



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS

Radvilė Kunšinskienė

**MEMBRANINĖS FILTRACIJOS IR FRAKCIJŲ IŠ UOGŲ
SULČIŲ PRITAIKYMO PIENO PRODUKTUOSE TYRIMAI**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Doc. dr. Jonas Damašius

KAUNAS, 2016

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS

**MEMBRANINĖS FILTRACIJOS IR FRAKCIJŲ IŠ UOGŲ
SULČIŲ PRITAIKYMO PIENO PRODUKTUOSE TYRIMAI**

Baigiamasis magistro projektas

Maisto mokslo ir saugos studijų programa (kodas 621E40001)

Vadovas

Doc. dr. Jonas Damašius

Recenzentas

Prof. dr. Pranas Viškelis

Projektą atliko

Radvilė Kunšinskienė

KAUNAS, 2016



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Cheminės technologijos fakultetas

(Fakultetas)

Radvilė Kunšinskienė

(Studento vardas, pavardė)

Maisto mokslo ir saugos studijų programa, 621E40001

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Membraninės filtracijos ir frakcijų iš uogų sulčių pritaikymo pieno produktuose tyrimai“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 16 m. birželio 6 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano Radvilės Kunšinskienės baigiamasis darbas tema „Membraninės filtracijos ir frakcijų iš uogų sulčių pritaikymo pieno produktuose tyrimai“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o 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.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

TURINYS

ĮVADAS.....	12
1. LITERATŪROS APŽVALGA	14
1.1. Membraninė filtracija ir jos taikymas	14
1.1.1. Membraninės filtracijos procesai	14
1.1.2. Membraninėje filtracijoje naudojama įranga	16
1.1.3. Mikro- ir ultrafiltravimo procesuose naudojamos membranos ir jų ypatumai.....	18
1.1.4. Membranų užsikimšimas.....	21
1.1.5. Membraninės filtracijos taikymas pramonėje gamyboje	23
1.2. Mikro- ir ultra- filtracija bei jos taikymas maisto pramonėje	24
1.2.1. Potencialių augalinių žaliavų perdirbimas mikro- ir ultra-filtracija	28
1.3. Pieno produktų praturtinimas biologiškai aktyviomis medžiagomis.....	35
2. TYRIMŲ OBJEKTAI IR METODAI	36
2.1. Tyrimų objektai.....	36
2.2. Tyrimų metodai.....	37
2.2.1. Cheminiai reagentai ir medžiagos	37
2.2.2. Bruknių ir šaltalankio sultys ir jų frakcijos	38
2.2.3. Bruknių, šaltalankio sulčių ir jų frakcijų antioksidacinių savybių tyrimų metodai	40
2.2.4. Bruknių ir šaltalankio sulčių ir jų frakcijų cheminės sudėties tyrimų metodai.....	41
2.2.5. Bruknių sulčių ir jų frakcijų pritaikymo jogurte tyrimai.....	42
2.2.6. Rezultatų statistinė analizė	46
3. TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS	47
3.1. Bruknių ir šaltalankio sultys ir jų įtaka membraninės filtracijos procesams	47
3.1.1. Bruknių ir šaltalankio sulčių ir jų frakcijų išeigos	47
3.1.2. Bruknių ir šaltalankio sulčių įtaka membraninės filtracijos procesams.....	48
3.2. Bruknių ir šaltalankio sulčių ir gautų frakcijų cheminės sudėties ir antioksidacinių savybių įvertinimas	51
3.2.1. Bruknių ir šaltalankio sulčių gautų frakcijų bendro fenolinių junginių kiekio įvertinimas.....	51
3.2.2. Bruknių ir šaltalankio sulčių ir gautų frakcijų DPPH [*] laisvųjų radikalų sujungimo geba	52
3.2.3. Junginių identifikavimas bruknių, šaltalankio sultyse ir gautose frakcijose.....	53
3.3. Bruknių sulčių ir frakcijų pritaikymas jogurte.....	59
IŠVADOS.....	65

LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	66
GYVENIMO APRAŠYMAS (CV)	77
PADĖKA.....	78
PRIEDAI.....	79

Kunšinskienė, Radvilė. Membraninės filtracijos ir frakcijų iš uogų sulčių pritaikymo pieno produktuose tyrimai. *Magistro* baigiamasis darbas/ vadovas doc. dr. Jonas Damašius; Kauno technologijos universitetas, Cheminės technologijos fakultetas, Maisto mokslo ir technologijos katedra.

