspaudos, ekstraktai, duonos gaminiai, jogurto desertai, mitybinės vertės padidinimas.

Kaunas, 2020. 62 p.

Santrauka

Uogos dėl trumpo galiojimo laiko yra perdirbamos. Sulčių gamybos metu susidaro šalutinis produktas – uogų išspaudos. Dažniausiai šios atliekos yra išmetamos arba panaudojamos pašarams. Jų sudėtyje yra didelis polifenolinių junginių bei maistinių skaidulų kiekis. Tokie komponentai pasižymi stipriu antioksidaciu aktyvumu bei turi teigiamą poveikį žmogaus organizmui. Dėl savo sudėties, uogų išspaudos gali būti panaudojamos funkcionaliojo maisto produktų kūrime.

Šio darbo tikslas - išanalizuoti mokslinę literatūrą susijusią su uogomis, išspaudomis ir jų pritaikymu maisto produktams bei įvertinti nuriebalintų superkritiniu CO₂ (SKE-CO₂) bruknių, aviečių bei spanguolių uogų išspaudų ir bruknių ekstrakto cheminę sudėtį ir panaudojimo galimybes kuriant funkcionaliuosius duonos ir jogurto desertų produktus.

Buvo atlikta bruknių, aviečių ir spanguolių išspaudų (nuriebalintų superkritiniu CO₂) sudėties analizė siekiant nustatyti galimą poveikį maisto produktams. Antioksidaciniam aktyvumui nustatyti buvo naudota 2,2'-azino-bis-(3-etilbenziazolin-6-sulfonorugšties) radikalų-katijonų (ABTS^{•+}) sujungimo ir deguonies radikalų absorbcijos galios (ORAC) nustatymo metodai. Bendrasis fenolinių junginių kiekis (BFJK) nustatytas naudojant Folin-Ciocalteu metodą. Kietos medžiagos antioksidacinio aktyvumo matavimas atlikta pritaikius QUENCHER metodą. Didžiausias antioksidacinis aktyvumas (ABTS^{•+} – 227,97 ± 11,87 mg TE/g, ORAC – 79,08 ± 5,39 mg TE/g,) bei fenolinių junginių kiekis (28,45 ± 5,13 GRE/g) nustatytas bruknių išspaudose. Įvertinus maistinių skaidulų kiekį, daugiausia maistinių skaidulų nustatyta aviečių išspaudose. Atlikus dalelių dydžio matavimus, mažiausiomis dalelėmis pagal turį pasižymėjo spanguolių išspaudos (207,34 ± 5,37 μm).

Siekiant įvertinti uogų išspaudų įtaką duonos kepiniams, 5 % miltų buvo pakeista bruknių, aviečių bei spanguolių išspaudomis. Rezultatai parodė, jog aviečių išspaudos neturėjo neigiamos įtakos duonos akytumui, o bruknių išspaudos duonos akytumą sumažino. Duona su spanguolių išspaudomis buvo netinkama tyrimams, kadangi tešla neiškilo, tad gautas kepinys buvo nepriimtinos kokybės. Šiuos pokyčius galimai lėmė mažos išspaudų dalelės ir didelis maistinių skaidulų kiekis spanguolių išspaudose. Uogų išspaudų pridėtis padidino duonos antioksidacinį aktyvumą lyginant su kontroliniu kepinium. Didžiausiu antioksidaciniu aktyvumu ir fenolinių junginių kiekiu pasižymėjo duona su bruknių išspaudomis. Atlikus preliminarią juslinę analizę, labiausiai priimtina buvo duona be uogų išspaudų, tačiau duonos su bruknių ir aviečių išspaudomis buvo geriau įvertintos spalvos, aromato ir tekstūros atžvilgiu.

Pagreitinta ekstrakcija tirpikliais buvo panaudota siekiant gauti etanolinį bruknių ekstraktą iš išspaudų po SKE-CO₂. Gauta išeiga – 54,61 %. Bruknių ekstrakto nustatytas BFJK buvo 28,44 ±

0,91 mg GRE/g ekstrakto, antioksidacinis aktyvumas – $78,39 \pm 3,19$ mg TE/g ekstrakto (ABTS^{•+}) ir $229,38 \pm 19,24$ mg TE/g ekstrakto (ORAC). Taip pat nustatytas proantocianidinų – $220,27 \pm 4,87$ mg/g ekstrakto ir antocianinų – $119,79 \pm 13,11$ mg/100 g ekstrakto kiekis.

Siekiant nustatyti bruknių ekstrakto įtaką jogurto desertams, buvo naudota dvi jogurto rūšys (natūralus ir graikiškas) bei skirtingi ekstrakto kiekiai (0 g, 1 g, 2 g). Įvertinus spalvos pokyčius, abejose receptūrose nustatyta, jog didinant ekstrakto kiekį, jogurto desertas tamsėja, ryškėja rausva spalva. Jogurto desertas pagamintas su natūraliu jogurtu pasižymėjo intensyvesne spalva nei su graikišku jogurtu. Ištyrus ekstrakto įtaką pH vertei, matoma, jog didinant ekstrakto kiekį, mažėja pH. Taip pat ekstrakto pridėtis pagerina jogurto deserto tvirtumą bei lipnumą, tačiau sumažina jo tamprumą.

Černiauskas, Tomas. Application of Lingonberry, Cranberry and Raspberry Pomace and its Extracts in Bread and Yogurt Dessert Formula. Master's Final Degree Project / supervisor Prof. Dr. P. R. Venskutonis; Faculty of Chemical Technology, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Technological Sciences, Food Technologies.

Keywords: lingonberry pomace, cranberry pomace, raspberry pomace, extracts, bread products, yogurt desserts, increase of nutritional value.

Kaunas, 2020. 62 p.

Summary

The berries are processed due to their short shelf life. During the production of juice, a by-product is formed - berry pomace. This waste is usually discarded or used as animal feed. They contain a large amount of polyphenolic compounds and dietary fiber. Such components have strong antioxidant activity and have a positive effect on the human body. Due to its composition, berry pomace can be used in the development of functional foods.

The aim of this work is to analyze the scientific literature related to berries, its pomace and their application to food, and to evaluate the chemical composition and use of defatted lingonberry, raspberry and cranberry pomace as well as lingonberry extract in the development of functional bread and yogurt dessert products.

The composition of lingonberry, raspberry and cranberry pomace (defatted using supercritical CO₂) was analyzed to determine the possible effects on food. Methods for the determination of 2,2'-azino-bis-(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid) radical-cation (ABTS^{•+}) and the determination of oxygen radical absorption capacity (ORAC) were used to determine antioxidant activity. The total content of phenolic compounds (TPC) was determined using the Folin-Ciocalteu method. The antioxidant activity of the solid samples was measured using the QUENCHER method. Maximum antioxidant activity (ABTS^{•+} - 227,97 ± 11,87 mg TE/g, ORAC – 79,08 ± 5,39 mg TE/g,) and phenolic compounds content (28,45 ± 5,13 GAE/g) found in lingonberry pomace. In terms of dietary fiber content, most of the dietary fiber was found in raspberry pomace. After the particle size measurements, the smallest particles by volume were characterized in cranberry pomace (207,34 ± 5,37 μm).

To evaluate the effect of berry pomace on bread, 5 % of the flour was replaced with lingonberry, raspberry and cranberry pomace. The results showed that raspberry pomace did not have a negative effect on the porosity of the bread, while lingonberry pomace addition reduced the porosity of the bread. The bread with cranberry pomace was unsuitable for research because the dough did not rise, hence the resulting pastry was of unacceptable quality. These changes may have been due to small pomace particles and high dietary fiber content in cranberry pomace. The addition of berry pomace increased the antioxidant activity of the bread compared to the control pastry. Bread with lingonberry pomace had the highest antioxidant activity and content of phenolic compounds. After preliminary sensory analysis, bread without berry pomace was the most acceptable, however breads with lingonberry and raspberry pomace were rated better in terms of color, aroma, and texture.

Accelerated solvent extraction was used to obtain ethanolic lingonberry extract from defatted lingonberry pomace. The yield of extraction was 54,61%. The TPC found in lingonberry extract

was $28,44 \pm 0,91$ mg GAE/g extract, antioxidant activity was $78,39 \pm 3,19$ mg TE/g extract (ABTS^{•+}) and $229,38 \pm 19,24$ mg TE/g extract (ORAC). The content of proanthyanidins – $220,27 \pm 4,87$ mg/g extract and anthocyanins – $119,79 \pm 13,11$ mg/100 g of extract was also determined.

To determine the effect of lingonberry extract on yogurt desserts, two types of yogurt (natural and greek) and different amounts of extract (0 g, 1 g, 2 g) was used. After evaluating the color changes, it was found in both recipes, that by increasing the amount of extract, the yogurt dessert darkens and attains pink color. The yogurt dessert made with natural yogurt had a more intense color than with greek yogurt. Examining the effect of the extract on the pH value, it can be seen that increasing the amount of the extract decreases the pH, which in turn means that shelf life might be increased. The addition of the extract also improves the firmness and stickiness of the yogurt dessert, but reduces its elasticity.

TURINYS

LENTELIŲ SĄRAŠAS	10
PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS.....	11
SANTRUMPŲ IR TERMINŲ SĄRAŠAS.....	12
ĮVADAS.....	13
1. LITERATŪROS APŽVALGA.....	15
1.1. Bruknės: apibūdinimas, cheminė sudėtis, biokomponentų savybės	15
1.2. Avietės: apibūdinimas, cheminė sudėtis, biokomponentų savybės.....	16
1.3. Spanguolės: apibūdinimas, cheminė sudėtis, biokomponentų savybės.....	18
1.4. Šalutinių ir atliekų produktų perdirbimas ir panaudojimas maisto pramonėje.....	19
1.5. Uogų išspaudos. Apibūdinimas, perdirbimas, technologijos	19
1.5.1. Maisto papildai (nutraceutikai) ir funkcionalusis maistas.....	22
1.5.2. Bioaktyvių junginių išgautų iš uogų išspaudų ekstrakcijos metodai ir technologija.....	23
1.5.3. Ekstrakcija suspaustais skysčiais.....	25
1.6. Polifenoliniai junginiai ir jų antioksidacinis poveikis	25
1.7. Antrinių žaliavų panaudojimas duonos gamyboje	26
1.7.1. Maistinės skaidulos uogų išspaudose	26
1.7.2. Duonos praturtinimas polifenoliniais junginiais gautais iš šalutinių žaliavų	28
1.8. Pieno produktų praturtinimas šalutiniais vaisių ir daržovių produktais	28
2. TYRIMO OBJEKTAI IR METODAI.....	30
2.1. Tyrimų objektai	30
2.2. Cheminiai reagentai ir medžiagos	30
2.3. Cheminės sudėties nustatymo metodai.....	31
2.4. Uogų išspaudų dalelių dydžio nustatymas	32
2.5. Duonos su uogų išspaudomis paruošimas	32
2.5.1. 2.3 Duonos minkštimo aktyvumo nustatymas.....	33
2.6. Duonos su uogų išspaudomis juslinis įvertinimas.....	33
2.7. Antioksidacinio aktyvumo nustatymo tyrimai kietojoje frakcijoje, Quencher metodas	33
2.7.1. ABTS ^{•+} (2,2-azino-bis-(3-etilbenziazolin-6-sulfono rūgšties)) radikalų-katijonų surišimo metodas.....	33
2.7.2. Bendrojo fenolinių junginių kiekio nustatymas Folin-Ciocalteu metodu	34
2.7.3. Deguonies radikalų absorbcijos pajėgumo nustatymas (ORAC)	35
2.7.4. Maistinių skaidulų kiekio nustatymas	36
2.8. Pagreitinta skysčių ekstrakcija (ASE)	36
2.8.1. Proantocianidinų kiekio matavimas bruknių ekstrakte.....	37
2.8.2. Antocianinų kiekio matavimas bruknių ekstrakte	37
2.8.3. Vandens aktyvumo matavimas.....	37
2.8.4. pH matavimai.	37
2.9. Spalvos koordinačių matavimai	38
2.10. Jogurto desertų gamybos receptūros	38
2.10.1. Jogurto desertų tekstūros matavimai	39
2.10.2. Statistinė analizė.....	39
3. REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS	40
3.1. Uogų išspaudų cheminės sudėties nustatymas	40
3.2. Maistinių skaidulų – NDF ir ADF nustatymas uogų išspaudose po SKE-CO ₂ ekstrakcijos....	40

3.3. Uogų išspaudų antioksidacinis aktyvumas	40
3.4. Duona su uogų išspaudomis	41
3.5. Uogų išspaudų dalelių dydis	45
3.6. Duonų su nuriebalintomis uogų išspaudomis antioksidacinio aktyvumo įvertinimas	46
3.7. Maistinių skaidulų – NDF ir ADF nustatymas duonoje su uogų išspaudomis po SKE-CO ₂ ...	47
3.8. Etanolinio bruknių ekstrakto tyrimai	47
3.8.1. Antocianinų ir proantocianidinų kiekio nustatymas bruknių išspaudų ekstrakte	48
3.8.2. Vandens aktyvumo matavimai bruknių išspaudų ekstrakte	48
3.8.3. Bruknių išspaudų ekstrakto spalvos matavimai	49
3.8.4. Bruknių išspaudų ekstrakto įtaka jogurto deserto spalvai įvertinimas	49
3.8.5. Bruknių ekstrakto įtaka jogurto deserto pH.....	51
3.8.6. Jogurto deserto su bruknių išspaudų ekstraktu tekstūros tyrimai	51
IŠVADOS	53
PADĖKA	54
LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	55

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė. Maisto pramonės sudarytos šalutinės atliekos pagal regioną.....	16
2 lentelė. Duonos receptūra.....	28
3 lentelė. 1 l PBS tirpalo paruošimui reikalingų reagentų kiekiai.....	30
4 lentelė. Jogurto želės deserto receptūra.....	35
5 lentelė. Uogų išspaudų maistinių skaidulų kiekis % SM.....	35
6 lentelė. Uogų išspaudų po SKE–CO ₂ ekstrakcijos antioksidacinio aktyvumo potencialo rezultatai.....	38
7 lentelė. Uogų išspaudų dalelių dydžio matavimorezultatai.....	43
8 lentelė. Duonų su uogų išspaudomis po SKE–CO ₂ ekstrakcijos antioksidacinio aktyvumo įvertinimas.....	44
9 lentelė. Maistinių skaidulų kiekis duonoje su uogų išspaudomis, % SM.....	44
10 lentelė. pH priklausomybė jogurto deserte su skirtingais kiekiais bruknių išspaudų ekstrakto....	48
11 lentelė. Jogurto deserto su bruknių išspaudų ekstraktu tekstūros matavimo rezultatai.....	48

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 pav. Bruknės.....	12
2 pav. Avietės.....	13
3 pav. Pagrindinių polifenolinių junginių struktūros avietėse.....	14
4 pav. Spanguolės.....	15
5 pav. Uogų išspaudų panaudojimo maisto produktuose schema.....	18
6 pav. CO ₂ fazinė diagrama.....	20
7 pav. Pagreitinotos ekstrakcijos org. tirpikliais sistemos schema.....	32
8 pav. Jogurto želės deserto pH matavimo schema.....	34
9 pav. Duonos be išspaudų (kontrolė) ir duonos su bruknių išspaudomis skerspjūvio palyginimas.....	38
10 pav. Duonos be išspaudų (kontrolė) ir duonos su bruknių išspaudomis skerspjūvio palyginimas.....	39
11 pav. Duonos su bruknių išspaudomis ir duonos su aviečių išspaudomis skerspjūvio palyginimas.....	39
12 pav. Uogų išspaudų įtaka duonos akytumui.....	40
13 pav. Uogų išspaudų įtaka duonos minkštimo juslinėms savybėms.....	40
14 pav. Šviežiai iškepta duona su spanguolių išspaudomis.....	41
15 pav. Duonos su spanguolių išspaudomis bandymai.....	42
16 pav. Uogų išspaudų dalelių dydžio pasiskirstymas pavaizduotas grafiškai.....	43
17 pav. Ekstrakto kiekio poveikis jogurto desertų L* šviesumo koordinatei, naudojant skirtingus jogurto tipus.....	46
18 pav. Ekstrakto kiekio poveikis jogurto desertų a* koordinatei, naudojant skirtingus jogurto tipus.....	47
19 pav. Ekstrakto kiekio poveikis jogurto desertų b* spalvų koordinatei, naudojant skirtingus jogurto tipus.....	47

SANTRUMPŲ IR TERMINŲ SĄRAŠAS

ŠS – šviežias svoris

SM – sausa medžiaga

SKE – Ekstrakcija superkritiniais skysčiais

SKE-CO₂ – Ekstrakcija superkritiniais skysčiais naudojant anglies dvideginį

ABTS^{•+} – 2,2-azino-bis-(3-etilbenziazolin-6-sulfono rūgštis)

ORAC – Deguonies radikalų absorbcijos geba

BFJK – Bendras fenolinių junginių kiekis

DNR – deoksiribonukleorūgštis

LDL – mažo tankio cholesterolis

TMS – tirpios maistinės skaidulos

NMS – netirios maistinės skaidulos

NDF – neutralaus detergento tirpale netirpi ląsteliena

ADF – rūgštinio detergento tirpale netirpi ląsteliena

PBS – fosfato buferinis tirpalas

AAPH – 2,2'-azobio(2-amidinpropano)dihidrochloridas

TE – troloksio ekvivalentai

GRE – galo rūgšties ekvivalentai

BI – bruknių išspaudos

AI – aviečių išspaudos

SI – spanguolių išspaudos

DK – duona be išspaudų (kontrolė)

DB – duona su bruknių išspaudomis

DA – duona su aviečių išspaudomis

NJ – natūralus jogurtas

GJ- graikiškas jogurtas

ĮVADAS

Augant populiacijos skaičiui pasaulyje, plečiasi ir maisto pramonė. Vartotojai vis labiau domisi sveika gyvensena, stengiasi išvengti sintetinių priedų bei į savo mitybą įtraukti kuo daugiau produktų pasižyminčių natūralia sudėtimi. Viena didžiausių problemų, su kuria susiduriama plečiantis maisto pramonei, yra maisto švaistymas. Siekiant kuo efektyviau išnaudoti maistines žaliavas, sumažinti darbo kaštus, neigiamą įtaką aplinkai bei praturtinti maistą sveikatai naudingais komponentais mokslininkai stengiasi įtraukti šalutinius vaisių ir daržovių perdirbimo produktus į maisto gaminių sudėtį. Iš minėtų žaliavų galima išgauti įvairius riebalus, baltymus, maistines skaidulas, bioaktyvius ir aromato junginius, kurie gali būti panaudojami funkcionalių maisto produktų kūrimui [1].

Uogos – skanūs ir nekoloringi vaisiai, pasižymintys dideliu kiekiu antioksidantų, maistinių skaidulų bei fitocheminių junginių. Dėl trumpo galiojimo laiko, šie vaisiai paprastai yra perdirbami ir naudojami sulčių bei uogienės pramoninėje gamyboje. Sulčių gamybos metu susidarę uogų išspaudos dažniausiai yra išmetamos arba panaudojamos pašarams, tačiau būtent šios pilnai neišnaudojamos žaliavos pasižymi dideliu maistinių skaidulų ir bioaktyvių junginių kiekiu [2]. Pasitelkiant įvairias perdirbimo, naudingų komponentų išgryninimo technologijas, šias atliekas galima panaudoti kaip ypač naudingą ingredientą maisto produktuose

Uogų išspaudos dažniausiai yra sudarytos iš žievelių, sėklų bei stiebelių. Šiose dalyse yra įvairių sveikatai naudingų komponentų. Žievelėse yra daug polifenolinių junginių, kurie pasižymi tokiomis savybėmis kaip antioksidacinis aktyvumas, antimikrobinis ar antitumorigeninis poveikis [2]. Uogų sėklose yra daug aliejų, savo sudėtyje turinčių polinesočiųjų riebiųjų rūgščių ir kitų vertingų lipofilinių junginių [3]. Skaidulinės medžiagos, įeinančios į išspaudų sudėtį, padeda mažinti cholesterolio kiekį ir cukrinio diabeto riziką bei kovoti su širdies ir kraujagyslių ligomis [4]. Nepanaudojant uogų išspaudų maisto pramonėje, prarandamas produktas su galybe žmogaus organizmui naudingų junginių.

Funkcionalusis maistas, be to, kad suteikia žmogui maistines medžiagas, kartu yra praturtintas įvairiais biologiškai aktyviais junginiais. Toks produktas turi suteikti kliniškai įrodytą ir moksliskai pagrįstą naudą sveikatai [5]. Didėjant funkcionaliojo maisto paklausai, mokslininkai siekia sukurti naujus, praturtintos maistinės vertės gaminius, panaudojant šalutinius vaisių ar daržovių perdirbimo produktus, tačiau susiduria su daug technologinių iššūkių. Uogų išspaudos gali teigiamai arba neigiamai paveikti produkto tekstūros, skonio bei spalvos savybes, todėl būtina įvertinti naudojamų žaliavų kokybinius rodiklius bei naudojamus kiekius. Be to, stiprūs spalvos pokyčiai ne visada yra priimtini vartotojui, kadangi yra siejami su sintetiniais maisto priedais [6].

Bruknės ir spanguolės pasižymi dideliais polifenolinių junginių kiekiais, tačiau vartotojams dažnai yra nepriimtinos dėl savo skonio. Avietės – dėl trumpo galiojimo laiko bei transportavimo ir sandėliavimo kliūčių retai pasiekia vartotojų stalą. Praturtintus kasdienio vartojimo produktus, tokius kaip duona ar pieno produktai šių uogų išspaudomis ar ekstraktais, tai ne tik padidintų jų maistinę vertę, tačiau ir sumažintų susidarančių atliekų kiekį maisto pramonėje.

Darbo tikslas: įvertinti nuriebalintų superkriziniu CO₂ bruknių, aviečių bei spanguolių išspaudų ir bruknių ekstrakto panaudojimo galimybes duonos ir jogurto desertų receptūrose siekiant padidinti jų mitybinę vertę.

Uždaviniai:

1. atlikti mokslinių šaltinių analizę apie bruknių, aviečių ir spanguolių uogų išspaudas ir jų panaudojimą maisto produktų praturtinimui;
2. nustatyti uogų išspaudų ir jų ekstraktų cheminę sudėtį ir įvertinti antioksidacinį aktyvumą;
3. įvertinti uogų išspaudų įtaką duonos gaminiams bei jų antioksidaciniam aktyvumui, akytumui, maistinių skaidulų kiekiui bei juslinėms savybėms;
4. sukurti jogurto deserto receptūrą ir įvertinti bruknių ekstrakto poveikį jo tekstūrai, pH ir spalvai.

1. LITERATŪROS APŽVALGA

1.1. Bruknės: apibūdinimas, cheminė sudėtis, biokomponentų savybės.



1 pav. Bruknės

liofilizuojamos ir sumalamos, taip gaunami milteliai naudojami kepiniams [7].

Bruknės (lot. *Vaccinium vitis-idaea*) (žr. 1 pav.) – tai mažos, 7–11 mm skersmens, sveriančios 0,17–0,45 g, ryškiai arba tamsiai raudonos rūgščios uogos, augančios šiauriniuose Europos, Azijos bei Šiaurės Amerikos regionuose [7]. Lietuvoje aptinkamos natūraliai augančios miškuose, geriausiai derančios pusiau sausame ar sausame rūgščiame dirvožemyje. Komerciškai daugiausiai auginamos ir naudojamos Skandinavijos šalyse, tačiau pasaulyje yra tik apie 28 hektarus bruknių laukų [8]. Dėl rūgštaus skonio nėra ypač populiarios Lietuvoje, labai maža dalis surinktų uogų būna naudojamos šviežios. Dažniausiai bruknės perdirbamos į tokius produktus kaip džemai, kompotai, sultys, sirupai, padažai mėsos patiekalams. Rečiau – po perdirbimo sultims, išspaudos

liofilizuojamos ir sumalamos, taip gaunami milteliai naudojami kepiniams [7]. Bruknės palyginus su kitomis populiariomis uogomis nepasižymi saldžiu skoniu. Jose nustatytų sausųjų medžiagų kiekis svyruoja nuo 15,5 iki 19,0 °Brix, vandens kiekis apie 80 %. Pagrindiniai nustatyti cukrūs bruknėse yra gliukozė ($37,9 \pm 1,32$ mg/g šviežio svorio (ŠS)), fruktozė ($29,2 \pm 0,71$ mg/g ŠS) ir sacharozė ($4,10 \pm 0,45$ mg/g ŠS) [9]. Cukrų kiekis priklauso nuo augimo vietos, dirvožemio drėgnumo ir derlingumo bei saulės šviesos kiekio. Remiantis G. Vilbickytės ir kt. (2019) [9] atliktais tyrimais, bruknės geriau dera ir sukaupia didesnius cukraus kiekius sausoje, rūgščioje, mažai derlingoje augimo vietoje, dažniausiai šalia spygliuočių miškų, esant geram saulės apšvietimui. Literatūros šaltiniai teigia, kad bruknėse nustatytas cukrų kiekis yra didesnis negu vartotojų mėgstamose uogose, tokiose kaip braškės ar šilauogės. Tačiau saldumas bruknėse yra užgožiamas dėl didelio kiekio citrinų, fumaro, šikimino, vyno, benzoinės bei obuolių organinių rūgščių, kurios kartu yra atsakingos už žemą šių uogų pH (2,74 iki 2,90) [10]. Dėl šios priežasties bruknių produktai dažniausiai būna perdirbami arba konservuojami naudojant cukrų, bandant užgožti jų rūgštų skonį. Bruknių sudėtyje esantys polifenoliniai junginiai pasižymi inhibiciniu poveikiu maltazei virškinamajame trakte. R. Toroneno ir kt. (2012) atlikti tyrimai parodė, jog valgant bruknių uogas arba geriant jų sultis, gliukozės kiekis kraujyje padidėja nedaug dėl vėluojančio sacharozės virškinimo, todėl sulėtėja gliukozės pasisavinimas sveikų žmonių virškinamajame trakte [11]. Remiantis šiais duomenimis, mokslininkai taip pat mano, jog bruknių ir bruknių produktų įtraukimas į dietą gali būti perspektyvi prevencinė, reguliatorinė ir (ar) gydomoji priemonė kovojanti su antrojo tipo cukriniu diabetu [12].