Mokslo kryptis ir sritis: Technologijos mokslai, Maisto technologijos

Reikšminiai žodžiai: *membraninė filtracija, apnašos, bruknės, šaltalankiai, pieno produktai, jogurtas.*

Kaunas, 2016. 76 p.

SANTRAUKA

Membraninės filtracijos procesai yra plačiai taikomi įvairiose pramonės šakose. Maisto pramonėje šie procesai ypatingai naudojami pieno pramonėje. Tačiau vis didesnis susidomėjimas šiais procesais yra augalinių žaliavų perdirbime, siekiant sumažinti transportavimo išlaidas, pašalinant nereikalingas sudedamąsias dalis arba išgryninant veikliąsias medžiagas.

Membraninės filtracijos procesų yra keletas: mikrofiltracija, ultrafiltracija, nanofiltracija ir atvirkštinis osmosas. Šiems procesams vykti būdingas aukštas slėgis ir specialios membranos. Membranos, priklausomai nuo filtruojamojo skysčio cheminės sudėties ir dalelių dydžio, riboja procesus dėl užsikimšimo t.y. susidarant apnašų sluoksniui ir taip stabdant konkretų procesą. Siekiant įvertinti kai kurių augalinių kilmės žaliavų įtaką filtravimo parametrams, pasirinktos bruknių ir šaltalankių uogų sultys. Nustatyta, kad apnašų sluoksnio susidarymas bruknių žaliavos filtravimui turėjo neigiamą įtaką.

Vėliau mikrofiltracijos ir ultrafiltracijos būdu atliktas sulčių frakcionavimas ir jų frakcijos vertintos įvairiais metodais. Gautos bruknių ir šaltalankių frakcijos tarpusavyje lygintos, siekiant įvertinti jų bendrą fenolinių junginių kiekį bei antioksidacinį aktyvumą. Nustatyta, kad didžiausias bendras fenolinių junginių kiekis buvo bruknių sulčių retanto frakcijoje (BSR), o mažiausias bruknių sulčių permeato (BSP2) frakcijoje. Didžiausias bendras fenolinių junginių kiekis nustatytas šaltalankio sulčių frakcijoje, o mažiausias šaltalankio sulčių permeato frakcijoje. Buvo nustatyta, kad geriausiai DPPH^{*} laisvuosius radikalus sujungė bruknių sulčių retanto frakcijos bandiniai. Taikant dujų chromatografiją su masių spektrometrija, palyginta sulčių ir jų frakcijų lakiųjų cheminių junginių viršerdvėje sudėtis. Bruknių sulčių frakcijų viršerdvėje nustatyta 15 lakiųjų junginių. Šaltalankio sulčių frakcijose buvo aptikti 23 lakieji junginiai.

Gautų bruknių sulčių ir jų retanto frakcijų milteliai buvo taikyti jogurto gamybos technologijoje. Palygintos skirtingu būdu pagamintų jogurtų juslinės, fizikinės cheminės ir mikrobiologinės savybės.

Kunšinskienė, Radvilė. *RESEARCH OF APPLICATION OF MEMBRANE FILTRATION AND FRACTIONS FROM FRUIT JUICE IN DAIRY PRODUCTS* Master's thesis in Food Science and Safety / supervisor assoc. prof. Jonas Damašius. The Faculty of Chemical Technology, Kaunas University of Technology.

Research area and field: Technological Sciences, Food Technology

Key words: *membrane filtration, fouling, lingonberry, sea buckthorn, dairy products, yogurt.*

Kaunas, 2016. 76 p.

SUMMARY

Membrane filtration processes are widely applied for a variety of industries. These processes are used by the food industry, particularly in the dairy industry. However, increased interest in these processes is in vegetable raw materials, in order to reduce transport costs by eliminating unnecessary materials or purification of components. Membrane filtration processes are several: microfiltration, ultrafiltration, nanofiltration and reverse osmosis. These processes take place is characterised by a high pressure and a special membrane. In particular membrane, depending on the chemical composition of the fluid and the particle size is limited by the fouling of processes, i. e. the formation of cake layer and thus slowing the specific process. In order to evaluate some of the plant-based raw materials influence on the filtering parameters, the juices of lingonberry and sea buckthorn berry were selected. During the process, there was determined that the formation of fouling had negative effect on the filtration of lingonberry raw material.