Nuo seno bruknių uogų ir jų lapų nauda buvo gerai žinoma tradicinėje medicinoje. „Volksmed“ duomenų bazėje, kurioje surinkti tradiciniai Europos liaudies medicinos receptai, bruknės dažnai minimos kaip vaistas gydant virškinimo sutrikimus, inkstų ir šlapimų takų infekcijas bei karščiavimą [8]. Pastaraisiais metais atliekama vis daugiau mokslinių tyrimų, įrodančių teigiamą bruknių įtaką žmogaus medžiagų apykaitai, širdies ir kraujagyslių, nervų bei virškinimo sistemoms, taip pat vėžio prevencijai [11]. Šių uogų sudėtyje yra tokių junginių kaip vitaminai E ir C, prieš tai minėtų organinių rūgščių bei polifenolinių junginių, tarp kurių svarbiausi yra antocianinai ir

proantocianidinai [13]. Taip pat įrodyta, kad bruknės pasižymi dideliu antioksidaciniu aktyvumu, kuris siejamas su dideliu polifenolinių junginių kiekiu. C. K. Aisikas ir kt. (2015) [14] pritaikė bruknių ekstraktą, kuriame buvo daug fenolinių junginių, išeminės reperfuzijos gydymui. Šio sutrikimo metu kraujas grįžta į audinį, paveiktą išemijos arba deguonies trūkumo, ir dėl to vyksta intensyvūs uždegiminiai procesai ir sukeliamas oksidacinis stresas ląstelėms. Rezultatai parodė, jog bruknių ekstraktas sudaro apsauginį poveikį ir sumažina ląstelių apoptozę, sukeltą minėto sutrikimo.

Pagrindiniai fenoliniai junginiai nustatyti bruknėse yra proantocianidinai, užimantys 71 % bendro fenolinių junginių kiekio [15]. Proantocianidinai yra monomerinių flavan-3-olių polimerai, gaunami kaip flavonoidų biosintezės galutinis produktas, iš esmės – kondensuoti taninai. Proantocianidinai gali sukelti kandų-aštrų (sutraukiantį) skonį, kartumą, rūgštumą, saldumą, seilių tąsumą bei turėti įtakos kvapui ir spalvai. Didelis šių junginių kiekis bruknėse iš dalies gali paaiškinti jų rūgštų skonį. Kartu, šie junginiai turi platų spektrą žmogui naudingų funkcijų. Moksliniai šaltiniai teigia, jog šie junginiai daro teigiamą įtaką širdies ir kraujagyslių sistemai. Taip pat pasižymi antioksidaciniu, neuroprotekciniu, antidiabetiniu, priešvėžiniu bei imunitetą stiprinančiu poveikiu žmogaus organizmui [16].

Kiti fenoliniai junginiai esantys bruknėse yra antocianinai – 15 %, flavonoliai – 9 % ir hidroksicinamino rūgštys – 5 % [15]. Antocianinai yra raudonos, mėlynos ir violetinės spalvos gėlių ir vaisių pigmentai. Ryškiai arba tamsiai raudona bruknių uogų spalva parodo, jog šios uogos pasižymi pakankamai dideliu antocianinų kiekiu [17] O. M. Andersen (1985) nustatė, kad visi antocianinai bruknėse priklauso cianidinų grupei – cianidin-3-O-galaktozidas (88,0 %), cianidin-3-O-gliukozidas (10,6 %) ir cianidin-3-O-arabinozidas (1,4 %) [17]. Šių junginių kiekiai kartu priklauso nuo augimo vietovės, uogų brandos, saulės šviesos kiekio, vidutinės temperatūros. Kita antocianinams priskiriama savybė – antioksidacinis poveikis organizme. Z. L. Fano (2012) ir kt. (atlikti *in vivo* tyrimai, siekiant nustatyti bruknių antocianinų poveikį laboratorinėms pelėms (n=60) po apšvitinimo γ spinduliuote, parodė, kad bruknių antocianinų vartojimas sumažina neigiamą oksidacinio streso poveikį 25 % [18].

1.2. Avietės: apibūdinimas, cheminė sudėtis, biokomponentų savybės



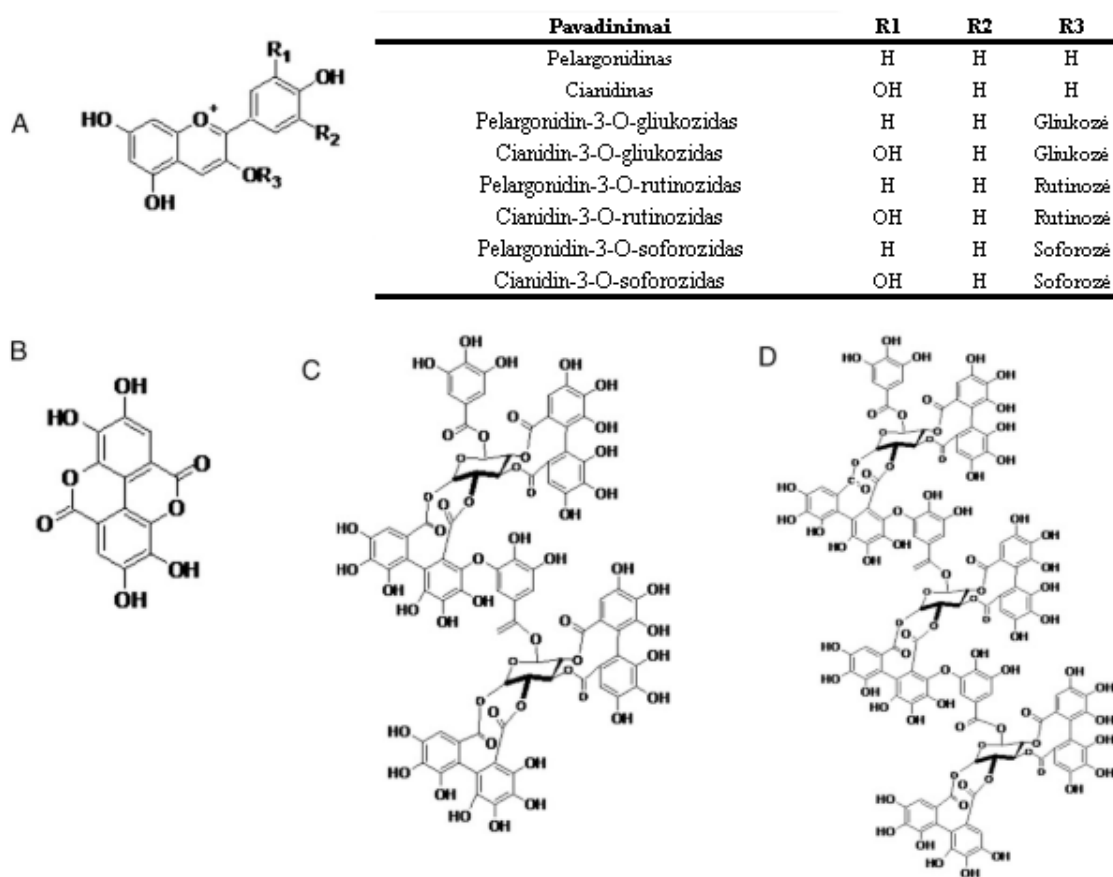
2 pav. Avietės

Avietė (*Rubus idaeus L.*) yra daugiametis, erškėtinių Rosaceae šeimos augalas, plačiai paplitęs Europoje, Šiaurės Amerikoje, Azijoje. Avietės geriausiai auga drėgnose vietose – miškuose ir pamiškėse. Kadangi augalas yra lengvai prižiūrimas dažnai randamas ir soduose. Priklausomai nuo rūšies skiriasi dydžiu ir skoniu, atspalviu ir tvirtumu, tačiau komerciškai svarbiausios yra trys: Europinė raudonoji avietė (*Rubus idaeus L. subsp. idaeus*), Šiaurės Amerikos raudonoji avietė (*R. idaeus subsp. strigosus Michx*) ir juodavaisė avietė (*Rubus occidentalis L.*) [19].

Avietėse yra daug maistinių skaidulų (6,5 g/100 g ŠS) ir vitamino C (26,5 mg/100 g, ŠS). Pagrindiniai cukrūs avietėse yra gliukozė, fruktozė ir sacharozė. Taip pat nustatomas didelis organinių rūgščių, tokių kaip citrinų ar obuolių rūgštys kiekis bei įvairių lakiųjų junginių, iš kurių pagrindinis yra 1-(p-hidroksifenil)-3-butanonas, dar kitaip vadinamas aviečių ketonu. Tai

vyraujantis aromato junginys, kuris suteikia avietėms joms tipišką saldų, gaivų kvapą. Natūraliai avietėse šio junginio būna nuo 0,001 iki 4,2 mg/kg ŠS. Aviečių ketonas dažnai naudojamas parfumerijoje, kosmetikoje, maisto papilduose [20].

Uogos, lyginant su kitais vaisiais ir daržovėmis, pasižymi didžiausiu antioksidaciniu aktyvumu ir polifenolinių junginių kiekiu [21]. Avietės, lyginant su kitomis uogomis, yra išskirtinės dėl didelio elagitaninų kiekio, kuriems hidrolizuojantis susidaro elago rūgštis. Elagitaninai priskiriami hidrolizuojamiems, taninams kurie yra stabilesni nei kondensuoti taninai (proantocianidinai). Elagitaninai yra retai aptinkami polifenoliniai junginiai vaisiuose ar daržovėse, tačiau avietėse jie sudaro beveik 50 % bendrojo antioksidacinio aktyvumo [22]. Aviečių išspaudose elagitaninai sudaro daugiau nei 90 % bendro polifenolinių junginių kiekio [23]. Taip pat šie junginiai pasižymi antimikrobinu poveikiu [24]. Pagrindiniai elagitaninai aptinkami avietėse yra dimeras – sangvininas H-6, trimeras – lambertianinas C (žr. 3 pav.). Antocianinai suteikia avietėms ryškiai raudoną spalvą. Šiose uogose pagrindiniai antocianinai yra cianidin-3-O-soforozidas, cianidin-3,5-digliukozidas, cianidin-3(2G-gliukozilrutinozidas), cianidin-3-O-gliukozidas, cianidin-3-O-rutinozidas, pelargonidin-3-O-soforozidas, pelargonidin-3-(2G-gliukozilrutinozidas), pelargonidin-3-O-gliukozidas ir pelargonidin-3-O-rutinozidas [19] (žr. 3 pav.). Antocianinai yra atsakingi už 25 % bendro antioksidacinio aktyvumo avietėse.



3 pav. Pagrindinių polifenolinių junginių struktūros avietėse. A – antocianidinai ir antocianai, B – elago rūgštis, C – sangvininas H6 (elagitaninų dimeras), D – lambertianinas C (elagitaninų trimeras).

R. González-Barrio ir kt. (2010) tyrė avietėse aptinkamų polifenolinių junginių pasisavinimą žmogaus organizme suvalgius 300 g šviežių aviečių. Rezultatai parodė, kad 40 % antocianinų ir 23

% elagitaninų buvo įsisavinami plonojoje žarnoje. Dalis elagitaninų hidrolizavosi į elago rūgštį [25]. Nors šių junginių pasisavinimas buvo pakankamai žemas, savanoriai buvo sveiki, darbingo amžiaus žmonės. Duomenys gauti *in vivo* tyrimuose su gyvūnais patvirtino daugelį *in vitro* rezultatų rodančių, kad raudonųjų aviečių vaisiai, įskaitant įvairius ekstraktus ir atskirus jų komponentus, turi priešūždegiminį, antioksidacinį ir metabolizmą stabilizuojantį poveikį. Be to, šis poveikis buvo susijęs su normalių organizmo funkcijų stabilizavimu ir gerinimu, tokių kaip kraujospūdžio normalizavimas, aterosklerozės vystymosi slopinimas, širdies ir kraujagyslių funkcijos gerinimas, diabeto simptomų stabilizavimas ir pagerėjęs smegenų funkcijos atsistatymas po traumos. Mokslininkai mano, kad aviečių įtraukimas į kasdienę mitybą turėtų didesnę naudą žmogaus organizmui atkuriant normalią homeostazę po ligos arba apsaugant ląsteles ir jų komponentus tam tikro streso metu [19].

1.3. Spanguolės: apibūdinimas, cheminė sudėtis, biokomponentų savybės



4 pav. Spanguolės

Spanguolė (*Vaccinium oxycoccos*) yra žemas, visažalis augalas, paplitęs visame šiauriniame pusrutulyje. Vaisiai – tvirtos, raudonos arba rausvos spalvos uogos [26]. Spanguolių naudojimas maisto pramonėje pasiskirsto į keletą sričių: sultys (60 %), džiovintos bei šaldytos uogos bei jų produktai, tokie kaip sulčių koncentratai ir milteliai (35 %) bei pakuotos šviežios uogos (5 %). Spanguolės dažniausiai siejamos su jų nauda sveikatai padedant pagerinti šlapimo takų veiklą ir kaip prevencinę priemonę infekcijoms išvengti. Taip pat nustatyta, kad spanguolės ir

spanguolių sudedamosios dalys turi antibakterinį, antivirusinį, antimutageninį, antikancerogeninį, priešnavikinį, antiangiogeninį ir antioksidantinį poveikį [27].

Šviežiose spanguolių uogose yra 86–87 % vandens, sausosios medžiagos sudaro 13,2 %, cukrūs (gliukozė, fruktozė, sacharozė) – 3,65 %, skaidulinės medžiagos – pektinas – 0,77 %, protopektinas – 0,35 %, celiuliozė – 1,8 %, organinės rūgštys – 2,5 %. Šios uogos yra puikus vitaminų C (apie 11,7–26,77 mg/100 g) ir K šaltinis, jose yra provitamino A, vitaminų B1 ir B2, PP vitaminų, daug mineralinių medžiagų, tokių kaip Na, K, Ca, P, Mg, Fe ir ypač daug Mn (apie 2,59 mg/100 g) [28].

Uogos yra žinomos kaip ypač naudingi sveikatai vaisiai. Toks uogų poveikis dažniausiai siejamas su dideliais kiekiais fitocheminių junginių [21]. Antriniai metabolitai – tai junginiai padedantys augalui apsisaugoti nuo neigiamų aplinkos veiksnių arba spalvą suteikiantys pigmentai. Jų kiekis priklauso nuo įvairių faktorių, tokių kaip aplinkos temperatūra ir drėgmė, klimato sąlygos, saulės šviesos kiekis, dirvožemio sudėtis, geografinė vietovė ir nuėmimo laikas [29]. Pagrindinės fenolinių junginių klasės aptinkamos spanguolėse yra fenolinės rūgštys (benzoinė, p-kumarino, sinapinė, kavos ir ferulo rūgštys) 4,82–13,66 mg/100 g SM ir flavonoidai (antocianinai, flavonoliai ir proantocianidai) 2230,4 mg/100 g SM, kurie daugiausiai aptinkami uogos odelėje. Didelis fenolinių rūgščių kiekis turi įtakos ir spanguolių skoniui [16].

Spanguolėms spalvą suteikia antocianinai. Šiose uogose vyrauja šeši pigmentai: peonidin-3-O-galaktozidas, cianidin-3-O-galaktozidas, cianidin-3-O-arabinozidas, peonidin-3-O-arabinozidas, peonidin-3-O-gliukozidas ir cianidin-3-O-gliukozidas [27, 30, 31]. Pagrindiniai flavonoliai nustatyti šiose uogose yra kvercetas ir miricetas bei jų glikozidai [30]. Šie junginiai yra atsakingi už

gelsvą spalvą, o kvercetas yra žinomas dėl jo gebėjimo slopinti fermentus atsakingus už navikinių ląstelių vystymąsi [32].

Procianidinai – junginiai priklausantys proantocianidinų klasei. Tai iš katechino ir epikatechino molekulių sudaryti flavonoidai. Spanguolėse aptinkamų procianidinų sudėtyje vyrauja epikatechinas, kuris skirtingai nei dauguma kitų vaisių ir daržovių savo sudėtyje turinčių procianidų, yra sujungtas A-tipo ryšiais. Atlikti tyrimai parodė, kad būtent dėl šios molekulės struktūros savybės, spanguolės pasižymi antibakteriniu poveikiu – stabdo patogeninės *Esherichia coli* bakterijos prisitvirtinimą prie uroepitelio ląstelių. Taigi spanguolių vartojimas veikia kaip prevencinė priemonė prieš šlapimo takų infekcijas [26, 30].

Kitas žmogaus organizmui naudingas junginys aptinkamas spanguolėse yra resveratrolis. Tai stilbenų klasei priskiriamas fitochemikalas. Šio junginio bioaktyvumas pasireiškia keletu būdų: uždegiminių procesų slopinimu organizme, širdies ir kraujagyslių darbo gerinimu. Resveratrolis lėtina trombocitų agregaciją bei palengvina neigiamus oksidacinio streso padarinius. Šis junginys taip pat randamas įvairiose *Vaccinium* genties uogose, vynuogėse bei vyne [33].

1.4. Šalutinių ir atliekų produktų perdirbimas ir panaudojimas maisto pramonėje

Naudojantis šiuolaikinėmis technologijomis, galima ne tik mokytis kaip sveikai gyventi, bet kartu ir sužinoti kiek daug maisto yra išmetama, arba panaudojama netikslingai (žr. 1 lentelė) [34]. Pastaraisiais metais vis daugiau mokslininkų bando rasti būdų kaip perdirbti arba panaudoti šalutinius ir atliekų produktus. Panaudojimo galimybės yra labai plačios, tokios kaip ekstrakcija, paveikimas mikroorganizmais, tolesnis perdirbimas ir t. t. Taip pat dėmesys sutelkiamas į maisto atliekų panaudojimą maisto produktų ingredientų gamybai iš vaisių ir (ar) daržovių išspaudų. Pasirenkant tokias žaliavas skonio, spalvos, aromato ar tekstūros kūrimui, maisto produktas kartu yra praturtinamas natūraliomis medžiagomis, kadangi didžioji dalis mikroelementų, fitocheminių junginių bei skaidulų išlieka įprastai nenaudojamose augalo ar vaisiaus dalyse. Taip pat galimai išvengiama sintetinių medžiagų panaudojimas maisto gaminiuose, todėl produktas praturtintas natūraliais junginiais yra labiau priimtinas šiuolaikiniam vartotojui [35].

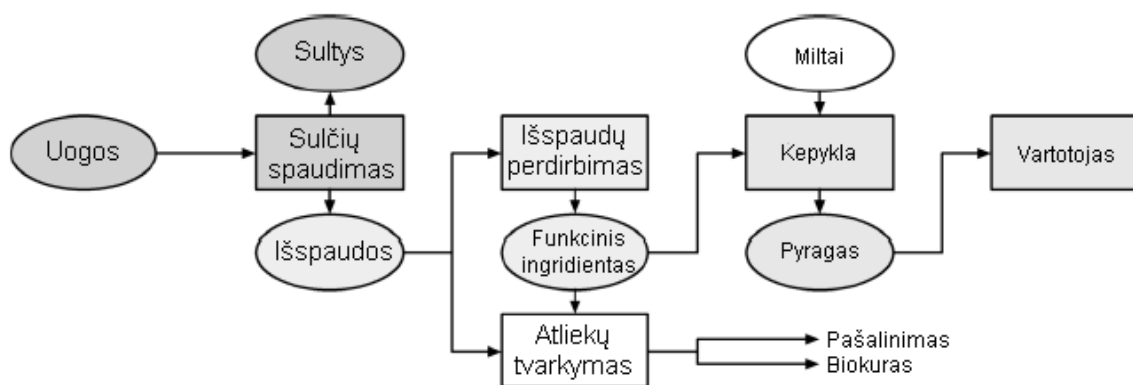
1 lentelė. Maisto pramonės sudarytos šalutinių ir atliekų produktų kiekis pagal regioną [35].

Atliekos po maisto produktų perdirbimo	Svoris (tonos per metus)	Regionas
Alyvuogių išspaudos	2881500	Visas pasaulis
Augalinio aliejaus atliekos	75000	Jungtinė Karalystė
Pomidorų išspaudos	4000000	Europa
Bulvių žievelės	110	Visas pasaulis
Cukranendrių išspaudos	0,6	Brazilija
Vynuogių išspaudos	700	Prancūzija
Obuolių išspaudos	3800000	Visas pasaulis
Apelsinų žievelės	700	JAV

1.5. Uogų išspaudos. Apibūdinimas, perdirbimas, technologijos

Uogos yra maistingas, mažai kalorijų bei geras juslines savybes turintis maisto produktas. Uogos yra sudarytos iš odelės, minkšto ir mėsingo apyvaisio, intraląstelių sulčių ir sėklų. Masės santykio

pasiskirstymas tarp skirtingų vaisiaus dalių priklauso nuo uogos veislės, augimo sąlygų ir brandos. Kadangi uogų augalai būna paveikiami labai mažu pesticidų kiekiu, uogose išlieka dideli kiekiai žmogui naudingų bioaktyvių fitocheminių medžiagų. Šie vaisiai dažniausiai valgomi švieži arba yra perdirbami į uogienes, džemus, sultis. Išspaudos (angl. „pomace“), po sulčių gamybos sudaro maždaug apie 20 % bendro šviežių uogų svorio. Be odelių ir sėklų, išspaudų sudėtyje taip pat yra stiebelių bei lapų fragmentų. Rankinio, bet dažniau mechanizuoto uogų rinkimo metu, šios augalo dalys kartu patenka į šviežiai spaudžiamą žaliavą, tačiau užima gana mažą bendro svorio dalį (apie 6 %) [36]. Odelėse sukaupiama didžioji dalis fenolinių junginių, kurie pasižymi dideliu antioksidaciniu aktyvumu. Nepaisant to, jog išspaudose išlieka beveik 2/3 polifenolinių junginių, taip pat šioje antrinėje žaliavoje nustatyti dideli kiekiai maistinių skaidulų – ląstelių sienelių polisacharidų [2].



5 pav. Uogų išspaudų panaudojimo maisto produktuose schema. [37]

Uogų sėklos, esančios išspaudose, įprastai turi nepažeistą, kietą apvaskalą, dėl kurio, ekstrakcijos metu, viduje esantys junginiai negali būti išgaunami be papildomo apdorojimo. D. Helbigas ir kt. (2008) teigia, jog būtent sėklose esantys komponentai pasižymi dideliu antioksidantų kiekiu, kuris kai kuriais atvejais prilygsta prieskoniams [3]. Įprastai, uogų išspaudos būna perdirbamos į gyvulių pašarus, kompostuojamos, naudojamos biodujų gamybai arba tiesiog išmetamos [37]. Taip prarandamas labai naudingas ir vertingas produktas, kuris galėtų būti panaudojamas kaip funkcinis ingredientas, pakeičiantus dalį ar visą, įprastai naudojamą komponentą duonos kepinuose, mėsoje, pieno desertuose (žr. 5 pav.).

Uogų sulčių gamybos metu įprasta procedūra yra šviežių arba šaldytų uogų sutraiškymą į tyrę, tyrės kaitinimas iki 40–50 °C, apdorojimas pektinų fermentais 1–2 val., siekiant suskaidyti ląstelės sienelių struktūrą ir, galiausiai, tyrės išspaudimas presais [38]. Tyrės paveikimas pektolitininiais fermentais padidina sulčių išeią, nes yra suskaidomas labai klampus pektino gelis, tad košimo metu palengvinamas sulčių išgavimas [2]. Kartu taip yra išgaunama daugiau vandenyje tirpių polifenolinių junginių iš tyrės į sultis, dėl kurių sulčių spalva tampa sodresnė, o tai vartotojui asocijuojasi su geresne produkto kokybe. Drėgmės kiekis uogų spaudimo likučiuose po sulčių ekstrakcijos svyruoja nuo 73 % iki 81 % [39, 40], tad išspaudos yra labai jautrios neigiamam mikroorganizmų poveikiui. Dėl šios priežasties, drėgmės sumažinimas yra ypač svarbus tolesnis išspaudų perdirbimo etapas. Uogų veislė, pektinų fermentų poveikio efektyvumas ar perdirbimo parametrai, tokie kaip slėgis ir (ar) temperatūra, turi tiesioginės įtakos po sulčių ekstrakcijos išspaudose likusiam drėgmės kiekiui. Perdirbant išspaudas į negendančius produktus, tokius kaip uogų miltelius, iškart po sulčių spaudimo liekanos yra išdžiovinamos, sumalamos ir vėliau

frakcionuojamos. Analitiniams tyrimams naudojamos išspaudos dažniausiai būna iškart užšaldomos ir laikomos –20 arba –80 °C temperatūroje, prieš atliekant tyrimus ar tolesnį apdorojimą [41].

Kadangi uogų išspaudų džiovinimas yra labai svarbus etapas šio produkto perdirbimo metu, egzistuoja įvairūs drėgmės pašalinimo metodai, kurie yra pasirenkami priklausomai nuo norimo išgauti produkto funkcinių savybių. Tai apima džiovinimą karšto oro srautu, žemoje temperatūroje, vakuume, liofilizuojant, džiovinimą naudojant infraraudonuosius spindulius arba mikrobangas (dažniausiai paskutiniai du minėti metodai naudojami kartu su konvekciniu džiovinimu). Pasirinkus konvekcinį džiovinimą, naudojama temperatūra svyruoja nuo 50 iki 80 °C [40, 42, 43]. Ilgalaikė aukšta temperatūra – neigiamai paveikia bioaktyvius junginius, todėl norint juos išsaugoti, tinkamesni metodai naudojantys žemą temperatūrą [44]. Džiovinant vakuumu, dėl sumažėjusio vandens virimo slenksčio, aukšta temperatūra nereikalinga, tad toks džiovinimas atliekamas žemiau nei 70 °C [45].

Skirtingi džiovinimo būdai turi įtakos ir išspaudų išvaizdai, spalvai ir poringumui [46]. Daug žadantis metodas bandant išgauti aukštos kokybės uogų išspaudų miltelius, remiantis A. Motevalio ir kt. (2011) atliktais tyrimais, yra skirtingų džiovinimo būdų derinimas, pavyzdžiui, mikrobangų naudojimas vakuuminio džiovinimo metu [47]. Mikrobangų spinduliuotė sužadina smulkių porų atsiradimą žaliavoje, lengviau pašalinama drėgmė, o dėl to sutrumpėja džiovinimo laikas ir pakeičiama produkto tekstūra. Norint gauti geros kokybės išspaudų produktus, džiovinimas ir jo parametrai yra ypač svarbūs perdirbant šias šalutines žaliavas [3].