Then, the fractionation of juice were performed using microfiltration and ultrafiltration and fractions were evaluated by various methods. Total phenolic compounds and antioxidant activity were assessed comparing fractions obtained from fractions of lingonberry and sea buckthorn. It was found that the highest total phenolic compounds is in lingonberry juice retentate (BSR) and the lowest fraction of lingonberry juice permeate (BSP2). The highest total phenolic compounds set buckthorn juice fraction, and the smallest in the permeate fraction of sea buckthorn juice. It was found that the best DPPH' free radicals scavanged by fraction of lingonberry juice retentate. Applying gas chromatography with mass spectrometry was compared juice and fraction composition of the chemical compounds from headspace. Lingonberry juice fractions had 15 volatiles compounds. 23 volatile compounds were found at the fractions of juice of sea buckthorn. The powders of obtained lingonberry juice and their retentate fractions were applied in the yogurt production technology. Sensory, physico-chemical and microbiological properties were assessed by the different ways produced yogurts samples.

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1	lentelė. Membranų taikymas ir naudoti parametrai skirtinguose modulių tipuose.....	20
2	lentelė. Membranų užsikimšimą sukeliančios medžiagos ir būdai.....	22
3	lentelė. Membraninių procesų pritaikymas pramonėje.....	23
4	lentelė. Mikro– ir ultra– filtracijos procesų taikymas maisto pramonėje.....	24
5	lentelė. Mokslinėje literatūroje aptikti duomenys dėl pieno produktų praturtinimo.....	36
6	lentelė. Tyrimų metu naudoti reagentai ir medžiagos.....	38
7	lentelė. Membranos valymo procedūra.....	40
8	lentelė. Bruknių ir šaltalankio sulčių ir jų frakcijų bendras fenolinių junginių kiekis.....	51
9	lentelė. Bruknių ir šaltalankio sulčių ir jų frakcijų DPPH* laisvųjų radikalų sujungimo geba.....	53
10	lentelė. Bruknių sulčių ir jų frakcijų viršerdvės lakieji junginiai.....	55
11	lentelė. Šaltalankio sulčių ir jų frakcijų viršerdvės lakieji junginiai.....	58
12	lentelė. pH verčių pokyčiai pieno mišinyje prieš ir po bruknių sulčių ir jų frakcijų įdėjimą.....	59
13	lentelė. Jogurto bandinių sausųjų medžiagų kiekio, pH ir klampumo vertės.....	60

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1	paveikslas. Membraninių procesų veikimo režimai filtravimas.....	14
2	paveikslas. Skirtingų atskyrimo procesų taikymo intervalas.....	15
3	paveikslas. Membraninėje filtracijoje naudojama įranga.....	17
4	paveikslas. Dažniausiai naudojamų membranų modulių tipai.....	20
5	paveikslas. Porėtų membranų užsikimšimo mechanizmai.....	21
6	paveikslas. Augalinės žaliavos.	29
7	paveikslas. Bruknių bioaktyvūs junginiai.....	31
8	paveikslas. Bendra vykdytų tyrimų schema.....	37
9	paveikslas. Augalinių žaliavų frakcijų paruošimas ir išgryninimas membraninės filtracijos būdu.....	38
10	paveikslas. Ultrafiltravimo sistemos technologinė schema.....	39
11	paveikslas. Jogurto su bruknių sulčių frakcijomis gamybos technologinė schema.....	43
12	paveikslas. Juslinio įvertinimo anketa.....	45
13	paveikslas. Mielių ir pelėsinių grybų skaičiaus nustatymo metodo schema.....	46
14	paveikslas. Augalinių žaliavų sulčių pH ir temperatūros pokyčiai ultrafiltravimo proceso metu.....	48
15	paveikslas. Tiriamųjų objektų (bruknių ir šaltalankio) sulčių debito priklausomybė nuo proceso trukmės.....	50
16	paveikslas. Šaltalankio sulčių ir jų frakcijų viršerdvės lakiųjų junginių chromatogramos.....	57
17	paveikslas. Juslinių savybių įvertinimas.....	61
18	paveikslas. Jogurto bandinių priimtumo juslinis vertinimas	63
19	paveikslas. Mielių ir pelėsinių grybų kolonijų kiekis.....	64