Po džiovinimo išspaudos dažniausiai yra malamos, o milteliai siojami norint gauti tam tikro dydžio daleles. Smulkinimas padeda pagerinti teigiamas uogų maistines savybes bei jų bioaktyvių komponentų pasisavinimą žmogaus organizme, kadangi, kaip jau anksčiau paminėta, dalis išspaudų yra sudarytos iš sėklų. Pažeidus sėklų apvalkalą, viduje esantys junginiai yra suvirškinami ir pasisavinami virškinimo trakte. Taip neįvyktų, jeigu sėklos nebūtų sumaltos [3]. E. Majer-Miebach ir kt. (2012) tyrimai taip pat parodė, jog naudojant specialias aukšto lygio malimo technologijas („*micromilling*“) sukuriama nanodydžio dalelės. Dėl to yra padidinamas bendras medžiagos paviršiaus plotas ir dar labiau pagerinamas fenolinių junginių pasisavinimas, kuris kartu padidina produkto antioksidacinį aktyvumą [48]. Dalelių dydis taip pat turi teigiamą įtaką maistinių skaidulų vandens surišimo savybėms, kadangi, ypač smulkių dalelių vandens pasisavinimo pajėgumas stipriai padidėja. B. Fotški ir kt. (2019) tyrimai parodė, kad bioaktyvios medžiagos buvo geriau pasisavinamos iš smulkiau sumaltų aviečių išspaudų. Tai pagerino mikrobiotos veiklą, antioksidacinį aktyvumą, biologiškai aktyvių medžiagų kiekį kraujo plazmoje. Ypač smulkiai sumaltose išspaudose buvo nustatytas mažesnis maistinių skaidulų kiekis, tačiau jis nebuvo esminis. Kartu tai įrodė, jog išspaudų perdirbimo procesas turi ypač didelę įtaką šio produkto bendrai kokybei [22].

Skirtingos vaisių ir daržovių perdirbimo sąlygos, parametrai ir tipai turi didelę įtaką produkto sudėčiai, tad kinta ir galutinis produktas. Atsižvelgiant į tai, kad maistinės skaidulos yra pagrindinis komponentas uogų išspaudose, dėmesys sutelkiamas į jų teigiamų funkcinių savybių išsaugojimą. Nors perdirbimas nepakeičia maistinių skaidulų kiekio uogų išspaudose, pakitimai galimi virškinimo metu. Spėjama, kad dėl temperatūros pokyčių suaktyvinamos hidrolitinės fermentinės reakcijos ir cheminė degradacija. Maistinių skaidulų komponentų molekulinės masės sumažėjimas dėl minėtų procesų kartu sumažina klampumą, vandens sugėrimo pajėgumą ir keičia jų metaboles

funkcijas. Taip pat šiluma gali sukelti lignino depolimerizaciją ir sudaryti laisvąsias hidroksilo ir karbonilo grupes [49].

Fenoliniai junginiai taip pat yra paveikiami uogų išspaudų perdirbimo metu. Moksliniai šaltiniai teigia, jog temperatūra ir jos skirtumai perdirbimo metu turi didžiausią įtaką šių junginių išsaugojimui žaliavoje. Džiovinimo metu, laikas ir temperatūra parenkama optimaliam džiovinimo procesui pasiekti. Žinoma, kad antocianinai yra jautrūs temperatūros pokyčiams, tačiau tai kartu priklauso ir nuo žaliavos matricos, kurioje jie randami [1]. Atlikti tyrimai parodė, kad uogų išspaudose bioaktyvūs junginiai pradeda skilti ir yra prarandami didinant temperatūrą drėgmės pašalinimo metu virš 60 °C [1]. B. L. Vaito ir kt. (2010) atlikti tyrimai parodė, jog šalinant vandenį iš išspaudų šalčiu, jos išsaugojo didesnę kiekį ir kartu pagerino bioaktyvių junginių ekstrakciją iš spanguolių išspaudų [39]. B. Bober ir kt. (2004) atlikti tyrimai su aronijų uogų išspaudomis parodė, jog didžiausias kiekis fenolinių junginių išspaudose buvo išsaugotas liofilizuojant [50]. Antocianinai – vyraujantys polifenoliai aronijose, yra ypač termolabilūs [44], tad perdirbimas žemoje temperatūroje yra būtinas norint išsaugoti kuo didesnius šio junginio kiekius. Be to, atliktas tyrimas lygino aronijų arbatą pagamintą iš išspaudų ir iš uogų. Rezultatai parodė, kad arbatoje pagamintoje iš išspaudų, polifenolinių junginių kiekis buvo didesnis negu iš sveikų uogų, o pati arbata buvo sodresnės spalvos, ir geresnio skonio [50].

1.5.1. Maisto papildai (nutraceutikai) ir funkcionalusis maistas

Nuo senų senovės gerai žinoma, kad valgomas maistas daro tiesioginę įtaką žmogaus sveikatai. Pagrindinis maisto pasirinkimo ir valgymo tikslas yra gauti maistinių medžiagų organizmui. Kai kurie kasdien vartojami maisto produktai, turi papildomų sveikatai naudingų savybių, kurios viršija medžiagų apykaitos poreikius. Toks maistas gali būti vadinamas „funkcionaliuoju maistu“. Šis terminas, sukurtas 1984 m. Japonijoje, skirtas maisto produktams, darantiems teigiamą poveikį žmonių sveikatai, fiziniam pajėgumui, protiniam aiškumui ar savijautai, kartu suteikiant maistinę vertę [51, 52].

Maisto papildai ir funkcinis maistas dažnai vartojami kaip sinonimai. Maisto papildai (nutraceutikai) paprastai yra natūralūs, bioaktyvūs cheminiai junginiai ar medžiagos, turinčios sveikatą gerinančių savybių, tokių kaip tam tikrų ligų prevencija. Tačiau šio termino diapazonas yra labai platus, apimantis pavienius junginius, maistines medžiagas, maisto papildus, augalinius ir perdirbtus produktus, tokius kaip sriubos ar gėrimai. Tad iš esmės visą funkcinį maistą galima priskirti nutraceutikams, tačiau ne visi nutraceutikai gali būti priskirti funkciniam maistui [51].

Funkciniam maistui apibrėžti buvo pasiūlytos kitos papildomos nuostatos, visų pirma susijusios su trim papildomomis sąlygomis:

1. tai maistas (ne kapsulė, tabletė ar milteliai) sudarytas iš natūralių ingredientų;
2. toks maistas gali būti ir turėtų būti vartojamas kaip dienos raciono dalis;
3. naudojant tokį produktą suteikiama specifinė funkcija, skirta reguliuoti tam tikrą procesą vykstantį žmogaus organizme, pavyzdžiui:
 - biologinės gynybos mechanizmų tobulinimas;
 - specifinių ligų prevencija;
 - atsigavimas nuo specifinių ligų;
 - fizinių ir psichinių sutrikimų kontrolė;

- senėjimo proceso lėtėjimas.

Moksliniai tyrimai atlikti su funkciniu maisto įrodo, kad tokiuose produktuose esantys bioaktyvus junginiai kovoja su diabetu, širdies ir kraujagyslių ligomis, aukštu kraujospūdžiu, vėžiu, įvairiomis infekcijomis, uždegimais, protinėmis ligomis, spazminiais sutrikimais ir daugybe kitų negalavimų remiantis *in vitro* tyrimais. Siekiant sužinoti tikslią produkto funkciją užima daug laiko, tad tokiems gaminiams dažniausiai suteikiamas platus teigiamų savybių spektras. Norint klasifikuoti maisto produktą kaip funkcionalų, jį reikia iširti ir įrodyti, kad jo galimas teigiamas poveikis tinkamai veikia atliekant tyrimus su žmonėmis. Kitas dalykas, į kurį reikia atsižvelgti, yra tai, kad šie tyrimai turi būti tęsiami siekiant gauti daugiau informacijos apie maisto funkcines savybes ir jo poveikį žmogaus organizmui [51].

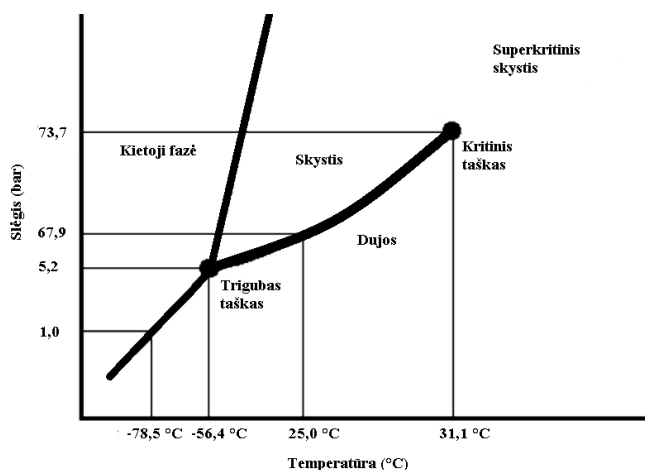
D. M. Martirosijanas ir J. Sing (2015) funkcinio maisto apibrėžimą suformulavo taip: „Funkcionalusis maistas tai natūralus ar perdirbtas maistas, kurio sudėtyje yra biologiškai aktyvių junginių, kurie nustatytu veiksmingu ir netoksišku kiekiu, suteikia kliniškai įrodytą ir moksliskai pagrįstą naudą sveikatai, tokią kaip lėtinių ligų prevencija, valdymas ar gydymas“ [53].

Funkciniai maisto produktai gali būti klasifikuojami pagal nustatytą medicininę naudą ir jų ingredientų savybės. Tuo remiantis galima sudaryti tokias specifines grupes: maistinės skaidulos; oligosacharidai; cukraus alkoholiai; aminorūgštys; peptidai ir baltymai; glikozidai; vitaminai; cholinai; pieno rūgšties bakterijos; mineralai; polinesočiosios riebalų rūgštys; fitochemikalai ir antioksidantai. Dauguma šių grupių junginių nebūna išgaunami iš šviežių vaisių ar daržovių, pvz. maistinės skaidulos iš šviežių obuolių, nes tai būtų neekonomiška. Funkcinių ingredientų gamybai dažnai naudojama šalutinės maisto žaliavos [51]. Paskutinė minėta grupė būna ypač dažnai siejama su uogomis ir jų produktais. Didelis šių junginių kiekis nustatomas ne tik šviežiuose produktuose, bet ir jų šalutinėse atliekose, tokiose kaip po sulčių gamybos likusiose, dažnai nenaudojamose uogų išspaudose.

1.5.2. Bioaktyvių junginių išgautų iš uogų išspaudų ekstrakcijos metodai ir technologija

Apdorojant augalinės kilmės maisto produktus, susidaro didžiulis šalutinių produktų kiekis. Šių šalutinių produktų utilizavimas kainuoja maisto perdirbėjams ir galimas neigiamas poveikis aplinkai. Tačiau atsižvelgiant į tai, jog šiose žaliavose yra didelis kiekis bioaktyvių junginių, vis dažniau stengiamasi šias žaliavas perdirbti norint išgauti minėtus junginius. Priklausomai nuo gauto ekstrakto panaudojimo tikslo, t. y. tolesnio panaudojimo maisto pramonėje ar analitinių tyrimų, pasirenkama ir skirtingi ekstrakcijos būdai. Tačiau dažniausiai naudojami, dėl laiko, kainos ir kokybės santykio yra ekstrakcija superkritiniais skysčiais naudojant anglies dvideginį (SKE-CO₂) ir suspaustų skysčių ekstrakcija [54].

Po 1981 m. maisto pramonėje analitiniais ir komerciniais tikslais, toksiški ir neekologiški organiniai tirpikliai tampa vis labiau nepatrauklūs. To priežastis – ekstrakcija superkritiniais skysčiais (SKE), alternatyva populiarioms standartinėms ekstrahavimo procedūroms, naudojančioms organinius tirpiklius. SKE yra atskyrimo procesas, kai medžiagos yra ištirpinamos skystyje, kuris specifinėmis sąlygomis gali pakeisti savo tirpimo galią, viršydamas kritinę temperatūrą ir slėgį (superkritinė sritis). Superkritinio skysčio savybės yra naudojamos selektyviam konkreto junginio ekstrahavimui arba mišinių frakcionavimui keičiant temperatūrą ir slėgį, bet nekeičiant fazės [5].



6 pav. CO₂ fazinė diagrama

medžiaga egzistuoja visose trijose būsenose. Kritinis taškas yra dujinės fazės kreivės gale, kur dujų ir skysčio fazė susilieja ir sudaro vienalytę „skysčio“ fazę, o už šio taško yra superkritinio skysčio sritis (žr. 6 pav.) [55].

Superkritinis skystis pasižymi dujų ir skysčio fizikinėmis ir cheminėmis savybėmis ir turi pajėgumą ištirpinti junginius, kurie dujų ar skysčio būsenoje netirpsta arba tirpsta labai blogai. Superkritinio skysčio tirpinimo galia kinta priklausomai nuo naudojamo junginio tankio, kuris gali būti toks didelis kaip skysčio arba toks mažas kaip dujų, atsižvelgiant į nedidelius slėgio ir (arba) temperatūros pokyčius. Šios superkritinių skysčių savybės užtikrina gerą junginių išsiskyrimą dėl jų stiprios tirpinimo galios esant dideliame tankiui, todėl sudaro geras sąlygas junginio frakcionavimui ir atskyrimui nuo skysčio (esant mažesniems tankiams) mažinant slėgį arba keičiant temperatūrą ekstraktoriuje. Kitas svarbus veiksnys yra skvarbioji galia, pagrįsta dideliu tirpių medžiagų perdavimo greičiu į skystį. Mažas kritinio skysčio klampumas ir didelis difuziškumas pagerina šią savybę, leidžiančią veiksmingiau išgauti junginius iš žaliavos [56].

Anglies dioksidas (CO₂) yra dažniausiai naudojamas superkritinis skystis maisto pramonėje dėl šių savo savybių: kritinė temperatūra –31,06 °C, kritinis slėgis – 73,83 bar, o kritinis tankis – 0,460 g/cm³ [57]. Daugybė CO₂ pranašumų, palyginti su įprastais organiniais tirpikliais, pateisina šio skysčio naudojimą maisto pramonėje, siekiant lengvos ekstrakcijos ir optimalaus galutinio produkto. CO₂ yra netoksiškas, nedegus, neteršiantis, nebrangus, inertiškas, lengvai pašalinamas ir recirkuliuojamas, o jo superkritinės stadijos pasiekimas yra gana saugus ir lengvai pasiekiamas, todėl šis jis naudojamas išgauti lakiems ar karščiui jautriems junginiams švelniomis sąlygomis. Superkritinis CO₂ paprastai yra selektyvus mažesnės molekulinės masės (<250) arba silpnai polinių grupių junginiams, tokiems kaip lipidai, cholesterolis, aldehydai, eteriai, esteriai ir ketonai. Didelės molekulinės masės (>400) arba polinės grupės, tokios kaip hidroksilo, karboksilo ir cukrų, polisacharidų, amino rūgščių, baltymų, fosfatidų, glikozidų, neorganinių druskų, yra gana netirpios superkritiniame anglies dioksido [5]. Šių junginių selektyvumą ir tirpumą anglies dioksido galima išplėsti ir modifikuoti pridendant bendrus tirpiklius arba adsorbentus. Siekiant pagerinti polinių junginių tirpumą, dažniausiai naudojami įvairūs priedai, tokie kaip metanolis, etanolis, acetonas, vanduo ir t. t. Dėl gerų tirpumo ir maišymosi savybių, įprastai naudojamas metanolis, tačiau dėl toksiškumo dažnai gali būti pakeičiamas etanoliumi, labiau priimtiniu junginiu maisto pramonėje. Įterpiant iki 10 % polinio tirpiklio, ekstrakcijos rezultatai žymiai pagerėja, tačiau sumažėja junginių selektyvumas, kadangi poliniai ir nepoliniai junginiai išekstrahuojami kartu [5].

Naudojant SKE–CO₂ ekstrakciją sudaromos geros sąlygos įvairių junginių ekstrakcijai ir frakcionavimui, dėl lengvai reguliuojamo medžiagų tirpumo superkritiniame skystyje, keičiant jo temperatūrą ir/arba slėgį. Kitas privalumas – lengvas junginių išgavimas iš ekstrahuojamos medžiagos ir iš superkritinio skysčio, tam užtenka pakeisti superkritinio skysčio tankį. Ekstrakcijai iš medžiagos superkritinio skysčio tankis pakeliamas, atskirymui – tankis sumažinamas sumažinant slėgį, taip išvengiama ilgo ekstrakto koncentravimo darbo. Dėl superkritinio skysčio savybių ir SKE metodo ekstrakcija yra efektyvesnė negu naudojant įprastus organinius tirpiklius, kadangi pagreitinama masių pernaša, tad sutrumpėja ir ekstrakcijos laikas, o pats darbas yra automatizuotas, todėl nereikalauja nuolatinio dėmesio. Ši ekstrakcijos metodą dažnai pagerina polinių tirpiklių priedas, tačiau geriausi rezultatai pasiekiami derinant su kitais ekstrakcijos būdais, kadangi daug polinių junginių nebūna išekstrahuojama iš tiriamo objekto.

1.5.3. Ekstrakcija suspaustais skysčiais

Ekstrakcija suspaustais (subkritiniais) skysčiais („*pressurised liquid extraction*“) arba dažniau žinoma kaip („*accelerated solvent extraction*“) (ASE), dažniausiai naudojama laboratorijose. ASE yra mėginių ekstrakcijos metodas, kurioje tirpiklis naudojamas esant aukštesnei temperatūrai ir slėgiui, siekiant išekstrahuoti norimus junginius iš kietos fazės mėginių tolimesniam gryninimui ir (ar) analitiniams matavimams [58]. Junginių pernašai iš matricos didelę įtaką sudaro panaudoto tirpiklio poliškumas ir jo fizikinės savybės, kurios yra tiesiogiai susijusios su įvairiais proceso ekstrahavimo parametrais [58]. Desorbicija, difuzija, solvatacija ir kiti transportavimo mechanizmai iš matricos į tirpiklį yra valdomi temperatūros ir iš dalies slėgio. Padidinta temperatūra pagerina junginių tirpumą, nutraukdama matricos ir junginio sąveiką ir pasiekdama didesnę difuzijos greitį, o padidėjęs slėgis užtikrina tirpiklio palaikymą skystoje būsenoje aukštoje temperatūroje [57]. Tirpiklio klampumas ir paviršiaus įtempimas sumažėja esant padidintam slėgiui ir temperatūrai, todėl jis efektyviau įsiskverbia į kietus mėginius, palengvindamas mėginio matricos porose įstrigusią junginių pasisavinimą ir sumažindamas tirpiklio sunaudojimą.

1.6. Polifenoliniai junginiai ir jų antioksidacinis poveikis

Polifenoliai yra natūralūs junginiai, žinomi dėl jų antioksidacinio poveikio žmogaus organizme. Šios molekulės yra aptinkamos vaisiuose, daržovėse, grūduose ir kituose augalinės kilmės maisto produktuose. Polifenoliai yra antriniai augalų metabolitai, kurių paskirtis dažniausiai yra augalo apsauga nuo ultravioletinių spindulių ar kitų patogenų [59]. Dideli polifenolinių junginių kiekiai aptinkami vaisiuose pvz. vynuogėse, obuoliuose, kriaušėse, vyšniuose, o ypač uogose ir jų šalutiniuose perdirbimo produktuose [60]. Kadangi polifenoliai aptinkami daugelyje augalinės kilmės maisto produktų, jų suvartojimas kasdienėje mityboje yra pakankamai didelis, siekiantis iki 1 g per parą [61]. Iki šiol augaluose nustatyta daugiau kaip 8000 fenolinių junginių. Polifenoliams priklauso flavonoidai, tokie kaip flavonoliai, flavonai, izoflavonai, antocianinai, resveratrolis, kurkuminas, taninai, lignanai ir fenolinės rūgštys [59]. Tad lyginant su kitais fitocheminiais antioksidantais, polifenoliniai junginiai užima pirmą vietą [61].

Oksidacinis stresas yra sukliamas dėl per didelio reaktyviųjų deguonies formų susidarymo ląstelėse ir audiniuose, kai organizmo antioksidacinė sistema negali jų neutralizuoti. Dėl šio apsauginio mechanizmo sutrikimo gali būti pažeistos ląstelių molekulės, tokios kaip DNR, baltymai ir lipidai [62]. Reaktyvios deguonies formos prisideda prie ląstelių senėjimo, mutacijų, vėžinių ląstelių susidarymo, širdies ir kraujagyslių ligų bei cholesterolio (LDL) oksidacijos. Kartu ir

reaktyvios azoto formos turi neigiamos įtakos kraujotakos sistemai, nes šios molekulės taip pat yra stiprūs oksidantai [63]. Paprastai reaktyviosios deguonies formos organizme susidaro mažais kiekiais. Šie junginiai yra svarbūs normaliam ląstelių homeostazės palaikymui ir reguliavimui bei tokioms funkcijoms kaip signalo perdavimas, genų ekspresija ir receptorių aktyvacija [64]. Tačiau, kai šių junginių susidaro per daug, jie gali pažeisti audinius ir sukelti uždegiminius procesus [65]. Tad antioksidantai gaunami su maistu yra ypač svarbūs siekiant palaikyti geras organizmo funkcijas.

Polifenolių antioksidacinis aktyvumas priklauso nuo jų funkcinių grupių struktūros, tad hidroksilo grupių skaičius junginyje turi didelę įtaką laisvųjų radikalų sujungimui ir neutralizavimui [63]. Polifenolinių junginių antioksidacinis aktyvumas yra pagrįstas keletu reaktyvių deguonies formų neigiamo poveikio žmogaus organizmui stabdymo būdų. Į tai įeina reaktyvių deguonies formų susidarymo slopinimas, jų sujungimas ir neutralizavimas, arba organizmo antioksidacinių sistemų darbo pagerinimas [58].

1.7. Antrinių žaliavų panaudojimas duonos gamyboje

Grūdiniai produktai, tokie kaip duona ir miltiniai kepiniai, beveik visame pasaulyje yra laikomi vienais iš labiausiai kasdien valgomų maisto produktų [66]. Egzistuojant tokiam duonos ir kitų grūdinių produktų suvartojimui, jie kartu laikomi labai svarbiu energijos šaltiniu visame pasaulyje. Kartu, apie vienas 1 % žmonių serga celiakija – kviečių baltymo glitimo, netoliaravimu [67]. Siekiant pagerinti šiuos produktus, kartu mažinant paprastai nenaudojamų šalutinių žaliavų kiekį, mokslininkai stengiasi šias dažnai pilnai neišnaudotas augalines žaliavas įtraukti į duonos receptūrą [68]. Tam tikro miltų kiekio pakeitimas išdžiovintomis bei sumaltomis vaisių išspaudomis, gyvulinės kilmės riebalų pakeitimas augalinės kilmės riebalais, antioksidacinio aktyvumo padidinimas praturtinant duoną įvairiais, iš šalutinių žaliavų gautais ekstraktais, tai tik keletas būdų pagerinti duonos gaminius [4, 68, 69, 70]. Tačiau kartu yra pakeičiama įprastų ingredientų tarpusavio fizikiniai, cheminiai ir organoleptiniai santykiai, tad praturtintas produktas galimai tampa nepatrauklus vartotojui [6]. Siekiant to išvengti, atliekami įvairūs tyrimai su šalutinėmis vaisių ir daržovių žaliavomis bandant surasti geriausią jų panaudojimą ir sužinoti tikrą šių produktų potencialą.

1.7.1. Maistinės skaidulos uogų išspaudose

Uogų išspaudose didelę dalį sudėties sudaro maistinės skaidulos. Kartu, jos užima svarbią poziciją žmogaus mityboje. Tai angliavandenių polimerai sudaryti iš 10 ar daugiau monomerų vienetų, kurie nebūna virškinami žmogaus virškinimo trakte. Šios maisto medžiagos skirstomos į keletą grupių:

- valgomieji angliavandenių polimerai, natūraliai aptinkami maiste;
- angliavandenių polimerai gauti iš neperdirbto maisto šaltinių fizikiniu, mechaniniu, fermentiniu ar cheminiu būdu, kurie turi moksliskai įrodytą naudą žmogaus sveikatai ar gerai savijautai;
- sintetiniai angliavandenių polimerai, kurie turi moksliskai įrodytą naudą žmogaus sveikatai ar gerai savijautai.

Remiantis cheminėmis, fizinėmis ir funkcinėmis savybėmis, maistinės skaidulos gali būti skirstomos į tirpiąsias ir netirpiąsias. Tirpiosios maistinės skaidulos (TMS) apima pektinus, dervas, inulino tipo fruktanus ir kai kurias hemiceliuliozės, tirpstančias vandenyje, sudarant klampus

gelius. Šie junginiai yra atsparūs virškinimui plonojoje žarnoje, tačiau yra lengvai fermentuojami storosios žarnos mikrobiotos. Netirpiosios maistinės skaidulos (NMS), tokios kaip ligninas, celiuliozė ar tam tikros hemiceliuliozės fermentuojamos labai sunkiai. Tačiau šios dvi grupės turi savų privalumų – TMS veikia kaip prebiotikas, o NMS turi vidurius laisvinančių savybių [71,72].

Tokios funkcijos kaip cholesterolio kiekio kraujyje ir glikeminio indekso mažinimas, žarnyno mikrofloros gerinimas, išmatų tūrio didinimas bei pavojingų kancerogeninių ir mutageninių junginių neutralizavimas virškinimo sistemoje, padaro maistines skaidulas ypač svarbiu funkcinio komponentu maisto produktuose. Duonos kepinių praturtinimas maistinėmis skaidulomis dažniausiai atliekamas pakeičiant dalį miltų viso grūdo miltais. Tačiau vis dažniau į kepinių sudėtį, norint padidinti ląstelienos kiekį, pasirenkama kiti ingredientai, tokie kaip vaisiai ar daržovės. Tokiu būdu ne tik padidinamas skaidulų kiekis kepinyje, tačiau ir pagerinama jo maistinė kokybė, sumažinamas kalorijų kiekis ir padidinamas antioksidacinis aktyvumas [4].

Maistinių skaidulų svarba normaliam žmogaus organizmo darbo palaikymui paskatino didelę ir potencialią skaidulų turinčių produktų ir ingredientų rinkos plėtrą. Pastaraisiais metais pastebima tendencija ieškoti naujų maistinių skaidulų, kurias galima naudoti kaip maisto produktų sudedamąsias dalis, šaltinių. Geras tokių priedų šaltinis yra vaisių ir daržovių perdirbimo metu susidariusios šalutinės atliekos (išspaudos). Tai lengvai prieinama ir pigi, taip pat aukštu maistinių skaidulų bei bioaktyvių junginių kiekiu pasižyminti žaliava [35]. Mokslininkų atlikti tyrimai su skirtingais skaidulų šaltiniais įvairiuose kepinių tipuose leidžia susidaryti aiškią nuomonę apie tokius produktus. Pavyzdžiui, aviečių išspaudų pridėtis sausainiuose pakeitė jų organoleptinę kokybę, suteikdamas jiems malonų vaisių kvapą ir skonį, tačiau kartu buvo jaučiamas nepageidaujamas rūgštus skonis. Dėl to sausainių saldumas buvo mažiau jaučiamas, tad aiškesnis buvo ir „šieno“ kvapas bei skonis. Tačiau reikia paminėti, kad šios savybės išryškėja kai didelis kiekis miltų <50 % yra pakeičiama išspaudomis [4]. Rūgštus skonis uogų išspaudomis praturtintuose produktuose gali pasireikšti dėl kelių priežasčių, tokių kaip perdirbimo sąlygos, aukštas polifenolinių junginių ar organinių rūgščių kiekis minėtoje antrinėje žaliavoje [69]. Tačiau pasirenkant tinkamus duonos produktų tipus, pvz. vaisių pyragus, ši savybė gali būti priimtina. Panašius organoleptinius rezultatus savo tyrime gavo A. Pasqualone (2014) tiriant vynuogių išspaudų ekstrakto įtaką sausainiams [69]. Ypač svarbi kepinių savybė yra jų minkštumas, porėtumas ir elastingumas. Siekiant praturtinti kepinius maistinėmis skaidulomis, o kartu ir bioaktyviais junginiais, šios duonos charakteristikos pakinta dėl padidėjusios vandens rišlumo gebos. Sumažėjęs tešlos standumas dėl prasčiau susidariusios gliuteno mikrostruktūros taip pat turi įtakos ir kepinio tūriui ir elastingumui, bet ne minkštumui. Tačiau šie neigiami efektai nustatyti, kai išspaudomis pakeičiama daugiau negu 20 % miltų, tuo tarpu <20 % miltų pakeičiant išspaudomis, minėtos kepinių savybės pagerėja [73].

Kita teigiama uogų išspaudų panaudojimo savybė duonos gamyboje yra gliuteno nebuvimas. Dėl celiakijos dalis populiacijos negali mėgautis duonos ir pyrago gaminiais [67, 74]. Tačiau pakeičiant kvietinius miltus uogų išspaudomis, gliuteno netoleruojantys asmenys gali naudoti tokius produktus nepakenkiant jų sveikatai, kartu gaunant įvairių bioaktyvių junginių. B. Šarik ir kt. (2015) atliko tyrimus bandant sukurti sausainius be gliuteno naudojant aviečių ir mėlynių išspaudas. Rezultatai parodė, jog tokio funkcinio ingrediento panaudojimas padidina fenolinių junginių, maistinių skaidulų bei mineralinių medžiagų kiekį galutiniame produkte. Reologinės sausainių savybės pakito mažai, net kai buvo sumažintas įprastai didelis riebalų kiekis naudojamas sausainių be gliuteno gamyboje. Sensorinio įvertinimo metu, sausainiai su išspaudomis buvo įvertinti geriau, negu

kontrolinis bandinys (be išspaudų) [70]. Tokie rezultatai sudaro gerą bendrą vaizdą apie išspaudų panaudojimo galimybes tam tikriuose kepinuose. Kita aviečių išspaudų panaudojimo galimybė maisto produktuose galėtų būti kaip natūralus antimikrobinis ingredientas. Dėl didelio fenolinių junginių kiekio (ypač elagitaninų), išspaudos pasižymi stipriomis antimikrobinėmis savybėmis, slopinant patogeninių bakterijų augimą [23].

1.7.2. Duonos praturtinimas polifenoliniais junginiais gautais iš šalutinių žaliavų

Terminis apdorojimas yra vienas iš populiariausių maisto perdirbimo būdų. Šildymo metu susidaro sudėtingas cheminių reakcijų rinkinys, kuris turi stiprią įtaką įvairiems perdirbtų maisto produktų kokybiniais požymiais (juslinėms savybės, maistinei vertei, išvaizdai, aromatu) [75]. Nors kai kurie junginiai suardomi tokio perdirbimo metu, jų degradacijos produktai tampa ypač svarbūs galutiniam rezultatui. Šie junginiai reikšmingai prisideda prie naujai suformuotų organoleptinių savybių, tokių kaip spalva ir skonis. Tuo pačiu, kaip šilumos sukeltų reakcijų padarinys, sukuriama įvairūs junginiai su biologiškai aktyviomis funkcijomis arba žmogaus organizmui žalingos medžiagos. Ingredientai, tokie kaip fenoliniai junginiai, gali sumažinti nepageidaujamų junginių susidarymą terminio perdirbimo metu. Siekiant padidinti duonos antioksidacinę aktyvumą, Ž. Pengas ir kt. (2010) atliko tyrimus su vynuogių sėklų ekstraktais naudojant juos duonos kepinuose. Kartu šio tyrimo tikslas buvo išsiaiškinti fenolinių junginių stabilumą terminio perdirbimo metu bei jų įtaką galutinio produkto išvaizdai, skoniui ir aromatu [68].

Tyrimo metu į duonos tešlą buvo įmaišyti vandens ir 30 %, 50 % bei 70 % etanoliniai ekstraktai. Rezultatai parodė, jog didinant ekstrakto kiekį, padidėja ir duonos antioksidacinis aktyvumas, tačiau apie 40 % antioksidacinio aktyvumo buvo prarandama spėjama dėl terminės degradacijos [75]. Kita vertus, perdirbimas naudojant aukštą temperatūrą gali supaprastinti biologiškai aktyvių junginių, tokių kaip fenoliai, pasisavinimą organizme, tokiu atveju antioksidacinis aktyvumas padidėtų.

Tuo pačiu tyrimai buvo atlikti nustatyti organoleptiniams pokyčiams, kadangi kuriant naują maisto priedą, šie faktoriai ypač svarbūs. Atlikti tekstūros tyrimai parodė, kad vynuogių sėklų ekstraktas neturėjo pastebimo pokyčio duonoje. Sensorinis duonos įvertinimas parodė, jog vynuogių sėklų ekstraktas nepakeitė duonos skoninių savybių, t. y. buvo beveik neatskiriamas nuo kontrolinio mėginio. Nors vynuogių ekstrakto pridėtis pakeitė duonos spalvą, tai buvo įvertinta teigiamai komisijos narių [68].

1.8. Pieno produktų praturtinimas šalutiniais vaisių ir daržovių produktais

Siekiant sukurti funkcionalų pieno produktą naudojant uogų išspaudas, iškyla keletas problemų. Tyrimai siekiant praturinti jogurtus maistinėmis skaidulomis parodė, jog dažniausiai tokie produktai yra prasčiau vertinami varototojų, dėl jų išvaizdos bei neįprasto skonio kuris buvo suteiktas funkcionaliojo priedo, tuo atveju kai maistinės skaidulos yra matomos [6]. Naudojant tirpias maistines skaidulas, pvz. inuliną, neįprasta išvaizda bei pašalinio skonio supratimas yra galimai išvengiamas. Mokslininkų atlikti tyrimai parodė, jog vartotojų saldaus skonio suvokimas sumažėjo kai sėlenos yra matomos jogurte, tuo tarpu naudojant tirpias skaidulas saldumo pojūtis buvo stipresnis, nors buvo naudotas mažesnis cukraus kiekis [76].

Uogų išspaudos taip pat gali būti panaudojamos praturtinant pieno produktus polifenoliniais junginiais. Priklausomai nuo ekstrakcijos metodo, toks ekstraktas gali pasižymėti ypač dideliu

polifenolinių junginių kiekiu. Tačiau yra žinoma, jog skirtingų produktų sudėtis bei matrica gali turėti įtakos polifenolinių junginių pasisavinimui virškinimo metu [76, 77]. Moksliniai šaltiniai teigia, kad polifenoliniams junginiams patekus į burną, didelė dalis šių junginių, ypač proantocianidinų, saveikauja su baltymais (fermentais) ir sudaro netirpius agregatus. Taip pat dėl nepalankios pH aplinkos burnoje, padidėja polifenolinių junginių degradacija, tačiau dėl trumpo virškinimo laiko šioje stadijoje išvengiamas didelis šių junginių praradimas. Tyrimai parodė, jog jogurto matrica apsaugojo mažus kiekius polifenolinių junginių nuo degradacijos burnoje ir dvylikapirštėje žarnoje, kartu padidinant jų antioksidacinį aktyvumą. Galimai dėl naujai susidariusių oksidacinių produktų kurie pasižymėjo didesniu antioksidaciniu aktyvumu negu jų pirmtakai [78, 79].

Fermentuotų pieno produktų praturtinimas polifenoliniais junginiais galimas keletu būdų – prieš ir po fermentacijos. Nors toks praturtinimas po fermentacijos yra greitesnis ir patogesnis, tokių junginių pridėtis prieš fermentaciją dažniausiai turi daugiau teigiamų savybių galutiniam produktui tačiau tai priklauso nuo naudojamų polifenolinių junginių profilio [80]. Dažniausiai tokio ekstrakto pridėtis prieš fermentaciją keletu kartų padidina bendrą fenolinių junginių kiekį galutiniame produkte, spėjama dėl polifenolinių junginių skilimo į mažesnes bei aktyvesnes molekules [80, 81] (pvz. flavonoidų glikozidų hidrolizė į aglikonus arba procianidinų skilimas į flavan-3-olius ar fenolines rūgštis), taip kartu padidinant antioksidacinį aktyvumą bei galimai pagerinant arba pabloginant startinių kultūrų dauginimąsi (priklausomai nuo polifenolinių junginių esančių ekstrakto, bei startinių kultūrų). Siekiama, kad praturtinus pieno produktus prieš fermentaciją, funkcionalusis priedas skatintų augimą, arba neturėtų neigiamos įtakos startinėms kultūroms [80].

2. TYRIMO OBJEKTAI IR METODAI

2.1. Tyrimų objektai

Tyrimams buvo naudota trijų uogų – bruknių, spanguolių ir aviečių išspaudos gautos iš UAB „Įvairios sultys“. Po sulčių ekstrakcijos, išspaudos (uogų odelės, sėklos ir stiebeliai) buvo iškart užšaldytos ir liofilizuotos. Vėliau, išspaudos buvo susmulkintos pasitelkiant laboratorinį cikloninį malūną ZM 200 (Retsch, Haan, Vokietija), naudojant 0,5 mm sietą. Atlikus SKE–CO₂ ekstrakciją, išspaudos buvo dar kartą sumaltos naudojant 0,2 mm sietą, taip gaunant ypač smulkius išspaudų miltelius, užtikrinant gerą bioaktyvių komponentų pasisavinimą iš matricos. Sumaltos išspaudos buvo surinktos į hermetiškai sandarius stiklinius indus kurie buvo laikomi tamsoje, kambario temperatūroje.

2.2. Cheminiai reagentai ir medžiagos

- Duonos paruošimui naudoti produktai – aukščiausios rūšies kvietiniai miltai 550D (Malsena, Lietuva), sausos mielės „Močiutės“ (Klingai, Lietuva), valgomoji akmens druska (Artimosol, Lietuva);
- *ekstrakto paruošimui naudoti reagentai ir medžiagos* – žemės ūkio kilmės etanolis 96% (C₂H₅OH) (Stumbras, Kaunas), diatoninė žemė (Sigma-Aldrich, Mousa, Sent Luisas);
- bendro fenolinių junginių kiekio nustatyme – galo rūgštis (> 99 %, Fluka, Lenkija), Folin-Ciocalteu reagentas gautas iš Sigma-Aldrich (Buchs, Šveicarija), natrio karbonatas (Na₂CO₃, 98 %, bevandenis, CHEMPUR, Lenkija), distiliuotas vanduo (vandens gryninimo sistema Milipore, Bedford MA, JAV), metanolis (≥ 99,9 %, Sigma-Aldrich, Vokietija);
- antioksidacinio aktyvumo nustatymo tyrimuose – 6-hidroksi-2,5,7,8-tetrametilchroman-2-karboksirūgštis (troloksas, 97 %), natrio chloridas (NaCl), kalio chloridas (KCl), kalio dihidrofosfatas (KH₂PO₄), vandeninis natrio hidrofosfatas (Na₂HPO₄ × 2H₂O), kalio persulfatas (K₂S₂O₈), natrio hidroksidas (NaOH) buvo įsigyti iš StanLab (Liublinas, Lenkija), 2,2'-azino-bis-3-etilbenzotiazolin-6-sulfono rūgštis (ABTS⁺⁺, laisvasis radikalas, 98 %), 2,2'-azobio(2-amidinpropano)dihidrochloridas (AAPH) buvo gautas iš Sigma-Aldrich (Steinheim, Vokietija), 3',6'-dihidroksispiro(izobenzofuran-1(3H),9'-(9H)ksanten)-3-onas (fluoresceinas, Steinheim, Vokietija). Mikrokristalinė celiuliozė (20 μm) buvo gauta iš Sigma-Aldrich (Mousa, Sent Luisas), plastikinės kiuvetės (10 × 10 × 45 mm) gautos iš Fluka (Lenkija);
- maistinių skaidulų kiekio nustatymo tyrimuose – heksadeciltrimetilamonio bromidas (CTAB), natrio laurilsulfatas (C₁₂H₂₅SO₄Na), etilendiamino dinatrio tetraacto dihidratas (EDTA), natrio tetraborato dekahidrato (Na₂B₄O₇·10H₂O); bevandenilis dinatrio fosfatas, 2-etoksietanolis buvo gauta iš Ankom Technologies (Niujorkas, JAV), sieros rūgštis 1,00 N (H₂SO₄) distiliuotas H₂O;
- jogurto deserto paruošimui naudoti produktai – 3,6 % riebumo pienas (Hacendado, Ispanija), 2 % riebumo natūralus jogurtas (Hacendado, Ispanija), 10 % riebumo graikiškas jogurtas (Hacendado, Ispanija), lakštinė želatina (Gelita AG, Vokietija).

Naudoti prietaisai:

- analitinės svarstyklės „Scaltec SPB31“ (Goti, Kern&Sohn gmbh., Alkstad, Vokietija);
- laboratorinis cikloninis malūnas „ZM 200“ (Retsch, Haan, Vokietija);
- baltymų mineralizavimo įrenginys „InKjel 1225 P“ (Berh, Vokietija);

- distiliarorius „Behrotest S4“ (Berh, Vokietija);
- pagreitinotos ekstrakcijos organiniais tirpikliais sistema (ASE) (Dionex, ASE 350, Sunnyvale, JAV);
- drėgmės analizatorius „Moisture Analyser, 60G/0.0001, LCD MB64“ (VWR, Italija);
- ultragarsinė vonelė „Ultrasonics“ (Astra-Son™, JAV);
- vakuuminis – rotacinis garintuvas „Biuchi R-U4“ (Biuchi labortechnik AG, Konztanz, Šveicarija);
- spektrofotometras „GENESYS 8, 10 UV“ (Spetronic instruments, Rocester, JAV);
- „FLOUstar Omega“ skaitytuvas (BMG LABTECH GmbH, Ortenberg, Vokietija);
- elektrinė duonkepė „Russell Hobbs Breadmaker Classics“, modelis 18036 (Russell Hobbs, Jungtinė Karalystė);
- maistinių skaidulų analizatorius „Ankom 2000“ (Makedonas, NY, JAV);
- vandens aktyvumo analizatorius „AW SPRINT TH-500“ (Novasina, Lenkija);
- „SensION+ PH3“ pH metras (Hach, Jungtinė Karalystė);
- „CyberScan pH 510“ pH metras (Eutech Instruments, Singapūras);
- spektrofotometras „CM-700d“ (Konica Minolta, Japonija);
- dalelių dydžio matuoklis „Mastersizer 2000“ su „Hydro 2000S“ dispersine sistema (Malvern Instruments Ltd, Jungtinė Karalystė);
- tekstūros analizatorius „TA.XT plusC“ (Stable Micro Systems, Jungtinė Karalystė).

2.3. Cheminės sudėties nustatymo metodai

Drėgmės kiekio nustatymui buvo naudota „Moisture Analyser, MB64 60G/0.0001, LCD“ (Italija), remiantis gamintojo nurodymais. Pasirinkta automatinis matavimas (105 °C, džiovinant iki nekintačio svorio) pasveriant 3 g medžiagos. Gautas rezultatas buvo pateiktas instrumento ekrane.

Mineralinių medžiagų kiekiui uogų išspaudose nustatyti buvo naudota standartizuotas ISO 2171:2007 [82] metodas. 3 g tiriamosios medžiagos buvo pasverti į tiglius, traukos spintoje tigliai su mėginiais buvo kaitinami ant indukcinės kaitlentės iki suanglėjimo, po to perkelti į mufelinę krosnį ir deginami 500–550 °C temperatūroje. Po 16–18 valandų deginimo, tigliai išimami iš krosnies į eksikatorių, atvėsunami iki kambario temperatūros ir atsargiai pasveriami. Toks procesas kartojamas iki kol masė išlieka pastovi. Atlikta po tris pakartojimus. Pelenų kiekiui nustatyti atliekami skaičiavimai pagal mėginio masės skirtumą prieš deginimą ir po jo.

Baltymų kiekis mėginiuose buvo nustatomas remiantis LST EN 12135:2001, Kjeldalio metodu [83]. Šio tyrimo metu nustatomas azoto junginių kiekis mėginyje, kuris yra perskaičiuojamas į baltymų kiekį. Naudotas laboratorinis įrenginys „InKjel 1225 P“ (Berh, Vokietija), o distiliacijai – „Behrotest S4“ (Berh, Vokietija). Azoto kiekis buvo apskaičiuotas masės procentais pagal formulę:

$$\frac{1,4007 \cdot (V - V_0) \cdot M}{m} (\%)$$

čia: 1,4007 – 0,1N HCl titras, išreikštas azotu, mg/ml;

V – tiriamojo mėginio distiliato titravimui sunaudotas 0,1 N HCl kiekis, ml;

V₀ – tuščiojo mėginio distiliato filtravimui sunaudotas 0,1 N HCl kiekis, ml;

M – 0,1 N HCl koncentracija 0,0001 mol/l tikslumu;

M – tiriamojo mėginio masė.

Baltymų kiekis buvo apskaičiuotas pagal šią formulę:

$$A \cdot 6,38 (\%)$$

Čia : 6,38 – bendrojo azoto perskaičiavimo į bendrąjį baltymų kiekį koeficientas.

2.4. Uogų išspaudų dalelių dydžio nustatymas

Dalelių dydžio nustatymui naudotas „Mastersizer 2000“ (Malvern Instruments Ltd, Jungtinė Karalystė) analizatorius sujungtas su „Hydro 2000S“ (Malvern Instruments Ltd, Jungtinė Karalystė) dispersine sistema, kurio matavimo diapozonas – nuo 0,1 iki 2000 mikronų. Išspaudų matavimas lazerinės difrakcijos metodu remiasi principu, kad didelės dalelės šviesą išsklaido mažu kampu, o mažos dalelės – dideliu kampu. Bandinys buvo maišomas su distiliuotu vandeniu ir o rezultatai išreiškiami pagal tūrį, paviršiaus plotą ir span faktorių. Atlikti trys pakartojimai.

2.5. Duonos su uogų išspaudomis paruošimas

Duonos kepimui buvo naudota elektrinė duonkepė „Classics 18036-56“ (Russell Hobbs, Jungtinė Karalystė). Siekiant kuo labiau supaprastinti šį procesą, duonos mėginiams buvo pasirinkta receptas, kuris turėtų kuo mažiau papildomų ingredientų (žr. 2 lentelėje). Pagal elektrinės duonkepės gamintojų rekomendacijas, pasirinkome paprastos prancūziškos duonos receptūrą:

2 lentelė. Prancūziškos duonos receptūra.

Ingredientai	Kiekis, g
Miltai	360
Vanduo	200
Mielės	2,72
Druska	3,79

Duonoje su uogų išspaudomis, 5 % miltų svorio (18 g) buvo pakeista uogų išspaudomis. Ingredientai naudoti duonos kepimui buvo įsigyti prekybos centre. Siekiant užtikrinti vienodas sąlygas ir rezultatų tikslumą bei atsikartojimą, duonos kepimui buvo naudota trys vienodos elektrinės duonkepės, taip pat visi ingredientai buvo pasverti naudojant analitines svarstyklės „Scaltec SPB31“ (Goti, Kern&Sohn gmbh., Alkstad, Vokietija).

Sekant receptūroje nurodytą tvarką, pirmiausiai kambario temperatūros vanduo (25 °C) ir druska buvo supilta į kepimo indą. Vėliau sekė miltai, bandant uždengti visa vandens paviršių. Sausos mielės buvo paskleidžiamos ant miltų viršaus stengiantis jų nesušlapinti. Tada kepimo indas būdavo įstatomas į duonkepę, uždaromas dangtis ir pasirenkama antroji kepimo programa, mažiausias kepimo dydis ir šviesiausia plutelės spalva. Bendras maišymo, kildinimo ir kepimo laikas buvo 3 valandos 41 minutė. Po kepimo duona buvo išimama atvėsti ant nerūdijančio plieno kepimo grotelių kambario temperatūroje, o tolesni tyrimai buvo atlikti su pilnai atvėsusia duona. Atvėsus duonai, kepalas buvo perpjaunamas ir nufotografuojamas palyginimui. Kartu vizualiai buvo įvertinama ar kepinys buvo gerai išmaišytas, iškilęs ir iškepęs. Nekokybiški duonos kepalai buvo išdžiovinami ir utilizuojami.

2.5.1. 2.3 Duonos minkštimo aktyvumo nustatymas

Duonos minkštimo aktyvumo nustatymas buvo atliktas naudojant standartizuotą LST 1442:1996 metodiką [84]. Tyrimas atliekamas su pilnai atvėsusia duona. Žuravlio prietaiso cilindru yra išpjaunami trys minkštimo mėginiai. Juos pasvėrus, skaičiavimai atlikti pagal formulę:

$$\frac{V - \frac{G}{d}}{V} \cdot 100 (\%)$$

čia: V – bendras išpjovų tūris, cm³;

G – bendra išpjovų masė, g;

d – beporio minkštimo santykinis tankis (kvietinių miltų 550D duonai – 1,31);

Atlikus visus kepinio charakteristikos matavimus, duonos minkštymas buvo atskirtas nuo plutelės, susmulkintas „Bosch MMR 08A1“ (Bosch, Vokietija) smulkintuvu ir džiovinamas šilto oro srauto džiovykle 72 valandas. Po drėgmės pašalinimo duonos minkštymas buvo sumaltas pasitelkiant laboratorinį cikloninį malūną „ZM 200“ (Retsch, Haan, Vokietija), naudojant 0,5 mm sietą. Sumalus duonos minkštimo milteliai buvo perkelti į hermetiškai sandarius stiklinius indus ir buvo laikomi tamsoje, kambario temperatūroje iki kitų tyrimų.

2.6. Duonos su uogų išspaudomis juslinis įvertinimas

Jusliniam įvertinimui buvo pasitelkta 7 vertintojų grupė sudaryta iš KTU studentų. Vertinimas vyko praėjus 24 valandoms po duonos kepimo. Duonos kepiniai buvo supjaustyti į 1,4 cm riekeles kuriems buvo priskirta trijų skaičių kodai. Juslinių savybių intensyvumui įvertinti pasitelkta hedoninė 7 balų sistema, kai 1 – labai nepatiko o 7 – labai patiko. Įvertinta spalva, kvapas, skonis bei tekstūra. Paskutinis įvertinimas buvo bendras priimtinumas.

2.7. Antioksidacinio aktyvumo nustatymo tyrimai kietojoje frakcijoje, Quencher metodas

Siekiant išmatuoti kietos medžiagos antioksidacinį aktyvumą, mėginių ruošime buvo pasitelkta Quencher metodas. Bendras tiriamos medžiagos paviršiaus plotas turi didelę įtaką reakcijos laikui ir rezultatų tikslumui. Kartu, kai kurie maisto produktų mėginiai pasižymi dideliu antioksidaciniu aktyvumu. Siekiant sutrumpinti reakcijų laiką ir gauti tinkamus duomenis, uogų išspaudų ir duonos minkštimo miltelių mėginiai buvo maišomi su kristaline celiulioze siekiant padidinti paviršiaus plotą ir sumažinti mėginio koncentracijas (1:2, 1:10, 1:20, 1:50, 1:100, 1:200, 1:500) priklausomai nuo tiriamojo būdo.

2.7.1. ABTS^{•+} (2,2-azino-bis-(3-etilbenziazolin-6-sulfono rūgšties)) radikalų-katijonų surišimo metodas

Tyrimas atliktas pagal R. Re ir kt. (1999) metodiką su keliais pakeitimais [85]. Metodas atliktas su išspaudų, duonos bei ekstraktų mėginiais. Pirmiausia paruošiamas fosfato buferinis tirpalas (PBS) ištirpinant reagentus (žr. 3 lentelėje) 1 l distiliuoto vandens, o gauto tirpalo pH – 7,4. ABTS^{•+} tirpalas ruošiamas iš dviejų tirpalų. Pirma 0,0549 g ABTS^{•+} reagento yra sumaišoma su 50 ml prieš tai paruošto PBS tirpalo. Antrasis tirpalas yra ruošiamas 0,0038 g K₂S₃O₈ ištirpinant 0,2 ml distiliuoto H₂O. Vėliau abu tirpalai sumaišti, matavimo kolba su paruoštu ABTS^{•+} tirpalu yra uždengiama aliuminio folija ir paliekama tamsoje 16 valandų reakcijai įvykti.