PRIEDŲ SAŽAŠAS

20	paveikslas. Standartinė galo rūgštis kalibravimo kreivė.....	79
----	--	----

SANTRUMPOS

ACN	Acetonitrilas
BFJ	Bendras fenolinių junginių kiekis
DC	Dujų chromatografija
DC-MS	Dujų chromatografija su masių spektrometrija
DMD	Diodinės matricos detektorius
DPPH [•]	2,2-difenil-1-pikrilhidrazilo laisvasis radikalas
ESC	Efektyvioji skysčių chromatografija
ED	Elektrocheminis detektorius
ESL	ilgesnį galiojimo laiką turintis pienas
ETNA	Kompozicinio fluoro polimerinė membrana
GRE	Galo rūgšties ekvivalentai
kDa	Kilodaltonai
KSV	Kolonijas sudarančių vienetų skaičius
LDL	Mažo tankio lipoproteinai
MF	Mikrofiltracija
NF	Nanofiltravimas
RDM	Besisukantis disko modulis
PES	Polietersulfoninė membrana
KFME	Kietos fazės mikroekstrakcija
TMP	Transmembraninis slėgis
UF	Ultrafiltravimas
UV-VIS	Ultravioletinių spindulių spektroskopija

IVADAS

Pastaraisiais dešimtmečiais, aukštos kokybės maisto produktų vartojimas išaugo dėl vartotojų nuolat didėjančio susirūpinimo sveikata bei mityba. Tai paskatino maisto pramonės ir mokslinių tyrimų grupes paspartinti naujų maisto produktų ir technologijų kūrimą, kad patenkintų šį poreikį. Vartotojų poreikis natūraliam bei minimaliai perdirbtam maistui, išsaugant maistingąsias medžiagas lėmė tai, kad mokslininkai ir technologai atkreipė dėmesį į pramoninio apdorojimo poveikį, sprendami mitybinius iššūkius bei analizuodami organoleptinius ir technologinius faktorius, susijusius su finansinių nuostolių sumažinimu ir žema savikaina dėl maisto gedimo [1].

Membraninės technologijos vis dažniau yra naudojamos įvairiose maisto pramonės šakose [2]. Membraniniai procesai, tokie kaip mikrofiltravimas, ultrafiltravimas, nanofiltravimas ar atvirkštinis osmosas yra taikomi daugelyje chemijos pramonės šakų, pavyzdžiui, maisto produktų, gėrimų, tekstilės, odos perdirbimo, metalo apdirbimo, naftos pramonės bei farmacijos ar nuotekų valymo srityse [3]. Membraninės filtracijos naudojimas yra patrauklus vartotojams ir gamintojams dėl daugelio pranašumų. Kita vertus, filtravimo technologija tai efektyvus būdas, siekiant gauti aukštesnę produkto kokybę ir užtikrinti saugą, išsaugant pagrindines produkto organoleptines savybes. Membraninės filtracijos procesai pašalina nepageidaujamas nuosėdas ar mikroorganizmus, kurie pasižymi neigiamu poveikiu produkto kokybei, taip suformuojant tekstūriškai patrauklesnį produktą bei pailginant jo galiojimo laiką. Kita vertus, membraninės filtracijos procesų naudojimas gali pakeisti kelis gamybos etapus ir taip padidinti išeigą, nes pasižymi aukšto laipsnio selektyvumu, geresne gamybos proceso kontrole ir mažesnėmis energijos sąnaudomis [4].

Kadangi membraniniai procesai itin plėtojami maisto pramonėje, todėl šių technologijų efektyvus ir inovatyvus taikymas suteikia galimybę vystyti naujus funkcionalius produktus, įtraukiant bioaktyviųjų junginių frakcijas į jų sudėtį, taip praturtinant kasdieninį racioną. Membraninis filtravimas yra veiksminga priemonė kai kurių sulčių, ekstraktų, išrūgų tirpalų skaidrinimui, išgryninimui bei koncentravimui ir vertingų komponentų atskyrimui iš žemės ūkio ir maisto pramonės šalutinių produktų [5]. Be to, kaip teigiama mokslinėje literatūroje, membraninės technologijos pasižymi didžiausiu potencialu kaip perdirbimo/atkūrimo metodas valymo procesams, dėl daugkartinio naudojimo galimybės nuotekų bei atliekų utilizavime [6].