3 lentelė. 1 l PBS tirpalo paruošimui reikalingų reagentų kiekiai.

Medžiaga	Kiekis
NaCl	8,18 g
KH ₂ PO ₄	0,27 g
Na ₂ HPO ₄	1,42 g
KCl	0,15 g

Prieš pradėdant tyrimą, paruoštas ABTS^{•+} tirpalas būna skiedžiamas PBS tirpalu, ir matuojama jo absorbcija, kol gaunama $0,700 \pm 0,010$ optinio tankio vienetų, kai bangos ilgis 734 nm.

Priklausomai nuo tiriamų mėginių radikalų katijonų surišimo metodas atliktas dviem būdais:

- bruknių išspaudų ekstraktams: 1500 μ l darbinio tirpalo sumaišyta su 25 μ l bruknių ekstrakto bandinio arba MeOH (kontrolė) ir palikti tamsioje aplinkoje reakcijai įvykti;
- uogų išspaudoms ir duonos mėginiams: QUENCHER metodu 1500 μ l darbinio tirpalo sumaišyta su 10 mg paruošto mėginio arba mikrokristalinės celiuliozės (kontrolė) ir 25 μ l metanolio. Gautas tirpalas maišomas 15 sekundžių naudojant maišyklę, tuomet įdėtas į purtylę (250 aps/min) 2 valandoms tamsioje aplinkoje.

Mėginių absorbcija buvo matuojama naudojant „GENESYS 8, 10 UV“ (Spetronic instruments, Rocester, JAV), kai nustatytas bangos ilgis 734 nm. Kalibracinei kreivei sudaryti buvo naudota įvairių koncentracijų Trolokso tirpalai (0–1500). Atlikta po 5 pakartojimus. Antioksidacinis aktyvumas išreikštas Trolokso ekvivalentais (mg TE/g). Laisvųjų radikalų sujungimui procentais nustatyti naudojama formulė:

$$SA (\%) = \frac{A_1 - A_2}{A_1} \cdot 100\%$$

čia: A – laisvųjų radikalų sujungimo aktyvumas, %;

A₁ – ABTS⁺ reakcijos sistemos optinis tankis;

A₂ – sistemos su antioksidantu optinis tankis.

2.7.2. Bendrojo fenolinių junginių kiekio nustatymas Folin-Ciocalteu metodu

Bendrojo fenolinių junginių kiekio (BFJK) uogų išspaudose, duonos mėginiuose bei ekstraktuose nustatytas remiantis V. L. Singletono ir kt. (1999) metodu pritaikant juos šiems mėginiams. Tyrimui atlikti paruošiami du tirpalai: pirmasis Folin-Ciocalteu sumaišytas su distiliuotu H₂O santykiu 1:9, antrasis 75 g Na₂CO₃ ištirpinama 1 l distiliuoto H₂O [86]. Priklausomai nuo mėginių tipo BFJK nustatymas atliktas dviem būdais:

- bruknių išspaudų ekstraktams : ruošiant bandinį 150 μ l mėginio arba metanolio (kontrolinis bandinys) sumaišyta su 750 μ l prieš tai paruošto Folin-Ciocalteu reagento ir 600 μ l 7,5 % Na₂CO₃ tirpalu. Po to bandinys paliktas tamsioje 2 valandoms;
- uogų išspaudoms ir duonos mėginiams: QUENCHER metodu 10 mg mėginio arba mikrokristalinės celiuliozės (kontrolinis mėginys) sumaišoma su 150 μ l distiliuoto vandens, 750 μ l prieš tai paruošto Folin-Ciocalteu reagento ir 600 μ l, 7,5 % Na₂CO₃ tirpalu. Gautas

mišinys maišomas 15 sekundžių naudojant maišyklę ir tuomet perkeliamas į purtyklę (250 aps/min) dviems valandoms tamsioje aplinkoje. Po to bandiniai centrifuguojami 5 minutes, 4500 aps/min.

Mėginių absorbcija buvo matuojama naudojant „GENESYS 8, 10 UV“ (Spetronic instruments, Rocester, JAV), kai nustatytas bangos ilgis yra 760 nm. Kalibracinėms kreivėms sudaryti naudota galo rūgštis ($M_r = 170,121$; $C_7H_6O_5$), gautos kalibracinės tiesinės priklausomybės lygtys. Eksperimentas atliktas su penkiais pakartojimais. BFJK išreikštas galo rūgšties ekvivalentais (mg GRE/g) ir apskaičiuojamas pagal formulę:

$$C = c_1 \cdot V \cdot m^{-1}$$

čia: C – fenolinių junginių kiekis išreikštas galo rūgšties ekvivalentais, mg/g;
 c_1 – galo rūgšties koncentracija (nustatyta pagal kalibracinę kreivę) mg/ml;

V – ekstrakto tūris, ml;

m – mėginio masė naudota ekstrakcijai, g.

2.7.3. Deguonies radikalų absorbcijos pajėgumo nustatymas (ORAC)

ORAC tyrimas atliktas remiantis Prior [87] minėta metodika. Tyrimui atlikti pirmiausia paruošiamas darbinis 95,68 nmol/l fluoresceino tirpalas:

1. tirpalas Nr. 1 – 0,0225 g fluoresceino ištirpinama 50 ml PBS tirpalo.
2. tirpalas Nr. 2 – 50 μ l tirpalo Nr. 1 sumaišoma su 10 ml PBS tirpalo
3. 800 μ l tirpalo nr. 2 sumaišoma su 50 ml PBS tirpalo gaunant 95,68 nmol/l fluoresceino tirpalą

Priklausomai nuo mėginių tipo ORAC mėginių parengimas atliktas dviems budais:

- bruknių išspaudų ekstraktams: 25 μ l mėginio arba MeOH (kontrolė) sumaišyta su 150 μ l fluoresceino tirpalo;
- uogų išspaudoms ir duonos mėginiams: QUENCHER metodu – 10 mg mėginio arba mikrokristalinės celiuliozės (kontrolė) sumaišoma su 150 μ l PBS tirpalo ir 900 μ l darbinio fluoresceino tirpalo. Bandiniai maišyklėje maišomi 15 sekundžių ir įdedami į purtyklę (250 aps/min) 60 minučių tamsioje aplinkoje. Praėjus nurodytam laikui, centrifuguojami (4500 aps/min) 5 minutes.

Į juodą nepermatomą 96 šulinėlių lėkštelę pilama po 175 μ l bandinio į atskirus šulinėlius naudojant automatine pipetę. Tuomet inkubuojama 15 minučių, 37 $^{\circ}$ C temperatūroje. Inkubacijos metu pagaminamas 240 mM 2,2-azobis(2-amidinopropano)dihidrochlorido (AAPH) tirpalas, kai 0,65088 g (AAPH) ištirpinama 10 ml PBS tirpalo. Po inkubavimo į kiekvieną šulinėlį, kuriame yra bandiniai, daugiakanalė pipete pilama po 25 μ l AAPH paruošto tirpalo. Fluorescencinis matavimas atliekamas „FLUOstar Omega“ spektrofotometru (BMG LABTECH GmbH, Ortenberg, Voketija). Matavimas atliktas per 120 ciklą, 37 $^{\circ}$ C temperatūroje, sužadinimas – 485 nm, emisija – 520 nm. Kalibracinės kreivės sudarymui naudojami įvairių koncentracijų Trolokso tirpalai. Antioksidacinis aktyvumas išreikštas Trolokso ekvivalentais (mg TE/g). Atlikta po šešių pakartojimus. Plotas po kalibracine kreive (AUC) bandiniams apskaičiuojamas integruojant santykinę fluoresceino kreivę. AUC apskaičiavimui naudota formulė:

$$AUC = 1 + \sum_{i=1}^{i=120} \frac{f_i}{f_0}$$

Čia: f_0 – pradinė fluoresceino vertė (0 min);

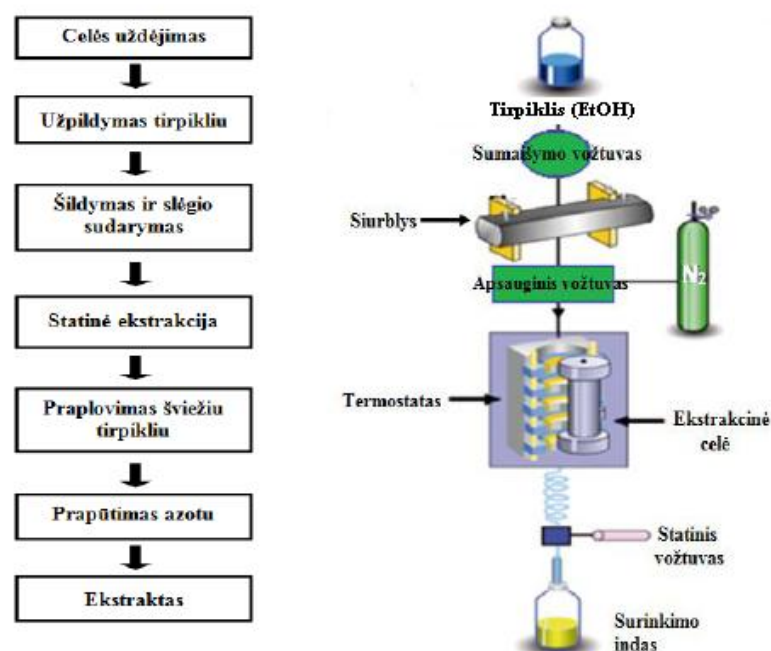
f_i – fluoresceino vertė tam tikrą laiką (i – tąją minutę)

2.7.4. Maistinių skaidulų kiekio nustatymas

Skaidulinių medžiagų ADF (rūgštiniais tirpalais išplauto ląstelienos kiekio) ir NDF (neutraliais tirpalais išplauto ląstelienos kiekio) nustatymas duonoje ir uogų išspaudose po SKE-CO₂ ekstrakcijos buvo atliktas naudojant „Ankom 2000 Fiber Analyzer“, sekant Ankom Technology 12 ir 13 metodus.

2.8. Pagreitinta skysčių ekstrakcija (ASE)

Siekiant išgauti polinius junginius iš uogų išspaudų, buvo naudota pagreitinta skysčių ekstrakcija, pasitelkiant „Dionex ASE 350“ sistemą (žr. 7 pav.).



7 pav. Pagreitintos ekstrakcijos org. tirpikliais sistemos schema [88].

15 ± 0,2 g bruknių išspaudų po SKE-CO₂ buvo sumaišyta su diatonine žeme santykiu 1,5:1. Šis mišinys buvo rankiniu būdu supresuojamas į ASE ekstrakcijos celę. Abi celės angos buvo uždengtos specialiais šiai ekstrakcijai pagamintais celiuliozės filtrais ir sandariai užsukti celės dangteliai. Ekstrakcijai buvo naudojamas 96 % etanolis, dėl gerų polinių junginių tirpinimo savybių. Ekstrakcija vyko trimis ciklais po 15 minučių, 83 °C temperatūroje, esant 100 bar slėgiui. Etanolis buvo pašalinamas naudojant rotacinę garintuvą „Biuchi R-U4“. Ekstraktai buvo surinkti į

50 g mėgintuvėlius ir laikomi šaltai tamsoje. Tolesniems tyrimams ekstraktai buvo skiesti EtOH gaunant 10 mg/ml koncentraciją.

2.8.1. Proantocianidinų kiekio matavimas bruknių ekstrakto

Proantocianidinų kiekio (PAC) tyrimas pagrįstas 4-dimetilaminocinnamaldehido (DMAC) reakcija su procianidinų A žiedo 8 anglies atomu. PAC vertės buvo nustatytos naudojant „BQC“ rinkinį pagal gamintojo rekomendacijas (Bioquochem, Asturias, Ispanija). Į 96 šulinėlių skaidraus dugno plokšteles buvo įpilta dešimt μL EtOH arba H_2O bruknių/šilauogių išspaudų ekstraktų (10 mg/ml), 230 μL reagento A ir 10 μL DMAC reagento. Tada plokštelės buvo paliekamos maišyti 15 min., o absorbcija matuojama esant 640 nm bangos ilgiui naudojant „FLUOstar Omega“ skaitytuvą.

2.8.2. Antocianinų kiekio matavimas bruknių ekstrakto

Antocianinų kiekis (AC) buvo matuojamas naudojant BQC rinkinį pagal gamintojo rekomendacijas (Bioquochem, Asturias, Ispanija). Dvidešimt μL EtOH arba H_2O bruknių/šilauogių išspaudų ekstraktų (10 mg/ml) buvo sumaišyti su 220 μL A reagento arba 220 μL reagento B 96 šulinėlių skaidraus dugno plokštelėse. Tada plokštelės purtomos esant 200 aps./min., paliekamos 10 min., o absorbcija matuojama esant 510 ir 700 nm bangų ilgiui, naudojant „FLUOstar Omega“. PAC ir AC vertės, išreikštos mažiausiai 3 pakartojimų matavimų vidurkiu.

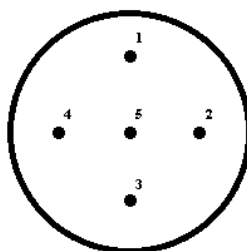
2.8.3. Vandens aktyvumo matavimas

Nustatyti vandens aktyvumą ekstraktuose naudojome AW Sprint, TH500 (Novasina, Lenkija) vandens aktyvumo analizatorių. Ekstraktas buvo patalpintas į Novasina lėkšteles skirtas vandens aktyvumo matavimams atlikti. Vėliau mėginys idedamas į analizatorių ir matavimai atliekami prie 24,6 °C temperatūros. Rezultatai gaunami a_w vienetais.

2.8.4. pH matavimai.

Tyrimas atliktas naudojant „SensION⁺ PH3“ pH metrą (Hach, Jungtinė Karalystė). Prieš matavimą pH metras buvo kalibruojamas gamintojo paruoštais žinomo pH (4, 7 ir 10) buferiniais tirpalais. Siekiant išmatuoti etanolinio bruknių ekstrakto pH, ekstraktas buvo skiedžiamas distiliuotu vandeniu, gaunant 1:10 koncentraciją. Matavimas pakartotas penkis kartus.

Matuojant jogurto deserto su bruknių ekstraktu pH buvo naudojamas „CyberScan pH 510“ (Eutech Instruments, Singapūras). Prieš matavimą pH metras buvo kalibruojamas gamintojo paruoštais žinomo pH (4 ir 7) buferiniais tirpalais. Dėl sudarytos gelio matricos, matavimai atlikti pagal 8 pav. nurodytą schemą, įduriant elektrodą į jogurto desertą ir laukiant 10–15 sekundžių kol prietaisas nurodys galutinį rezultatą. Po kiekvieno matavimo elektrodas buvo nuplaunamas distiliuotu vandeniu ir nusausinamas filtro popieriumi.



8 pav. Jogurto želės deserto pH matavimo schema.

2.9. Spalvos koordinatinių matavimai

Spalvos matavimams gauti buvo naudojamas spektrofotometras „CM-700d“ (Konica Minolta, Japonija) ir „SpectraMagic NX“ programinė įranga rezultatams apdoroti. Šviesos atspindžio matuoti parametrai buvo CIE $L^*a^*b^*$, Delta E (ΔE^*_{ab}). L^* vertė nurodo baltos ir juodos spalvų santykį (juoda, kai $L^* = 0$ ir balta, kai $L^* = 100$), a^* nurodo raudonos ir žalios spalvos santykį (kai $a^* > 0$ raudonos, $a^* < 0$ žalios spalvos spalvos intensyvumą), b^* nurodo geltonos ir mėlynos spalvos santykį (kai $b^* > 0$ geltonos, $b^* < 0$ mėlynos spalvos intensyvumą).

Delta E (ΔE^*_{ab}) vertė yra apskaičiuojama naudojant šią formulę:

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(L^*_2 - L^*_1)^2 + (a^*_2 - a^*_1)^2 + (b^*_2 - b^*_1)^2}$$

Prieš matavimus spektrofotometras paruošiamas nustatant MAV lęšio poziciją, parenkant 8 mm MAV antgalį bei kalibruojant naudojant baltą ir juodą kalibracinius cilindrus. Atlikti devyni matavimai keičiant spektrofotometro poziciją. Po matavimo lęšis nuimamas nuo mėginio, nuplaunamas distiliuotu vandeniu ir nusausinamas popieriumi.

2.10. Jogurto desertų gamybos receptūros

Jogurto desertų gamybai buvo bandoma keletas receptūrų su skirtingais ingredientų kiekiais, siekiant gauti geriausias sensorines charakteristikas (žr. 4 lentelėje). Gamybai naudota: 3,6 % riebumo pienas (Hacendado, Ispanija), želatinos lakštai (Gelita AG, Vokietija), natūralus 2 % riebumo jogurtas (Hacendado, Ispanija) arba graikiškas 10 % riebumo jogurtas (Hacendado, Ispanija).

4 lentelė. Jogurto želės deserto receptūra. GJ – naudojamas graikiškas jogurtas, NJ naudojamas natūralus jogurtas.

Ingredientai	GJ			NJ		
Pienas, ml	50			50		
Jogurtas, ml	50			50		
Želatina, g	2			2		
Bruknių ekstraktas, g	0	1	2	0	1	2

2.10.1. Jogurto desertų tekstūros matavimai

Jogurto želės deserto tekstūros matavimams buvo naudojamas „TA.XT PlusC“ (Stable Micro Systems, Jungtinė Karalystė) tekstūros analizatorius. Įrenginys paruošiamas parenkant 1/2 colio diametro, polioksimetileno cilindro formos antgalį. Naudojantis programine įranga „Exponent“ parenkami tyrimo parametrai (gelio tekstūros analizė) bei nustatomas analizatoriaus cilindro atstumas iki mėginio. Jogurto želės desertai tekstūros analizei atlikti, gamybos metu buvo patalpinti į 100 ml stiklinius indus. Tyrimas pakartotas 3 kartus su skirtingais tos pačio receptūros mėginiais. Programoje automatiškai nubrėžiamas grafikas, kuriame pateikiami gelio tvirtumo, plyšio jėgos, tamprumo ir lipnumo parametrai.

2.10.2. Statistinė analizė

Statistinis duomenų įvertinimas atliktas MS Excel (2010) kompiuterine programa. Tyrimų rezultatai pateikti apskaičiuavus vidutines vertes ir „STDEV“ (vidutinį standartinį nuokrypį).

3. REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

3.1. Uogų išspaudų cheminės sudėtis nustatymas

Drėgmės kiekis nustatytas bruknių uogų išspaudose (BI) buvo $1,54 \pm 0,07$ %, aviečių uogų išspaudose (AI) – $0,82 \pm 0,1$ % ir $1,94 \pm 0,09$ % – spanguolių uogų išspaudose (SI). Prieš tyrimus, uogų išspaudos buvo liofilizuotos, vėliau atlikta išspaudų nuriebalinimas naudojant SKE-CO₂, tad tai gali paaiškinti žemą nustatytą drėgmės kiekį tirtoje žaliavoje. V. Gauv ir kt. (2017) tyrimuose drėgmės kiekis procentais uogų išspaudose svyravo nuo 0,93 iki 2,20 % [89].

Perskaičiavus gautą azoto junginių kiekį į baltymus procentais, BI nustatyta $8,46 \pm 0,11$ %, AI – $11,79 \pm 0,02$ %, ir $7,51 \pm 0,08$ % SI. Nors nustatytas pakankamai didelis baltymų kiekis, moksliniai šaltiniai teigia, jog aviečių išspaudose nustatytas baltymų kiekis užima apytiksliai 10 % bendro svorio [90].

Mineralinių medžiagų kiekio nustatymas atliktas deginimo metodu. BI neorganinių junginių kiekis užima $1,42 \pm 0,03$ %, AI – $2,11 \pm 0,04$ % ir $1,21 \pm 0,03$ % SI.

3.2. Maistinių skaidulų – NDF ir ADF nustatymas uogų išspaudose po SKE-CO₂ ekstrakcijos

Neutralaus detergento tirpale netirpi ląsteliena (NDF) – tai augalo maistinės skaidulos (hemiceliuliozė, celiuliozė ir ligninas), iš kurios neutraliais tirpalais pašalinama virškinamos medžiagos tokios kaip cukrūs, baltymai ir t. t. ADF – tai rūgštinio detergento tirpale netirpi ląsteliena, (celiuliozė ir ligninas). Uogų išspaudos yra sudarytos iš uogų odelių, sėklų ir kartais stiebelių [33], komponentų kurie pasižymi dideliu maistinių skaidulų kiekiu. Tyrimo rezultatai pateikti 5 lentelėje.

5 lentelė. Uogų išspaudų maistinių skaidulų kiekis % SM.

Bandiniai	ADF %	NDF %
BI	$28,76 \pm 2,14$	$30,02 \pm 1,60$
AI	$36,395 \pm 1,11$	$52,50 \pm 3,10$
SI	$36,515 \pm 0,28$	$38,32 \pm 2,00$

Didžiausiais maistinių skaidulų kiekis nustatytas AI, mažiausias – BI. Galimai dėl aviečių morfologijos, didelis vaisiaus paviršiaus plotas turi įtakos skaidulų kiekiui. Ypač didelis kiekis hemiceliuliozės kartu nustatyta AI. Moksliniuose šaltiniuose nurodyti šių uogų išspaudų maistinių skaidulų kiekiai yra sunkiai sulyginami, dėl skirtingų ląstelienos nustatymo metodų, tačiau A. J. Brodovska (2017) tyrimuose, aviečių išspaudose nustatytas bendras ląstelienos kiekis buvo 59,5 % SM [90].

3.3. Uogų išspaudų antioksidacinis aktyvumas

Bendram fenolinių junginių kiekio (BFJK) įvertinimui pasitelkta Folin-Ciocalteu metodas. Antioksidacinio aktyvumo potencialas uogų išspaudų milteliuose įvertintas ABTS^{•+} katijono radikalo blukinimo metodu, deguonies radikalų absorbcijos pajėgumas nustatytas ORAC metodu. Dėl kietos tiriamosios medžiagos, bandinių paruošimui naudotas QUENCHER metodas.

Polifenoliniai junginiai aptinkami uogose yra tiesiogiai atsakingi už didžiąją dalį antioksidacinio aktyvumo. Lyginant su kitomis išspaudomis, didžiausias BFJK nustatytas BI – 28,45 mg GRE/g, 1,6 karto didesnis nei AI ar SI (žr. 6 lentelėje). Panaši tendencija yra matoma ir ABTS^{•+} bei deguonies radikalo surišimo (ORAC) metodais gautuose rezultatuose. Didžiausias ABTS^{•+} ir ORAC metodais nustatytas antioksidacinis aktyvumas buvo BI, mažiausias AI. Rezultatai kartu parodo, jog fenolinių junginių kiekis turi įtaką antioksidacinio aktyvumo potencialui, t. y. kuo didesnis BFJK, tuo didesnis ir nustatomas antioksidacinis aktyvumas.

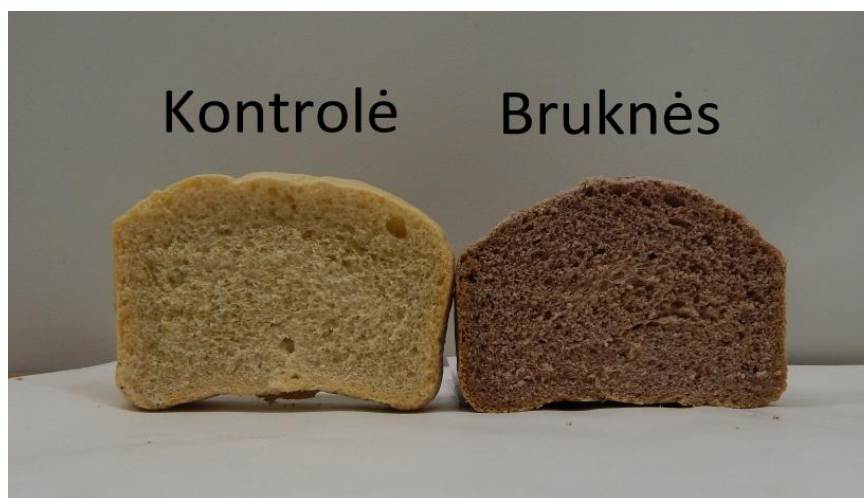
6 lentelė. Uogų išspaudų po SKE-CO₂ ekstrakcijos antioksidacinio aktyvumo potencialo rezultatai.

Bandiniai	BFJK, mg GRE/g	ABTS ^{•+} , mg TE/g	ORAC, mg TE/g
BI	28,45 ± 5,13	227,97 ± 11,87	79,08 ± 5,39
AI	16,72 ± 0,60	106,69 ± 6,55	32,36 ± 2,11
SI	17,48 ± 1,46	178,64 ± 15,68	63,74 ± 2,47

Mokslinėje literatūroje randama duomenų, jog spanguolių išspaudose nustatomas BFJK po SKE-CO₂ ekstrakcijos buvo 18,06 mg GRE/g [91]. Taip pat gauti rezultatai buvo tapatūs su V. Kitrytės ir kt. (2020) gautais duomenimis tiriant bruknių išspaudas po SKE-CO₂ ekstrakcijos [92]. AI išspaudose nustatyta žemiausias antioksidacinis aktyvumas, o remaintis S. Skrovankova ir kt. (2015) duomenimis aviečių vaisiai palyginus su kitomis uogomis nepasižymi ypač dideliais bioaktyvių komponentų kiekiais, tad gauti rezultatai tai patvirtina [29]. Kartu, įvairūs aplinkos ir augimo faktoriai turi tiesioginės įtakos antrinių metabolitų kiekio susidarymui.

3.4. Duona su uogų išspaudomis

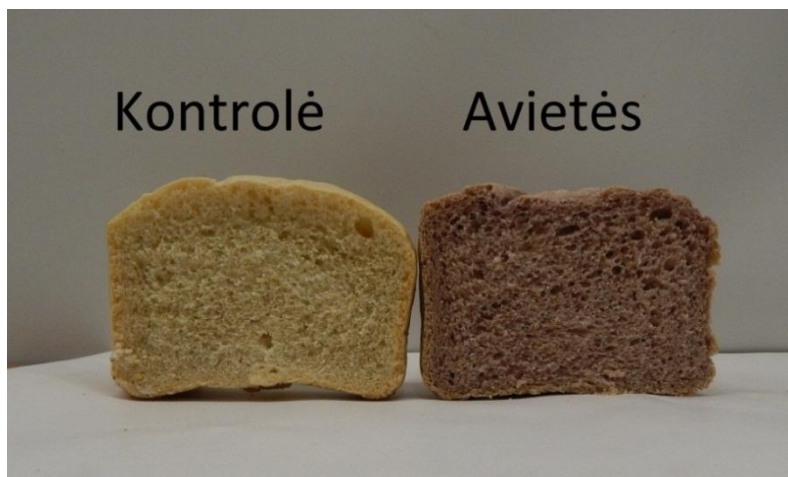
Ištirti uogų išspaudų įtaką duonos kepiniams, 5 % miltų buvo pakeista bruknių, aviečių ir spanguolių uogų išspaudomis. Duonos kepimo metu vyksta įvairios cheminės reakcijos ir pokyčiai, turintys įtakos galutiniam produktui [93]. Uogų išspaudos sudarytos daugiausia iš maistinių skaidulų [94]. Didelis maistinių skaidulų kiekis mielinuose kepiniuose (duonoje, pyrage) turi žalingą poveikį. Glitimo tinklo struktūros susilpninimas, kartu ir sulaikomų dujų kiekio sumažinimas bei šių junginių (glitimo ir maistinių skaidulų) konkurencija dėl vandens turi didžiausią įtaką duonos kokybei [72].



9 pav. Duonos be išspaudų (kontrolė) ir duonos su bruknių išspaudomis skerspjūvio palyginimas

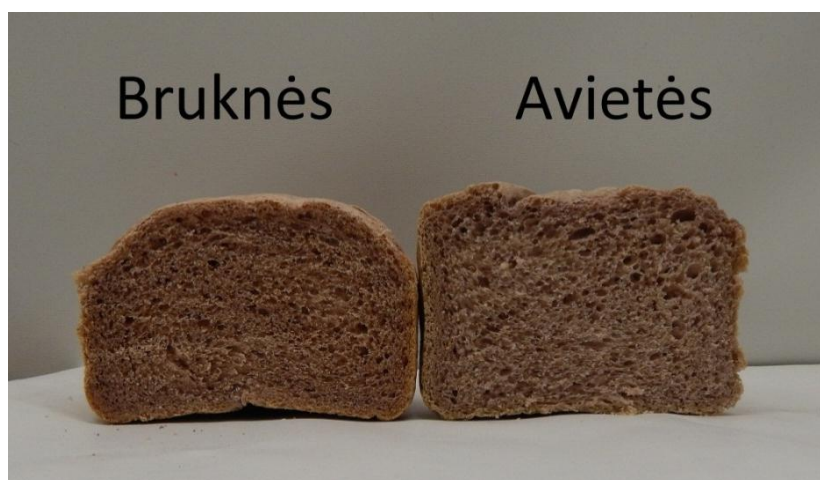
Duona su uogų išspaudomis buvo palyginta su duona be priedų (DK) (žr. 9 pav.). matomi spalvos pokyčiai, mažiau, akytumo ir duonos iškilimo pokyčiai. Nustatytas duonos su bruknių išspaudomis (DB) akytumas buvo $71,75 \pm 1,00 \%$, DK – $79,41 \pm 0,3 \%$. Duonų akytumo rezultatai grafiškai pateikti 12 paveiksle. Tai gali būti paaiškinama maistingųjų skaidulų sudaroma neigiama įtaka duonos kokybei.

Dažniausiai norint praturinti duonos produktus skaidulomis, naudojama kviečių sėlenos. Duonos su uogų išspaudomis pasižymėjo silpnai rūgščiu skoniu, ir silpnu vaisių kvapu. Moksliniai tyrimai rodo, jog pakeičiant kviečių sėlenas vaisių išspaudomis, galutinis produktas tampa labiau priimtinas vartotojui dėl skonio, tekstūros bei išvaizdos savybių [95].



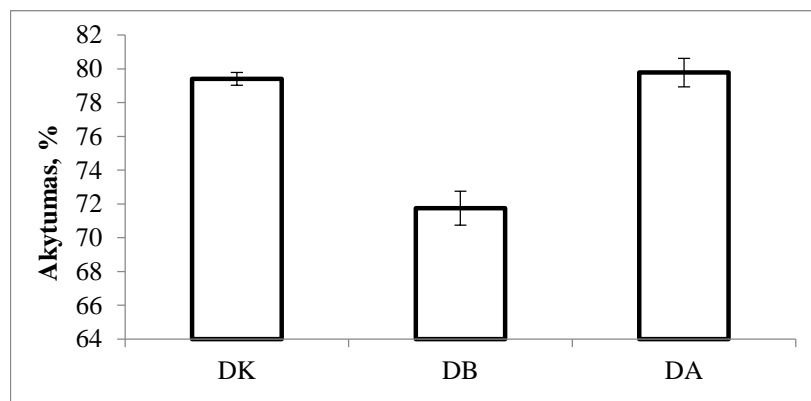
10 pav. Duonos be išspaudų (kontrolė) ir duonos su aviečių išspaudomis skerspjūvio palyginimas

Maistingųjų skaidulų sudėtis bei jų technologinės savybės skiriasi, priklausomai nuo jų šaltinio [89]. Skirtingų uogų išspaudų naudojimas duonos gaminiuose, kartu turės ir skirtingą įtaką šiems produktams. Kaip pavyzdį galima naudoti duoną su aviečių išspaudomis (DA) (žr. 10 pav.). Šios duonos akytumas ($79,78 \pm 0,84 \%$) buvo beveik nepakitęs lyginant su kontroliniu kepinio ($79,41 \pm 0,37 \%$) tačiau didesnis nei DB, nors pakeistas toks pats miltų kiekis uogų išspaudomis (žr. 11 pav.).



11 pav. Duonos su bruknių išspaudomis ir duonos su aviečių išspaudomis skerspjūvio palyginimas

Siekiant dauti geriausius rezultatus, ypač svarbus ir produkto tipas praturtinamas uogų išspaudomis. Retai sutinkamų spalvų (rausva, rudai-rausva, mėlyna) duona gali būti nepriimtina vartotojui. Tokiems produktams kaip sausainiai, biskvitai ar vaisių pyragai dažnai naudojami sintetiniai dažikliai, tačiau naudojant tokius priedus kaip uogų išspaudos, kepinys gali būti praturtinamas maistinėmis skaidulomis, bioaktyviais junginiais, ir kartu natūraliais pigmentais, norimą rezultata.

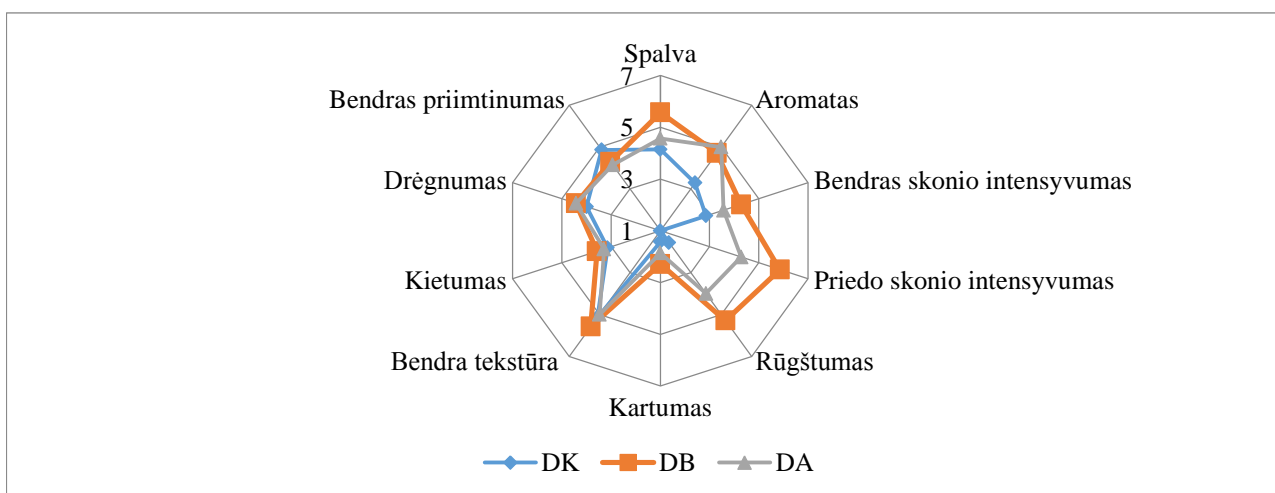


12 pav. Uogų išspaudų įtaka duonos akytumui

Preleminarus juslinis įvertinimas

Atlikus preleminarų juslinių savybių tyrimą rezultatai parodė, jog duona su uogų išspaudomis vizualiai yra labiau priimtina vartotojams, negu duona be uogų išspaudų (žr. 13 pav.). DB spalva buvo įvertinta geriausiai, po to sekė DA ir DK. Pastebėtas pakankamai didelis nuomonių skirtumas DA įvertinime, kurios standartinis nuokrypis buvo 1,72. Galimai dėl stipraus spalvos pokyčio, DK buvo laikoma įprasta duona, tuo tarpu DB asociavosi su sveikesniu produktu.

Taip pat pastebėta uogų išspaudų įtaka duonos kvapui. Bruknių ir aviečių išspaudų priedo suteiktas kvapas apibūdinamas kaip gailvus ar vaisių, buvo labiau priimtinas palyginus su kepinium be išspaudų.



13 pav. Uogų išspaudų įtaka duonos minkštimo juslinėms savybėms.

Matomas skonio intensyvumo padidėjimas, ypač duonoje su bruknių išspaudomis, kurioje priedo skonis buvo jaučiamas labiausiai. Bruknių uogos pasižymi rūgščiu, kartais net karčiu skoniu, dėl didelio organinių rūgščių kiekio [10]. Galimai dėl šios uogų savybės, rūgštumo bei kartumo skalės parodo, jog šie skoniai buvo jaučiami daug stipriau, nei palyginus su kontroliniu kepiniu. DA bendras skonio intensyvumas, rūgštumas bei kartumas buvo mažiau jaučiami, nei duonoje su bruknių išspaudomis, galimai dėl šių juslinių savybių, bendras DA priimtumas buvo didesnis.

Rezultatuose nurodančiuose bendrą pasitenkinimą tekstūra, kepinio kietumo bei drėgnio pojūčius, pirmavo DB. Atsižvelgiant į duonų akytumo rezultatus, juslinės analizės rezultatai rodo, jog šis parametras nebuvo labai reikšmingas tekstūrai. DB akytumas buvo mažiausias iš palygintų kepinų, tačiau juslinės analizės rezultatai rodo, jog DB buvo įvertinta geriausiai. Galimai dėl drėgnio ir minkštumo kietumo santykio, sumažėjęs duonos akytumas nebuvo ypač pastebimas.

Bendras duonų priimtumas rodo, jog nepaisant teigiamų spalvos, aromato bei tekstūros pokyčių, DK išlieka labiausiai priimtinas duonos kepinys. Galimai dėl rūgštaus ir kartaus skonio pojūčio DB ir DA duonoje, šių produktų priimtumas sumažėja.

Duona su spanguolių išspaudomis.

Atliekant duonos su spanguolių išspaudomis kepinus, gauti mėginiai buvo nepriimtini tyrimams, t. y. duona buvo neiškilusi, neišmaišyta. 14 paveiksle pateiktas vienas iš gauto kepinio pavyzdžių panaudojus receptūrą minėtą 2.5 skyriuje.



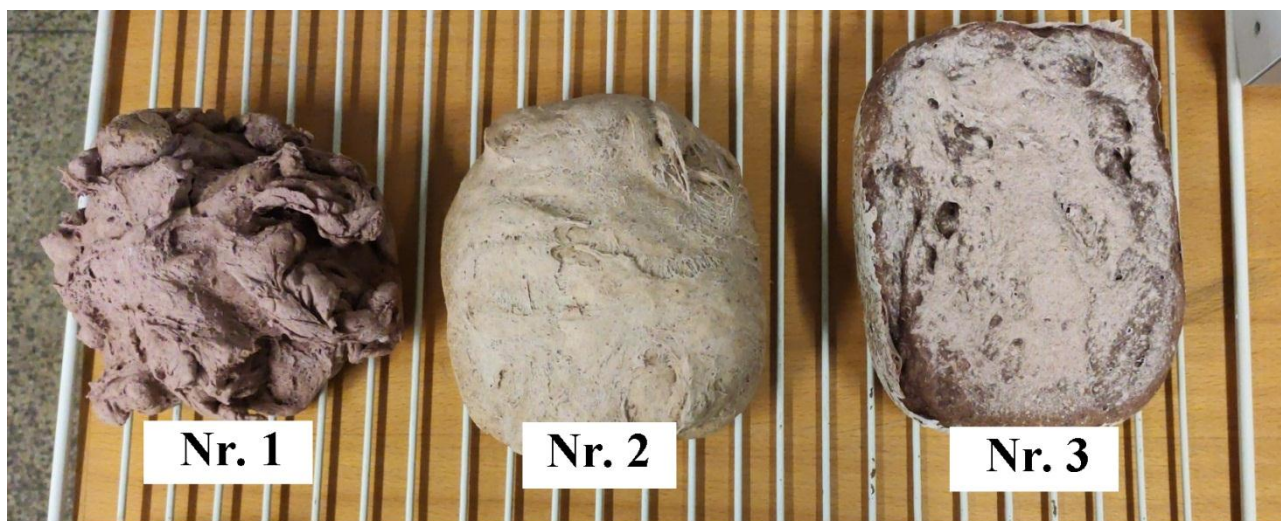
14 pav. Šviežiai iškepta duona su spanguolių išspaudomis

Atlikta trys pakartotiniai kepiniai, tris kartus. Visi duonos kepiniai buvo panašios išvaizdos (nepriimtini tolesniems tyrimams). Kontroliniai kepiniai ir duonos mėginiai su kitomis išspaudomis buvo geros kokybės, tad prieita prie išvados, kad spanguolių išspaudos turi neigiamą įtaką duonos formavimuisi. Siekiant sužinoti kodėl būtent duona su spanguolių išspaudomis buvo blogos

kokybės, atlikti pakartotiniai kepiniai su mažesniu kiekiu druskos, mažesniu kiekiu išspaudų ir didesniu kiekiu vandens (žr. 15 pav.).

Druskos pridėtis sumažina vandens mobilumą tešloje, sustiprina vientisą glitimo tinklo struktūros formavimąsi, taip pagerinant duonos elastingumą bei CO₂ dujų sulaikymą [95, 96]. Sumažinus druskos kiekį duonoje, padidėja išskiriamų CO₂ dujų kiekis duonoje, tačiau dėl silpnesnės gluteno struktūros susidarymo, šios dujos nėra gerai išlaikomos kepinyje. Kartu, susidarę dujų tarpai duonoje būna didesni ir retesni negu duonoje su druska, tad kepinio kokybė yra prastesnė [97]. Įvertinti druskos įtaką duonai, šio priedo kiekis buvo sumažintas nuo 3,79 g iki 2,5 g, stengiantis padidinti vandens mobilumą. Gautas rezultatas nr. 1 (žr. 15 pav.) buvo nepakitęs palyginus su prieš tai gautais nekokybiškais duonos kepalais (žr. 14 pav.).

Spanguolių išspaudų kiekio duonos receptūroje sumažinimas ir vandens kiekio padidinimas iš esmės atlieka tą pačią funkciją, padidina laisvo vandens kiekį tešloje. SI pasižymi didele vandens surišimo geba („*water holding capacity*“) ir ypač didele išspaudose aptinkamų maistinių skaidulų vandens sugėrimo geba („*swelling ability*“) palyginus su kitomis uogų išspaudomis [89]. Galimai dėl šių SI savybių, duona su šia šalutinia žaliava, buvo nekokybiška [89]. Panašūs rezultatai buvo gauti ištyrus obuolių išspaudų įtaką duonai be glitimo [98]. V. Gouv ir kt. (2017) tyrimuose, spanguolių ir obuolių išspaudos turėjo beveik vienodas vandens surišimo ir sugėrimo gebas, tad tai paaiškintų panašius gautų kepinų rezultatus [89]. Sumažinus išspaudų kiekį nuo 5 % iki 2,5 % bendro miltų svorio (nr. 2), duonos kokybė pagerėjo, tačiau nebuvo priimtina vartojimui (žr. 15 pav.). Padidinus vandens kiekį 100 ml, buvo pasieki geriausi rezultatai, tačiau duonos mikštumas buvo lipšnus ir sukritęs, tad duonos mėginiai su spanguolių išspaudomis nebuvo naudoti tolesniuose tyrimuose. Siekiant gauti optimalius galutinio produkto rezultatus, receptūra turėtų būti pritaikyta atsižvelgiant į priedo, šiuo atveju SI, savitarpio santykį su naudotais produktais, kadangi šis ingredientas turi didelę įtaką kepiniai.



15 pav. Duonos su spanguolių išspaudomis bandymai.

3.5. Uogų išspaudų dalelių dydis

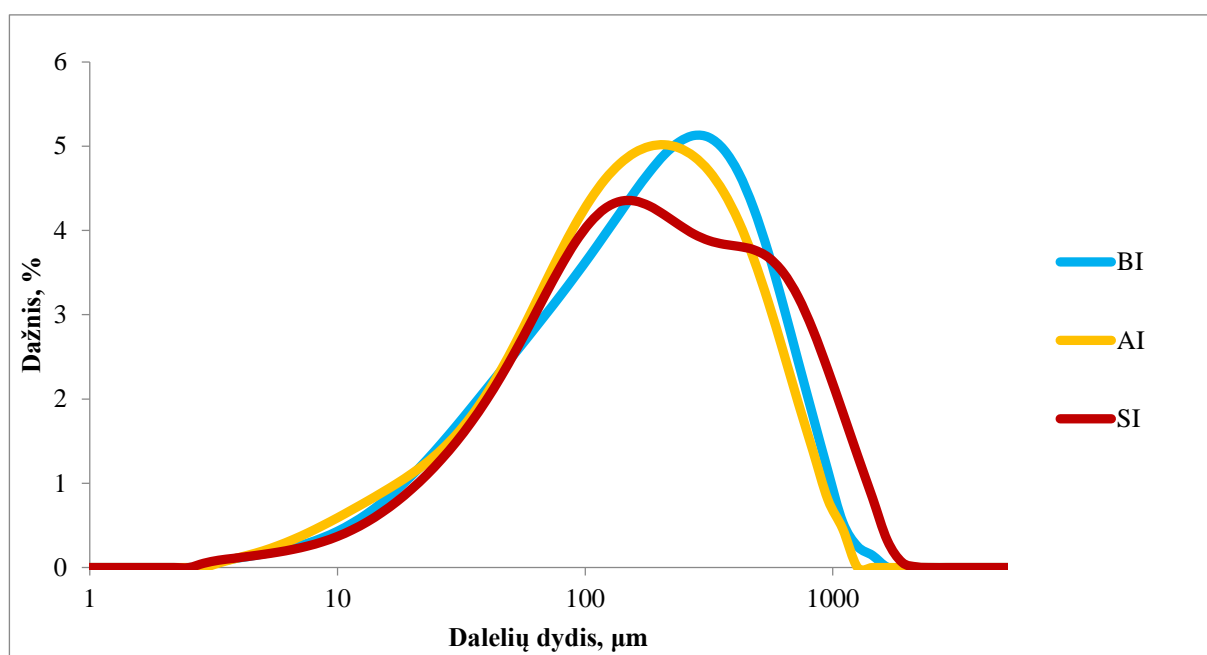
Moksliniai šaltiniai rodo, jog uogų išspaudų malimas, turi įtaką bioaktyvių junginių pasisavinimui organizme bei jų ekstrakcijos efektyvumui dėl didesnio medžiagos paviršiaus ploto [99]. Siekiant

nustatyti tiriamos medžiagos dalelių dydį, atlikti dalelių dydžio matavimai panaudojus distiliuotą vandenį šlapiuoju būdu. Tyrimų rezultatai pateikti 7 lentelėje.

7 lentelė. Uogų išspaudų dalelių dydžio matavimo rezultatai.

Bandiniai	D [4,3]	D [3,2]	d ₁₀	d ₅₀	d ₉₀	Span
Bruknių išspaudos	234,209 ± 13,53	67,28 ± 1,36	29,35 ± 0,42	168,02 ± 2,51	539,96 ± 37,47	3,04 ± 0,17
Aviečių išspaudos	282,27 ± 36,63	70,77 ± 3,41	32,57 ± 1,21	169,12 ± 17,76	708,26 ± 98,93	3,98 ± 0,16
Spanguolių išspaudos	207,34 ± 5,37	61,18 ± 0,50	27,00 ± 0,28	145,57 ± 0,33	482,36 ± 18,82	3,13 ± 0,13

Šie rezultatai gali paaiškinti spanguolių išspaudų įtaką duonai, kadangi minėta medžiaga buvo sudaryta iš mažiausių dalelių. Kartu, remiantis V. Gauv ir kt. (2017) tyrimais, spanguolių išspaudos pasižymėjo didele vandens surišimo ir sugėrimo geba [89]. Kitų tirtų uogų išspaudų dalelės remiantis tūrio, paviršiaus ploto ir skirtingų frakcijų matavimais buvo didesnės, o duonos gamybos metu nepastebėta esminiai neigiamų uogų išspaudų efekto galutiniam produktui. 16 paveiksle grafiškai pavaizduota tirtų mėginių dalelių dydžio pasiskirstymas.



16 pav. Uogų išspaudų dalelių dydžio pasiskirstymas pavaizduotas grafiškai.

3.6. Duonų su nuriebalintomis uogų išspaudomis antioksidacinio aktyvumo įvertinimas

Siekiant nustatyti antioksidacinio aktyvumo potencialą duonos gaminiuose su uogų išspaudomis, atlikti BFJK, ABTS^{•+} ir ORAC tyrimai, QUENCHER metodu. Rezultatai pateikti 8 lentelėje. 5 % miltų pakeitus uogų išspaudomis BFJK nustatymo metu gauti rezultatai padidėjo beveik 5 kartus, palyginus su kontrolinio kepinio rezultatais. Pasikartoja ir BFJK bei antioksidacinio aktyvumo koreliacija minėta 3.3 skyriuje. DA bandinio ORAC tyrimo rezultatai lyginant su DK pakito mažiausiai, galimai dėl to, jog AI nustatytas žemiausias antioksidacinis aktyvumas, palyginus su kitomis uogų išspaudomis. Nors DB ir DA bandinių BFJK buvo vienodas, ABTS^{•+} ir ORAC tyrimų rezultatai rodo, jog didesnis antioksidacinis aktyvumas pasiektas su DB. Tai gali parodyti, jog dėl

skirtingų fenolinių junginių aptinkamų bruknių ir aviečių uogose skiriasi ir jų antioksidacinis aktyvumas.

8 lentelė. Duonų su nuriebalintomis uogų išspaudomis antioksidacinio aktyvumo įvertinimas

Bandiniai	BFJK, mg GRE/g	ABTS•+, mg TE/g	ORAC, mg TE/g
DK	0,17 ± 0,04	3,12 ± 0,19	1,49 ± 0,08
DB	0,95 ± 0,02	13,39 ± 1,57	3,99 ± 0,68
DA	0,95 ± 0,04	12,74 ± 1,08	2,28 ± 0,30

Antioksidantai, tokie kaip polifenoliai, yra jautrūs aukštai temperatūrai, tad galimai dalis jų yra prarandama duonos kepimo metu. Tačiau Y. Lu ir kt. (2014) atlikti tyrimai rodo, jog dėl pastovaus karščio vyksta polifenolinių junginių degradacija ir jie skyla į fenolines rūgštis, palengvinant šių junginių pasisavinimą, o kartu ir padidinant produkto antioksidacinį aktyvumą. Gauti rezultatai parodo, jog antioksidacinis aktyvumas padidėjo dėl uogų išspaudų pridėties, taipogi duonos kepimo procesas galimai pagerino šių junginių pasisavinimą [100].

3.7. Maistinių skaidulų – NDF ir ADF nustatymas duonoje su uogų išspaudomis po SKE-CO₂

Kasdien vartojamas maistas šiuolaikinio žmogaus racione nepasižymi dideliu kiekiu maistinių skaidulų. Nors grūdiniai produktai žmogaus mityboje yra vartojami beveik kasdien, didelė dalis susidaro iš rafinuotų miltų kepinių. Siekiant praturtinti tokius produktus ląsteliena, dažniausiai naudojami pilno grūdo miltai arba įvairios grūdo dalys, pavyzdžiui sėlenos. Tačiau duonos produktai taip pat gali būti praturtinami vaisių skaidulomis, kurios ne tik pasižymi dideliu maistinių skaidulų kiekiu, tačiau ir įvairiais bioaktyviais junginiais naudingais žmogaus organizmui.

9 lentelė. Maistinių skaidulų kiekis duonoje su uogų išspaudomis, % SM.

Bandiniai	ADF %	NDF %
DK	2,45 ± 0,1	2,63 ± 0,15
DB	3,015 ± 0,07	3,72 ± 0,23
DA	4,6 ± 0,05	4,92 ± 0,25

Ištyrus maistinių skaidulų kiekį duonoje su nuriebalintomis uogų išspaudomis, gauti rezultatai parodė, kad didžiausias maistinių skaidulų kiekis nustatytas DA (žr. 9 lentelė). Tai atitinka rezultatus nurodytus 3.2 skyriuje, kadangi AI pasižymėjo didžiausiu ląstelienos kiekiu. Mokslinė literatūra teigia, jog maistinių skaidulų pridėtis duonos gaminiuose turi neigiamą įtaką duonos kokybei, t. y. aktyvumui, dėl suardomos glitimo struktūros bei išspaudų ir kviečių baltymų konkurencijos dėl vandens [72], ką kartu parodo ir gauti rezultatai tiriant DB. Tačiau, tyrimai parodė, jog nors DA nustatytas didžiausias maistinių skaidulų kiekis, AI turėjo mažiausią neigiamą įtaką duonos aktyvumui. Tokie tyrimų rezultatai kartu galimai parodo, jog maistinės skaidulos iš skirtingų šaltinių, pasižymi skirtingomis funkcinėmis savybėmis tirtiems produktams.

3.8. Etanolinio bruknių ekstrakto tyrimai

Etanoliniams bruknių išspaudų ekstraktams gauti pasitelkiant pagreitintą skysčių ekstrakciją (ASE) buvo naudotos bruknių išspaudos nuriebalintos superkritiniu CO₂. Naudojant ASE buvo efektyviai

išgauta funkcionalieji poliniai BI komponentai. Gauta ekstrakto išėiga buvo 54,61 g/100 g sausų išspaudų. Panaši ekstrakto išėiga (59,40 g/100 g SM) naudojant ASE ekstrahuojant BI po nuriebalinimo SKE-CO₂ gauta V. Kitrytės ir kt. (2020) tyrimuose [92].

Antioksidacinio aktyvumo įvertinimui pasitelkta trys metodai – bendram fenolinių junginių kiekio (BFJK) įvertinimui, Folin–Ciocalteu metodas, ABTS^{•+} radikalo katijono sujungimo metodas, deguonies radikalų absorbcijos pajėgumas nustatytas ORAC metodu. Tyrimų rezultatai rodo, jog bruknių ekstrakto nustatytas BFJK buvo $28,44 \pm 0,91$ mg GRE/g ekstrakto. Bruknių ekstrakto antioksidacinio aktyvumo įvertinimo rezultatai siekia $78,39 \pm 3,19$ mg TE/g (ABTS^{•+} metodas) ir $229,38 \pm 19,24$ mg TE/g (ORAC metodas).

Remiantis moksliniais šaltiniais, BFJK tirtoje žaliavoje buvo mažesnis, nei kitų autorių tyrimuose atliktuose su bruknių išspaudomis po SKE-CO₂ [92]. Polifenoliai junginiai yra jautrūs temperatūros pokyčiams, tad optimali ekstrakcijos temperatūra yra ypač svarbi siekiant gauti geros kokybės ekstraktus. Moksliniai tyrimai optimizuojant biologiškai aktyvių junginių iš bruknių išspaudų gavybą, parodė, jog skirtingi ASE ekstrakcijos parametrai (laikas ir temperatūra), turėjo įtaką BFJK, kuris svyravo nuo 27,24 iki 49,46 mg GRE/g SM [92]. Taip pat didelę jog šių junginių kiekiui įtakos turi augimo, vaisiaus brandos, laikymo, uogų perdirbimo sąlygos bei procesai.

3.8.1. Antocianinų ir proantocianidinų kiekio nustatymas bruknių išspaudų ekstrakto

Proantocianidiniai ir antocininiai yra vieni iš svarbiausių biologiškai aktyvių fitochemikalų daugelyje uogų, taip pat ir bruknėse. Proantocianidiniai yra vyraujantys fenoliai junginiai bruknėse, atsakingi už beveik 70 % bendro fenolinių junginių kiekio [15]. Atlikus tyrimus gauti rezultatai parodė, jog bruknių ekstrakto proantocianidinų buvo $220,27 \pm 4,87$ mg/g ekstrakto ($114,55 \pm 2,53$ mg/g SM). Informacijos apie proantocianidinų kiekį bruknių uogų išspaudose nėra daug, kadangi didė dalis tyrimų koncentruojasi į kokybinį šių polifenolinių junginių identifikavimą. Moksliniai tyrimai kurie nustatinėjo šių junginių kiekį rodo, jog bruknėse nustatoma 159 mg/g bruknių ekstrakto [92].

Antocianiniai – augalų pigmentai atsakingi už raudoną bei mėlyną spalvas. Antocianinų kiekis nustatytas bruknių ekstrakto buvo $119,79 \pm 13,11$ mg/100 g ekstrakto ($65,42 \pm 7,16$ mg/100 g SM). Mokslinėje literatūroje randama duomenų, jog antocianinų kiekis bruknėse buvo 231–334 mg/100 g SM [91, 101]. Svarbu paminėti, jog antocianiniai yra termolabilūs, t. y. sparčiai skyla aukštoje temperatūroje [1]. Galimai dėl ekstrakcijos parametrų, dalis antocianinų degradavo, taip sumažinant nustatytą šių junginių kiekį.

3.8.2. Vandens aktyvumo matavimai bruknių išspaudų ekstrakto

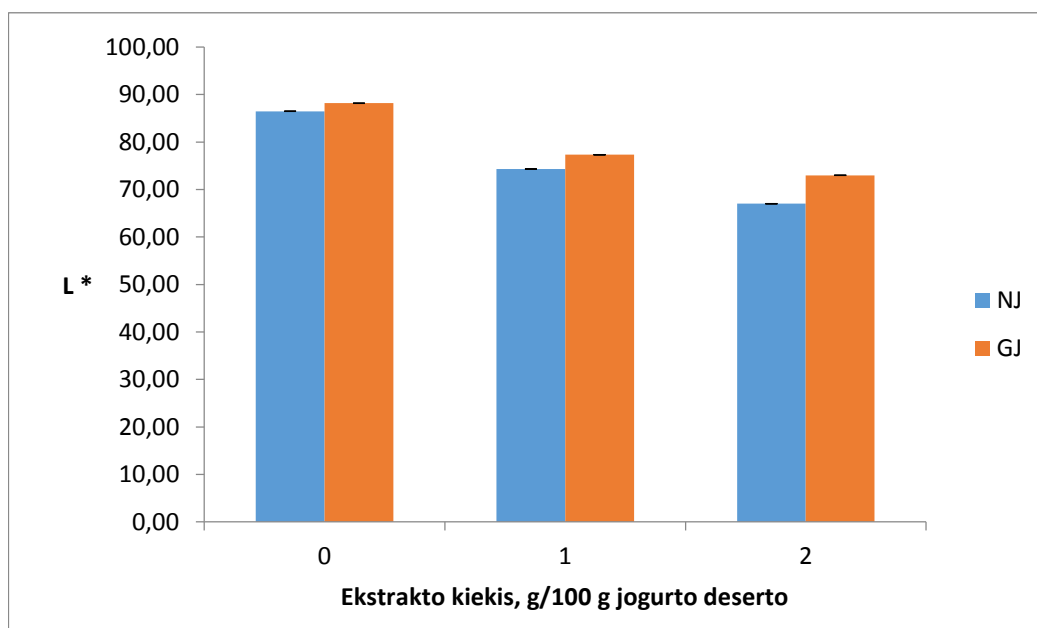
Siekiant užtikrinti, jog gautas ekstraktas yra tinkamas naudojimui kaip ingredientas maisto produktuose, svarbu įsitikinti, kad tai nebūtų mikrobiologinės taršos šaltinis. Vandens aktyvumas (a_w) tai svarbus parametras pagal kurį galima spręsti ne tik apie mikrobu augimo ar produkto gedimo greitį, bet ir chemines bei fermentines reakcijas vykstančias jame [102]. Etanoliniame bruknių išspaudų ekstrakto nustatytas vandens aktyvumas buvo 0,406 a_w . Gautas rezultatas parodo, jog išvengiama mikroorganizmų dauginimasis, kadangi reikalingas apie 0,6 a_w tokiems procesams vykti [102].

3.8.3. Bruknių išspaudų ekstrakto spalvos matavimai

Siekiant įvertinti bruknių išspaudų ekstrakto spalvą, nustatytos L^* , a^* ir b^* spalvos koordinatės. Rezultatai parodė, jog L^* (šviesumo) vertė buvo 22,53; a^* (raudonos ir žalios spalvos santykis) – 2,76; b^* (geltonos ir mėlynos spalvos santykis) – 1,14. Visuoliai bruknių ekstraktas buvo tamsiai raudonos spalvos. Bruknių uogose už jų spalvą atsakingi pigmentai – antocianinai [17], yra poliniuose tirpaluose tirpūs junginiai, tad tai galimai paaiškina ekstrakto spalvą.

3.8.4. Bruknių išspaudų ekstrakto įtaka jogurto deserto spalvai įvertinimas

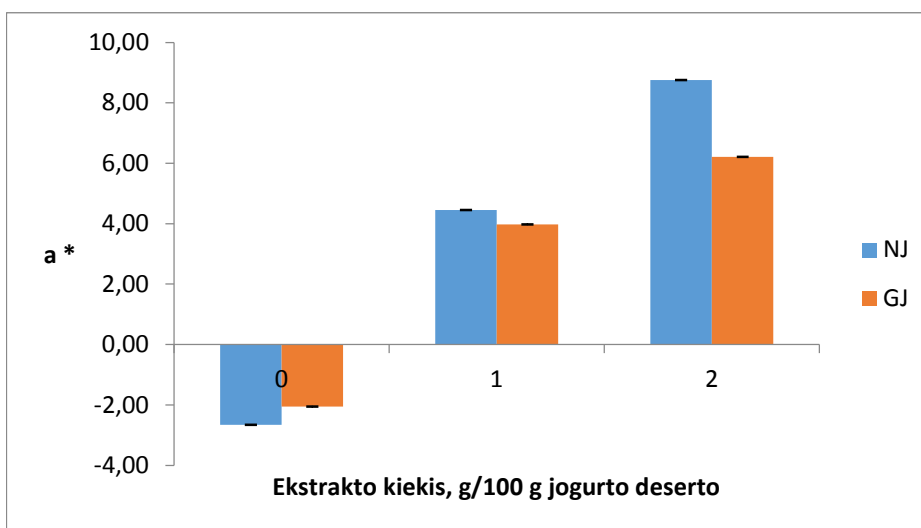
Spalva yra ypač svarbus faktorius maisto produktuose, turintis tiesioginę įtaką vartotojų pasirinkimui. Tokiuose produktuose kaip jogurtas, spalva iš dalies nusako produkto skonį, t. y. spalvos ryškumas tiesiogiai asocijuojamas su skonio intensyvumu [103]. Įvairūs natūralūs dažikliai yra naudojami kaip priedas siekiant pagerinti šia juslinę savybę. Toks produktai kaip bruknių išspaudų ekstraktas pasižymi tamsiai raudona spalva dėl bruknėse vyraujančio antocianino – cianidin-3-O-galaktozido [17]. Šis funkcinis priedas ne tik praturtintų maisto produktą antioksidaciniu aktyvumu pasižyminčiais polifenoliniais junginiais ir suteiktų uogų skonį bei aromatą, tačiau ir pakeistų jo spalvą. Atlikti CIEL*a*b* spalvos koordinatinių matavimai jogurto desertuose su skirtingais kiekiais bruknių išspaudų ekstrakto parodė, jog didėjant ekstrakto kiekiui jogurto deserte, spalva intensyvėja. Kartu, siekiant iširti riebalių įtaką spalvos intensyvumui, buvo naudoti skirtingi jogurto tipai (žr. 17 pav.).



17 pav. Ekstrakto kiekio poveikis jogurto desertų L^* šviesumo koordinatei, naudojant skirtingus jogurto tipus, kai NJ – natūralus jogurtas, GJ – graikiškas jogurtas.

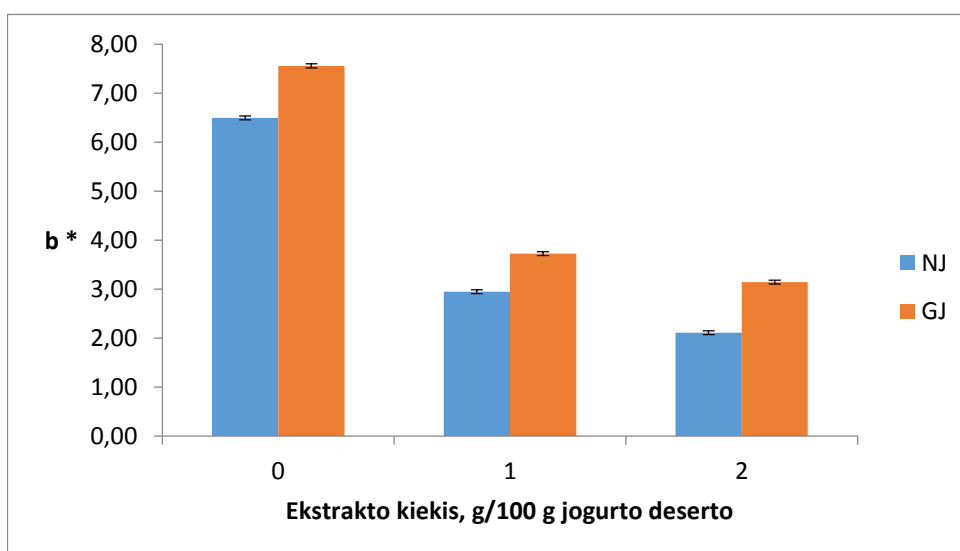
Palyginus jogurto tipus (natūralų ir graikišką) bei skirtingų bruknių ekstrakto kiekių daromą įtaką L^* (šviesumo) koordinatėms, matoma, jog padidinus ekstrakto kiekį L^* vertė sumažėja, t. y. jogurtas patamsėja. Dėl tamsios ekstrakto spalvos tokia L^* vertės mažėjimo tendencija buvo tikėtina. Taip pat pastebima, jog graikiškas jogurtas buvo šviesesnis negu natūralus jogurtas, galimai dėl didesnio sausųjų medžiagų bei riebalų kiekio sudarytame gelyje, geriau atspindint šviesą. C. Kalvo ir kt. (2001) tyrimuose su jogurto spalvos priklausomybe nuo dažiklio koncentracijos, gauti duomenys

parodė, jog vartotojai teikė pirmenybę jogurtams, kurių spalva buvo ryškesnė [92]. Gauti rezultatai parodė, jog jogurto desertas su natūraliu jogurtu buvo tamsesnės spalvos visais tirtais atvejais.



18 pav. Ekstrakto kiekio poveikis jogurto desertų a^* koordinatei, naudojant skirtingus jogurto tipus, kai NJ – natūralus jogurtas, GJ – graikiškas jogurtas.

Ištyrus a^* vertės priklausomybę nuo ekstrakto kiekio, gauti rezultatai parodė, jog didinant ekstrakto kiekį, a^* vertė iš neigiamos $a^* < 0$ kito į teigiamą $a^* > 0$ (žr. 18 pav.). Mažiausia a^* vertė buvo nustatyta kontroliniame bandinyje NJ, didžiausia, NJ su 2 g bruknių ekstrakto. Lyginant kontrolinį NJ 0 bandinį (-2,66) ir NJ 2 (8,75), a^* vertė padidėjo 11,41 balo, tuo tarpu GJ 0 (-2,06) ir GJ 2 (6,22) a^* vertė pakito tik 8,28 balo. Abiejuose jogurto tipuose matoma, jog bruknių ekstraktas pakeičia spalvą, suteikiant produktui rausvą atspalvį. Mokslinėje literatūroje teigiama, jog raudonos spalvos inensyvumas turi įtakos saldaus skonio pojūčiui produktuose su raudonais vaisiais [104]. Produkte praturtintame tokiu funkciniu priedu kaip bruknių išspaudų ekstraktas, naudojamo cukraus kiekis galėtų būti mažesnis, galimai pasiekiant norimą saldaus skonio rezultatą.



19 pav. Ekstrakto kiekio poveikis jogurto desertų b^* spalvų koordinatei, naudojant skirtingus jogurto tipus, kai NJ – natūralus jogurtas, GJ – graikiškas jogurtas.

Ištyrus bruknių ekstrakto daromą įtaką b^* (geltonumo) vertei, gauti rezultatai parodė, jog didinant ekstrakto koncentraciją, b^* vertė mažėja (žr. 19 pav.). Geltoniausi bandiniai buvo GJ ir NJ be bruknių ekstrakto priedo. NJ su 1 g ekstrakto priedo b^* vertė (2,95) buvo mažesnė negu GJ su 2 g ekstrakto priedo (3,14), galimai dėl labiau koncentruoto gelio GJ.

Rezultatai rodo, jog ryškesnė jogurto deserto spalva buvo gauta naudojant NJ. Tai kartu parodo ir gauti rezultatai apskaičiavus ΔE^*_{ab} . NJ 1 jogurto spalvos skirtumas lyginant su NJ 0 buvo 13,95, o NJ 2 – 22,49, tuo tarpu palyginus GJ 0 su GJ 1 – 12,36 ir GJ 2 – 17,13.

3.8.5. Bruknių ekstrakto įtaka jogurto deserto pH

Siekiant ištirti bruknių ekstrakto įtaką jogurto deserto pH, buvo išmatuota ekstrakto pH. Gauti rezultatai parodė, jog ekstrakto pH buvo 2,53. Dėl žemo ekstrakto pH, buvo tikėtina, jog ekstrakto pridėtis taipogi sumažins jogurto deserto pH. Stengiantis išvengti mikrobiologinio gedimo, produkto pasižymintio žemu pH pridėtis sudarytų nepalankias sąlygas mikroorganizmų dauginimuisi. Gauti rezultatai tiriant bruknių ekstrakto įtaką jogurto deserto pH pokyčiui parodė, jog NJ deserte 2 g ekstrakto pridėtis sumažina pH nuo 5,35 iki 4,63, tuo tarpu GJ 2 g ekstrakto pridėtis sumažina pH nuo 5,53 iki 5,11 (žr. 10 lentelėje).

10 lentelė. pH priklausomybė jogurto deserte su skirtingais kiekiais bruknių išspaudų ekstrakto, kai NJ – natūralus jogurtas, GJ – graikiškas jogurtas

Ektrakto kiekis, g	NJ	GJ
0	5,35 ± 0,03	5,53 ± 0,02
1	4,95 ± 0,01	5,34 ± 0,03
2	4,63 ± 0,02	5,11 ± 0,01

3.8.6. Jogurto deserto su bruknių išspaudų ekstraktu tekstūros tyrimai

Jogurto deserto su bruknių ekstraktu tekstūros tyrimo metu, gauti keturi gelio parametrų duomenys: gelio tvirtumas (*gel strenght*) (g), plyšio jėga (*rupture strenght*) (g), tamprumas (*brittleness*) (mm) ir lipnumas (*adhesiveness*) (g s). Gauti rezultatai patekti 11 lentelėje.

11 lentelė. Jogurto deserto su bruknių išspaudų ekstraktu tekstūros matavimo rezultatai

Bandiniai	Gelio tvirtumas, g	Plyšio jėga, g	Tamprumas, mm	Lipnumas, g/s
NJ 0	58,47	230,53	10,91	-41,69
NJ 1	77,74	213,65	8,87	-46,49
NJ 2	78,78	181,02	6,12	-47,08
GJ 0	80,95	265,92	11,08	-71,32
GJ 1	103,43	223,88	6,99	-73,25
GJ 2	101,86	222,01	6,27	-82,6

Tyrimo rezultatai parodė, jog ekstrakto pridėtis sumažina plyšio jėgą, t. y. jėgą reikalingą pažeisti geliui. Gelio tvirtumo rezultatai rodo, jog NJ bandiniuose ekstrakto pridėtis pagerino gelio tvirtumą. Graikiško jogurto bandiniuose, naudojant 1 g ekstrakto gaunami geriausi tvirtumo rezultatai, tuo tarpu naudojant 2 g bruknių ekstrakto, nustatytas gelio tvirtumo buvo mažėjimas. lyginant su kontroliniu bandiniu ekstrakto pridėtis pagerina gelio tvirtumą.

Tamprumas nusako atstumą (mm) iki gelio plyšio momento. Atsižvelgiant į tai jog ekstrakto pridėtis sumažino reikalingą jėgą pažeisti jogurto deserto gelį, tai kartu nurodo ir tamprumo matavimo duomenys. Didžiausias jogurto deserto tamprumas nustatytas bandiniuose be ekstrakto.

Lipnumas nusako jėgą reikalingą matavimo disko ištraukimui iš bandinio, t. y. kuo mažesnis gautas rezultatas, tuo bandinys yra lipnesnis. Rezultatai parodė, jog ekstrakto pridėtis padidino jogurto deserto lipnumą visuose bandiniuose, tačiau lyginant GJ 0 su GJ 2 buvo pastebėtas didžiausias lipnumo padidėjimas.

IŠVADOS

1. Nustatyta, kad nuriebalintos uogų išspaudos yra neblogas baltymų šaltinis. Baltymai užėmė 8,46 % bruknių, 7,51 % aviečių, 11,79 % spanguolių išspaudose. Išspaudose taip pat yra nemažai mineralinių medžiagų; bruknių – 1,42 %, aviečių – 2,11 ir spanguolių – 1,21 % išspaudose.
2. Uogų išspaudos yra geras maistinių skaidulų šaltinis, tačiau jų kiekis išspaudose smarkiai svyruoja priklausomai nuo uogos, bruknių išspaudose – 30,02 %, spanguolių išspaudose – 38,32 %, aviečių išspaudose – 52,50 %.
3. Įvertinus tirtų uogų išspaudų antioksidacinį aktyvumą nustatyta, jog uogų išspaudos pasižymi stipriu antioksidaciniu poveikiu. Bruknių išspaudose nustatytas didžiausias antioksidacinis aktyvumas – ABTS^{•+} metodu nustatyta 227,97 mg TE/g, ORAC – 79,08 mg TE/g. Aviečių išspaudose – 106,69 mg TE/g (ABTS) ir 32,36 mg TE/g (ORAC). Spanguolių išspaudose 178,64 mg TE/g (ABTS) ir 63,74 mg TE/g (ORAC). Daugiausia fenolinių junginių (BFJK) buvo nustatyta bruknių išspaudose (28,45 mg GRE/g), kartu tai paaiškintų didžiausią antioksidacinį aktyvumą nustatytą bruknių išspaudose.
4. Uogų išspaudos pakeičia duonos reologines savybes. Aviečių išspaudos pagerino duonos aktyvumą, tuo tarpu bruknių išspaudos duonos aktyvumą sumažino. Uogų išspaudų pridėtis penkis kartus padidina fenolinių junginių kiekį, kartu padidinant antioksidacinį aktyvumą lyginant su kontroliniu kepinio. Taip pat uogų išspaudų pridėtis padidina maistinių skaidulų kiekį duonoje. Pastebėta neigiama įtaka duonai naudojant spanguolių išspaudas, lemianti nepriimtina gaminį. To priežastis – maistinių skaidulų aptinkamų spanguolių išspaudose reologinės savybės.
5. Bruknių išspaudų ekstraktas yra geras antioksidaciniu aktyvumu pasižyminčių junginių šaltinis. Nustačius antioksidacinį aktyvumą nustatyta, kad aktyvumas ABTS^{•+} metodu buvo 78,39 mg TE/g ekstrakto, ORAC metodu - 229,38 mg TE/g ekstrakto, o BFJK buvo 28,44 mg GRE/g ekstrakto. Nustatytas žemas pH (2,49) ir vandens aktyvumas (a_w – 0,406) parodė, jog šis ekstraktas slopina maisto produkto gedimo procesus
6. Sukūrus jogurto desertą su bruknių ekstraktu, nustatyta, jog bruknių ekstraktas daro įtaką spalvai (jogurto desertas patamsėja ir įgauna rausvą atspalvį), mažina pH ir sustiprina sudaryto gelio struktūrą, tačiau prarandamas gelio elastingumas.

PADĖKA

Nuoširdžiai dėkoju magistro baigiamojo darbo vadovui Prof. dr. Petrui Rimantui Venskutoniui už darbo temos idėją, palaikymą bei mokslines konsultacijas tyrimų vykdymo ir darbo rengimo metu, Prof. Jose Angel Perez-Alvarez ir Juana Fernández-López bei visiems Ispanijos Miguel Hernandez universiteto darbuotojams už svetingumą, patarimus ir galimybę įgyvendinti idėjas.

Norėčiau padėkoti KTU Cheminės technologijos fakulteto darbuotojams: mokslo darbuotojoms Ritai Kazernavičiūtei ir Ramutei Maždžierienei, doktorantei Laurai Tamkutei už pagalbą atliekant tyrimus.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. KHANAL, R.C., HOWARD, L.R., and PRIOR, R.L. Effect of heating on the stability of grape and blueberry pomace procyanidins and total anthocyanins. *Food Research International*, 2010, 43 (5), pp. 1464–1469. ISSN 0963-9969.
2. HILZ, H., BAKX, E. J., SCHOLS, H. A., and VORAGEN, A. G. J. Cell wall polysaccharides in black currants and bilberries—characterisation in berries, juice, and press cake. *Carbohydrate Polymers*, 2005, 59(4), pp. 477–488. ISSN 0144-8617.
3. HELBIG, D., BÖHM, V., WAGNER, A.J., SCHUBERT, R., and JAHREIS, G. Berry seed press residues and their valuable ingredients with special regard to black currant seed press residues. *Food Chemistry*, 2008, 111(4), pp. 1043–1049. ISSN 0308-8146.
4. GÓRECKA, D., PACHOLEK, B., DZIEDZIC, K., and GÓRECKA, M. Raspberry pomace as a potential fiber source for cookies enrichment. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 2010, 9(4), pp. 451–462. ISSN : 1898-9594.
5. RAVENTÓS, M., DUARTE, S., and ALARCÓN, R. Application and Possibilities of Supercritical CO₂ Extraction in Food Processing Industry: An Overview. *Food Science and Technology International*, 2002, 8(5), pp. 269–284. ISSN 1082-0132.
6. HASHIM, I.B., KHALIL, A.H., H.S.AFIFI. Quality characteristics and consumer acceptance of yogurt fortified with date fiber. *Journal of Dairy Science*, 2009, 92, pp. 5403 – 5407. ISSN 0022-0302.
7. VOGL, S., PICKER, P., MIHALY-BISON, J., FAKHRUDIN, N., ATANASOV, A. G., HEISS, E. H., WAWROSCHEK, C., REZNICEK, G., DIRSCH, V. M., SAUKEL, J. and KOPP, B. Ethnopharmacological *in vitro* studies on Austria's folk medicine – An unexplored lore *in vitro* anti-inflammatory activities of 71 Austrian traditional herbal drugs. *Journal of Ethnopharmacology*, 2013, 149(3), pp. 750–771. ISSN 0378-8741.
8. PENHALLEGON, R. Lingonberry production guide for the Pacific Northwest. Oregon State University extension bulletin number PNW 583-E, Oregon State University, Corvallis, OR, 2006.
9. VILKICKYTE, G., RAUDONIS, R., MOTIEKAITYTE, V., VAINORIENE, R., BURDULIS, D., VISKELIS, J., and RAUDONE, L. Composition of sugars in wild and cultivated lingonberries (*Vaccinium vitis-idaea* L.). *Molecules*, 2019, 24(23), pp. 1–15. ISSN 1420-3049.
10. VILJANEN, K., HEINIÖ, R. L., JUVONEN, R., KÖSSÖ, T., and PUUPPONEN-PIMIÄ, R. Relation of sensory perception with chemical composition of bioprocessed lingonberry. *Food Chemistry*, 2014, 157, pp. 148–156. ISSN 0308-8146.
11. TÖRRÖNEN, R., KOLEHMAINEN, M., SARKKINEN, E., MYKKÄNEN, H., and NISKANEN, L. Postprandial glucose, insulin, and free fatty acid responses to sucrose consumed with blackcurrants and lingonberries in healthy women. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2012, 96(3), pp. 527–533. ISSN 1938-3207.
12. WANG, S. Y., FENG, R., BOWMAN, L., PENHALLEGON, R., DING, M., and LU, Y. Antioxidant Activity in Lingonberries (*Vaccinium vitis-idaea* L.) and Its Inhibitory Effect on Activator Protein-1, Nuclear Factor- κ B, and Mitogen-Activated Protein Kinases Activation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2005, 53(8), pp. 3156–3166. ISSN 1520-5118.

13. FOLEY, S. L. and DEBNATH, S. C. Influence of *in vitro* and *ex vitro* propagation on anthocyanin content and anti-oxidant activity of lingonberries. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 2007, 82(1), pp. 114–118. ISSN 2380-4084.
14. ISAAK, C. K., PETKAU, J. C., O, K., DEBNATH, S. C., and SIOW, Y. L. Manitoba Lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea*) Bioactivities in ischemia-reperfusion injury. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2015, 63, pp. 5660–5669. ISSN 1520-5118.
15. KYLLI, P., NOHYNEK, L., PUUPPONEN-PIMIÄ, R., WESTERLUND-WIKSTRÖM, B., LEPPÄNEN, T., WELLING, J., MOILANEN, E., and HEINONEN, M. Lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea*) and European Cranberry (*Vaccinium microcarpon*) Proanthocyanidins: Isolation, Identification, and Bioactivities. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2011, 59(7), pp. 3373–3384. ISSN 1520-5118.
16. RAUF, A., IMRAN, M., ABU-IZNEID, T., IAHTISHAM-UL-HAQ, PATEL, S., PAN, X., NAZ, S., SANCHES SILVA, A., SAEED, F., and RASUL SULERIA, H. A. Proanthocyanidins: A comprehensive review. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 2019, 116, 108999. ISSN 0753-3322.
17. ANDERSEN, Ø. M. Chromatographic Separation of Anthocyanins in Cowberry (Lingonberry) *Vaccinium vitis-idaea* L. *Journal of Food Science*, 1985, 50(5), pp. 1230–1232. ISSN 1750-3841.
18. FAN, Z.-L., WANG, Z.-Y., ZUO, L.-L. and TIAN, S.-Q. Protective Effect of Anthocyanins from Lingonberry on Radiation-induced Damages. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2012, 9(12), pp. 4732–4743. ISSN 1660-4601.
19. BURTON-FREEMAN, B. M., SANDHU, A. K., and EDIRISINGHE, I. Red Raspberries and Their Bioactive Polyphenols: Cardiometabolic and Neuronal Health Links. *Advances in Nutrition*, 2016, 7(1), pp. 44–65. ISSN 2161-8313.
20. LEE, J. Further research on the biological activities and the safety of raspberry ketone is needed. *NFS Journal*, 2016, 2, pp. 15–16. ISSN 2352-3646.
21. HALVORSEN, B. L., HOLTE, K., MYHRSTAD, M. C., BARIKMO, I., HVATTUM, E., REMBERG, S. F., WOLD, A. B., HAFFNER, K., BAUGERØD, H., ANDERSEN, L. F., MOSKAUG, Ø., JACOBS, D. R., JR, and BLOMHOFF, R. A Systematic Screening of Total Antioxidants in Dietary Plants. In *The Journal of Nutrition*, 2002, 132(3), pp. 461–471. ISSN 1541-6100.
22. BEEKWILDER, J., JONKER, H., MEESTERS, P., HALL, R. D., VAN DER MEER, I. M. and C. H. RIC DE VOS. Antioxidants in Raspberry: On-Line Analysis Links Antioxidant Activity to a Diversity of Individual Metabolites, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2005, 53(9), 3313–3320. ISSN 0021-8561.
23. FOTSCHKI, B., JUŚKIEWICZ, J., JURGOŃSKI, A., KOSMALA, M., MILALA, J., ZDUŃCZYK, Z. and MARKOWSKI, J. Grinding levels of raspberry pomace affect intestinal microbial activity, lipid and glucose metabolism in Wistar rats. *Food Research International*, 2019, 120, pp. 399–406. ISSN 0963-9969.
24. VELIĆANSKI, A. S., CVETKOVIĆ, D.D. and MARKOV, S. L. Screening of antibacterial activity of raspberry (*Rubus idaeus* L.) fruit and pomace extracts. *APTEFF*, 2012, 43, pp. 305–313. ISSN 1450-7188.
25. GONZÁLEZ-BARRIO, R., BORGES, G., MULLEN, W. and CROZIER, A. . Bioavailability of Anthocyanins and Ellagitannins Following Consumption of Raspberries by Healthy Humans

- and Subjects with an Ileostomy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2010, 58(7), pp. 3933–3939. ISSN 1520-5118.
26. WHITE, B. L., HOWARD, L. R. and PRIOR, R. L.. Polyphenolic Composition and Antioxidant Capacity of Extruded Cranberry Pomace. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2010, 58(7), pp. 4037–4042. ISSN 1520-5118.
 27. McKAY, D.L. and BLUMBERG, J.B. Cranberries (*Vaccinium macrocarpon*) and Cardiovascular Disease Risk Factors. *Nutrition reviews*, 2007, 65(11), pp. 490–502. ISSN 1753-4887.
 28. KHOMYCH, G. et al. Study of the composition of cranberry and the use of berries in food technology. *Eastern–European Journal of Enterprise Technologies*. 2017, pp. 59–65.
 29. SKROVANKOVA, S., SUMCZYNSKI, D., MLCEK, J., JURIKOVA, T., and SOCHOR, J. Bioactive Compounds and Antioxidant Activity in Different Types of Berries. *International Journal of Molecular Sciences*, 2015, 16(10), pp. 24673–24706. ISSN 1422-0067.
 30. BILYK, A. and SAPERS, G.M. Varietal Differences in the Quercetin, Kaempferol, and Myricetin Contents of Highbush Blueberry, Cranberry, and Thornless Blackberry Fruits. *Journal of Chemistry*, 1986, 34, pp. 1983–1986. ISSN 1520-5118.
 31. TUNÓN, H., OLAVSDOTTER, C., and BOHLIN, L. Evaluation of anti-inflammatory activity of some Swedish medicinal plants. Inhibition of prostaglandin biosynthesis and PAF-induced exocytosis. *Journal of Ethnopharmacology*, 1995, 48(2), pp. 61–76. ISSN 1872-7573.
 32. KHAN, F., NIAZ, K., MAQBOOL, F., ISMAIL HASSAN, F., ABDOLLAHI, M., NAGULAPALLI VENKATA, K. C., NABAVI, S. M., and BISHAYEE, A. Molecular Targets Underlying the Anticancer Effects of Quercetin: An Update. *Nutrients*, 2016, 8(9), pp. 529. ISSN 2072-6643.
 33. WANG, Y., CATANA, F., YANG, Y., RODERICK, R. and R. B. VAN BREEMEN. An LC–MS Method for Analyzing Total Resveratrol in Grape Juice, Cranberry Juice, and in Wine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2002, 50(3), pp. 431–435. ISSN 0021-8561.
 34. GIROTTO, F., ALIBARDI, L., and COSSU, R.. Food waste generation and industrial uses: A review. *Waste Management*, 2015. 45, pp. 32–41. ISSN 0956-053X.
 35. RAVINDRAN, R. and JAISWAL, A. K. Exploitation of Food Industry Waste for High–Value Products. *Trends in Biotechnology*, 2016, 34(1), pp. 58–69. ISSN 0167-7799.
 36. SÓJKA, M., KOŁODZIEJCZYK, K., and MILALA, J. Polyphenolic and basic chemical composition of black chokeberry industrial by–products. *Industrial Crops and Products*, 2013, 51, pp. 77–86. ISSN 0926-6690.
 37. ROHM, H., BRENNAN, C., TURNER, C., GÜNTHER, E., CAMPBELL, G., HERNANDO, I., STRUCK, S., and KONTOGIORGOS, V. Adding Value to Fruit Processing Waste: Innovative Ways to Incorporate Fibers from Berry Pomace in Baked and Extruded Cereal–based Foods—A SUSFOOD Project. *Foods*, 2015, 4(4), pp. 690–697. ISSN 2304-8158.
 38. SKREDE, G., WROLSTAD, R. E., and DURST, R. W. Changes in Anthocyanins and Polyphenolics During Juice Processing of Highbush Blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). *Journal of Food Science*, 2000, 65(2), pp. 357–364. ISSN 1750-3841.
 39. WHITE, B. L., HOWARD, L. R., and PRIOR, R. L. Impact of Different Stages of Juice Processing on the Anthocyanin, Flavonol, and Procyanidin Contents of Cranberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2011, 59(9), pp. 4692–4698. ISSN 1520-5118.

40. REQUE, P. M. et al. Characterization of blueberry fruits (*Vaccinium* spp.) and derived products. *Food Science and Technology*, 2014, 34(4), pp. 773–779. ISSN 1678-457X.
41. NAWIRSKA, A. and KWAŚNIEWSKA, M. Dietary fibre fractions from fruit and vegetable processing waste. *Food Chemistry*, 2005, 91(2), pp. 221–225. ISSN 0308-8146.
42. DOBSON, G., SHRESTHA, M., HILZ, H., KARJALAINEN, R., MCDOUGALL, G. AND STEWART, D. Lipophilic components in black currant seed and pomace extracts. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 2012, 114(5), pp. 575–582. ISSN 1438-9312.
43. KOSMALA, M., KOŁODZIEJCZYK, K., MARKOWSKI, J., MIESZCZAKOWSKA, M., GINIES, C., and RENARD, C. M.G.C. Co-products of black-currant and apple juice production: Hydration properties and polysaccharide composition. *Food Science and Technology*, 2010, 43(1), pp. 173–180. ISSN 2331-5156.
44. RUBINSKIENĖ, M., JASUTIENĖ, I., VENSKUTONIS, P. R., and VIŠKELIS, P. HPLC Determination of the Composition and Stability of Blackcurrant Anthocyanins. *Journal of Chromatographic Science*, 2005, 43(9), pp. 478–482. ISSN 1945-239X.
45. SÓJKA, M., KLIMCZAK, E., MACIERZYŃSKI, J., and KOŁODZIEJCZYK, K. Nutrient and polyphenolic composition of industrial strawberry press cake. *European Food Research and Technology*, 2013, 237(6), pp. 995–1007. ISSN 1438-2377.
46. HORSZWALD, A., JULIEN, H., and ANDLAUER, W. Characterisation of Aronia powders obtained by different drying processes. *Food Chemistry*, 2013, 141(3), pp. 2858–2863. ISSN 0308-8146.
47. MOTEVALI, A., MINAEI, S., and KHOSHTAGAZA, M. H. Evaluation of energy consumption in different drying methods. *Energy Conversion and Management*, 2011, 52(2), pp. 1192–1199. ISSN 0196-8904.
48. MAYER–MIEBACH, E., ADAMIUK, M., and BEHSNILIAN, D. Stability of Chokeberry Bioactive Polyphenols during Juice Processing and Stabilization of a Polyphenol–Rich Material from the By–Product. *Agriculture*, 2012, 2(3), pp. 244–258. ISSN 2077-0472.
49. WAWER, I., WOLNIAK, M., and PARADOWSKA, K. Solid state NMR study of dietary fiber powders from aronia, bilberry, black currant and apple. *Solid State Nuclear Magnetic Resonance*, 2006, 30(2), pp. 106–113. ISSN 0926-2040.
50. BOBER, B. and OSZMIAŃSKI O. Zastosowanie wytlóków aronii do naparów herbat owocowyc. *Acta Scientiarum Polonorum. Technologia Alimentaria*, 2004, 3 (1) pp. 63–72. ISSN 1644-0730.
51. RINCÓN–LEÓN, F. Functional foods. In: CABALLERO, B., FINGLAS, P. and TOLDRA F. eds. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition)*. Academic Press, 2003, pp. 2827–2832. ISBN 9780080917917.
52. BAGCHI, D. Nutraceuticals and functional foods regulations in the United States and around the world. *Toxicology*, 2006, 221(1), pp. 1–3. ISSN 0300-483X.
53. MARTIROSYAN, D. M. and SINGH, J. A new definition of functional food by FFC: what makes a new definition unique? *Functional Foods in Health and Disease*, 2015, 5(6), pp. 209–223. ISSN 2160-3855.
54. WIJNGAARD, H.H., HOSSAIN, M.B., RAI, D.K. and BRUNTON, N. Techniques to extract bioactive compounds from food by-products of plant origin. *Food Research International*, 2012, 46, pp. 505–513. ISSN 0963-9969.

55. ŠAČKUS, A., ROUSSEAU J. ir ROUSSEAU C. *Žalioji chemija*. Kaunas: Vitae Litera, 2007. ISBN 978-9955-686-49-1.
56. LANG, Q. and WAI. C. M. Supercritical fluid extraction in herbal and natural product studies â a practical review. *Talanta*, 2001, 53(4), pp. 771–782. ISSN 0039-9140.
57. WANG, L. and WELLER, C. L. Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. *Trends in Food Science and Technology*, 2006, 17(6), pp. 300–312. ISSN 0924-2244.
58. FONTANA, A.R., ANTONIOLLI, A. and BOTTINI, R. Grape pomace as a sustainable source of bioactive compounds: Extraction, characterization, and biotechnological applications of phenolics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2013, 61(38), pp. 8987–9003. ISSN 1520-5118.
59. PANDEY, K. B., and RIZVI, S. I. Plant Polyphenols as Dietary Antioxidants in Human Health and Disease. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2009, 2(5), pp. 270–278. ISSN 1942-0900.
60. SPENCER, J. P., ABD EL MOHSEN, M. M., MINIHANE, A. M., and MATHERS, J. C. Biomarkers of the intake of dietary polyphenols: strengths, limitations and application in nutrition research. *British Journal of Nutrition*, 2008, 99(1), pp. 12–22. ISSN 1475-2662.
61. MANACH, C., SCALBERT, A., MORAND, C., RÉMÉSY, C., and JIMÉNEZ, L. Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2004, 79(5), pp. 727–747. ISSN 0002-9165.
62. DURÁČKOVA, Ž. Some current insights into oxidative stress. *Physiological Research*, 2010, 59, 4, pp. 459–469. ISSN 1802-9973.
63. HEIM, K. E., TAGLIAFERRO, A. R., and BOBILYA, D. J. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure–activity relationships. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 2002, 13(10), pp. 572–584. ISSN 0955-2863.
64. PIZZINO, G., IRRERA, N., CUCINOTTA, M., PALLIO, G., MANNINO, F., ARCORACI, V., SQUADRITO, F., ALTAVILLA, D., and BITTO, A. Oxidative Stress: Harms and Benefits for Human Health. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2017, 1–13. ISSN 1942-0994.
65. WILLCOX, J. K., ASH, S. L., and CATIGNANI, G. L. Antioxidants and Prevention of Chronic Disease. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2004, 44(4), pp. 275–295. ISSN 1549-7852.
66. ANGELINO, D., COSSU, M., MARTI, A., ZANOLETTI, M., CHIAVAROLI, L., BRIGHENTI, F., DEL RIO, D., and MARTINI, D. Bioaccessibility and Bioavailability of Phenolic Compounds in Bread: A Review. *Food and Function*, 2017, 8, pp. 2386–2393. ISSN 2042-6496.
67. LEBWOHL, B., SANDERS, D. S., and GREEN, P. Coeliac disease. *Lancet*, 2018, 391, pp. 70–81. ISSN 1474-547X.
68. PENG, X., MA, J., CHENG, K-W., JIANG, Y., CHEN F. AND M. WANG. The effects of grape seed extract fortification on the antioxidant activity and quality attributes of bread. *Food Chemistry*, 2010, 119, pp. 49–53. ISSN 0308-8146.
69. PASQUALONE, A., BIANCO, A. MARIA, PARADISO, V. MICHELE, SUMMO, C., GAMBACORTA, G., and CAPONIO, F. Physico–chemical, sensory and volatile profiles of biscuits enriched with grape marc extract. *Food Research International*, 2014, 65, pp. 385–393. ISSN 0963-9969.

70. ŠARIĆ, B., MIŠAN, A., MANDIĆ, A., NEDELJKOVIĆ, N., POJIĆ, M., PESTORIĆ, M., and ĐILAS, S. Valorisation of raspberry and blueberry pomace through the formulation of value-added gluten-free cookies. *Journal of Food Science and Technology*, 2015, 53(2), p. p. 1140–1150. ISSN 0022-1155.
71. LATTIMER, J.M. and HAUB, M.D. Effects of dietary fiber and its components on metabolic health. *Nutrients*, 2010, 2, 1266–1289. ISSN 2072-6643.
72. QUILES, A., CAMPBELL, G., STRUCK, S., ROHM, H., and HERNANDO, I. Fiber from fruit pomace: A review of applications in cereal-based products. *Food Reviews International*, 2016, 34(2), 162–181. ISSN 8755-9129.
73. SCHMIDT, C., GEWEKE, I., STRUCK, S., ZAHN, S., and ROHM, H. Blackcurrant pomace from juice processing as partial flour substitute in savoury crackers: dough characteristics and product properties. *International Journal of Food Science and Technology*, 2017, 53(1), pp. 237–245. ISSN 1365-2621.
74. EL KHOURY, D., BALFOUR-DUCHARME, S., and JOYE, I. J. A Review on the Gluten-Free Diet: Technological and Nutritional Challenges. *Nutrients*, 2018, 10(10), pp. 1410. ISSN 2072-6643.
75. AWUAH, G.B., RAMASWAMY, H., and ECONOMIDES, A.A. Thermal processing and quality: Principles and overview. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 2007, 46(6), pp. 584-602. ISSN 0255-2701.
76. RIBNICKY, D. M., ROOPCHAND, D. E., OREN, A., GRACE, M., POULEV, A., LILA, M. A., HAVENAAR, R., and RASKIN, I. Effects of a high fat meal matrix and protein complexation on the bioaccessibility of blueberry anthocyanins using the TNO gastrointestinal model (TIM-1). *Food Chemistry*, 2014, 142, pp. 349–357. ISSN 0308-8146.
77. SENGUL, H., SUREK, E., and NILUFER-ERDIL, D. Investigating the effects of food matrix and food components on bioaccessibility of pomegranate (*Punica granatum*) phenolics and anthocyanins using an in-vitro gastrointestinal digestion model. *Food Research International*, 2014, 62, pp. 1069–1079. ISSN 0963-9969.
78. PINEDA-VADILLO, C., NAU, F., DUBIARD, C. G., CHEYNIER, V., MEUDEC, E., SANZ-BUENHOMBRE, M., GUADARRAMA, A., TÓTH, T., CSAVAJDA, É., HINGYI, H., KARAKAYA, S., SIBAKOV, J., CAPOZZI, F., BORDONI, A. AND DUPONT, D. *In vitro* digestion of dairy and egg products enriched with grape extracts: Effect of the food matrix on polyphenol bioaccessibility and antioxidant activity. *Food Research International*, 2016, 88, pp. 284– 292. ISSN 0963-9969.
79. OLIVEIRA, A. and PINTADO, M. Stability of polyphenols and carotenoids in strawberry and peach yoghurt throughout *in vitro* gastrointestinal digestion. *Food and Function*, 2015, 6(5), pp. 1611–1619. ISSN 2042-650X.
80. SUN-WATERHOUSE, D., ZHOU, J.L., and WADHWA, S.S. Drinking yoghurts with berry polyphenols added before and after fermentation. *Food control*, 2013, 32, pp. 450–460. ISSN 0956-7135.
81. SUN-WATERHOUSE, D., ZHOU, J. and WADHWA, S.S. Effects of adding apple polyphenols before and after fermentation on the properties of drinking yoghurt. *Food and Bioprocess Technology*, 2011, 5, pp. 2674–2686. ISSN 1935-5130.
82. ISO 5984:2002 *Animal feeding stuffs — Determination of crude ash, 2002.*

83. LST EN 12135:2001 *Vaisių ir daržovių sultys. Azoto kiekio nustatymas. Kjeldalio metodas. (tapatus EVS-EN 12135:2000) Fruit and vegetable juices - Determination of nitrogen content - Kjeldahl method.* Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2001.
84. LST 1442:1996 *Duona ir pyrago kepiniai. Akytumo nustatymas.*
85. RE, R., PELLEGRINI, N., PROTEGGENTE, A., PANNALA, A., YANG, M., and RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 1999, 26(9–10), pp. 1231–1237. ISSN 0891-5849.
86. SINGLETON, V. L., ORTHOFER, R., and LAMUELA-RAVENTÓS, R. M.. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin–ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 1999, pp. 152–178. ISSN 0076-6879.
87. PRIOR, R. L., HOANG, H., GU, L., WU, X., BACCHIOCCA, M., HOWARD, L., HAMPSCH-WOODILL, M., HUANG, D., OU, B., and JACOB, R. Assays for Hydrophilic and Lipophilic Antioxidant Capacity (oxygen radical absorbance capacity (ORACFL)) of Plasma and Other Biological and Food Samples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2003, 51(11), pp. 3273–3279. ISSN 1520-5118.
88. Kettle, A., 2013. Recent Advances in Pressurized Fluid Extraction. *Lc Gc North America*, 2013, 31, pp. 28-33. ISSN 1527-5949.
89. GOUW, V. P., JUNG, J., and ZHAO, Y. Functional properties, bioactive compounds, and *in vitro* gastrointestinal digestion study of dried fruit pomace powders as functional food ingredients. *LWT – Food Science and Technology*, 2017, 80, pp. 136–144. ISSN 1096-1127.
90. BRODOWSKA, A. J. Raspberry pomace – composition, properties and application. *European Journal of Biological Research*, 2017, 2, pp. 86–96. ISSN 2449-8955.
91. TAMKUTE, L., LIEPUONIŪTĖ, R., PUKALSKIENĖ, M. and VENSKUTONIS, P., R. Recovery of valuable lipophilic and polyphenolic fractions from cranberry pomace by consecutive supercritical CO₂ and pressurized liquid extraction. *The Journal of Supercritical Fluids*, 2020, 159, pp. 1–11. ISSN 0896-8446.
92. KITRYTĖ, V., KAVALIAUSKAITĖ, A., TAMKUTĖ, L., PUKALSKIENĖ, M., SYRPAS, M., and RIMANTAS VENSKUTONIS, P. R. Zero waste biorefining of lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea L.*) pomace into functional ingredients by consecutive high pressure and enzyme assisted extractions with green solvents. *Food Chemistry*, 2020, 322. ISSN - 0308-8146.
93. ŠPORIN, M., AVBELJ, M., KOVAČ, B., and MOŽINA, S. S. Quality characteristics of wheat flour dough and bread containing grape pomace flour. *Food Science and Technology International*, 2017, 24(3), pp. 251–263. ISSN 1082-0132.
94. REIBNER, A. M., AL-HAMIMI, S., QUILES, A., SCHMIDT, C., STRUCK, S., HERNANDO, I., TURNER, C., and ROHM, H. Composition and physicochemical properties of dried berry pomace. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2018. ISSN 1097-0010.
95. WANG, H. J. and THOMAS, R. L. Direct Use of Apple Pomace in Bakery Products. *Journal of Food Science*, 1989, 54(3), pp. 618–620. ISSN 1750-3841.
96. BELZ, M. C., RYAN, L. A. and ARENDT, E. K. The Impact of Salt Reduction in Bread: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2012, 52(6), pp. 514–524. ISSN 1549-7852.
97. LYNCH, E.J., DAL BELLO, F., SHEEHAN, E.M., CASHMAN, K.D., ARENDT, E.K. Fundamental studies on the reduction of salt on dough and bread characteristics. *Food Research International*, 2009, 42(7), pp. 885–891. ISSN 0963-9969.

98. ROCHA PARRA, A. F., RIBOTTA, P. D. and FERRERO, C. Apple pomace in gluten-free formulations: effect on rheology and product quality. *International Journal of Food Science and Technology*, 2014, 50(3), pp. 682–690. ISSN 1365-2621.
99. ELIASSON, L., LABROSSE, L. and AHRNÉ, L. Effect of drying technique and particle size of bilberry press cake on the extraction efficiency of anthocyanins by pressurized carbon dioxide extraction. *LWT – Food Science and Technology*, 2017, 85, 510–516. ISSN 0023-6438.
100. LU, Y., LUTHRIA, D., FUERST, E. P., KISZONAS, A. M., YU, L., and MORRIS, C. F. Effect of processing on phenolic composition of dough and bread fractions made from refined and whole wheat flour of three wheat varieties. *Journal of agricultural and food chemistry*, 2014, 62(43), pp. 10431–10436. ISSN 1520-5118.
101. BUJOR, O. C., GINIES, C., POPA, V. I., and DUFOUR, C. Phenolic compounds and antioxidant activity of lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) leaf, stem and fruit at different harvest periods. *Food Chemistry*, 2018, 252, pp. 356–365. ISSN 0308-8146.
102. FONTANA, A.J. Understanding the importance of water activity in food. *Cereal Foods World*, 2000, 45(1), pp. 7–10. ISSN 0146-6283.
103. CALVO, C., SALVADOR, A., and FISZMAN, S. Influence of colour intensity on the perception of colour and sweetness in various fruit-flavoured yoghurts. *European Food Research and Technology*, 2001, 213(2), pp. 99–103. ISSN 1438-2385.
104. KOSTYLA, A. S. and CLYDESDALE, F. M. The psychophysical relationships between color and flavor*. *C R C Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1978, 10(3), pp. 303–321. ISSN 0099-0248.