Pastaruoju metu, dėl intensyviai išaugusios natūraliųjų dažiklių paklausos tendencijos, vartotojai tapo labiau susirūpinę dėl pramonėje naudojamų maisto dažiklių saugos. Uogos yra gausus bioaktyviųjų junginių šaltinis, tokių flavonoidai, fenoliai, antocianinai ar proantocianidinai. Mėlynasis sausmedis, bruknės ir mėlynės, tai augalinės žaliavos savo sudėtyje turinčios nemažai bioaktyviųjų junginių, pasižyminčių antioksidacinėmis ir antimikrobinėmis savybėmis,

potencialiai gali pakeisti juodąjį, mėlynąjį, violetinį ar raudonąjį dirbtinius dažiklius maisto produktuose ir papilduose [7–8].

Magistro darbo tikslas – atlikti tyrimus, susijusius su membraninės filtracijos procesais naudojant uogų sultis ir iš jų gautų frakcijų galimu pritaikymu pieno produktuose.

Darbo uždaviniai:

1. Įvertinti skirtingų uogų sulčių įtaką membraninės filtracijos procesams, nustatant galimą apnašų sluoksnio susidarymą;
2. Ištirti ir palyginti uogų sulčių ir jų frakcijų cheminių junginių sudėtį ir savybes;
3. Pritaikyti gautas sultis ir jų frakcijas jogurto gamybos technologijoje bei įvertinant galutinių produktų savybes.

1. LITERATŪROS APŽVALGA

1.1. Membraninė filtracija ir jos taikymas

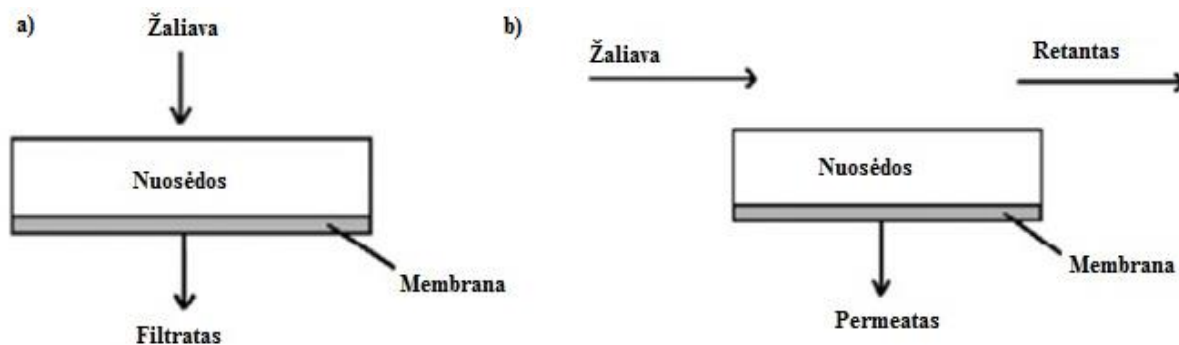
Membraninė filtracija – tai technologija, naudojanti fizinį barjerą (membraną ar filtrą), tam, kad atskirtų daleles skystyje. Dalelės yra atskiriamos dėl skirtingo dydžio, naudojant slėgį ir specialiai pritaikytas, skirtingo porų dydžio membranas. Membraninė filtracija yra skirstoma į šiuos slėgio veikiamus procesus: mikrofiltraciją, ultrafiltraciją, nanofiltraciją ir atvirkštinį osmosą [4]. Membranomis pagrįstas atskyrimas vis didesnę populiarumą įgijo per pastaruosius 3 dešimtmečius ir tapo viena iš daugiausiai žadančių technologijų XXI amžiuje [9].

Pastaruoju metu, membraninė filtracija yra plačiai taikoma tekstilės, farmacijos, celiuliozės ir popieriaus, puslaidininkinių, odos rauginimo ir odos gaminių, kasybos, galvaninių elementų, maisto ir gėrimų gamyboje, biotechnologijoje, vandens ir nuotekų valyme [11].

1.1.1. Membraninės filtracijos procesai

Membraniniai procesai kelia didelį susidomėjimą, nes jie sumažina naudojamos įrangos operacijų kiekį, pakartotinai apdoroja vandenį bei regeneruoja vertingus produktus tolesniam panaudojimui. Kitas membraniniams procesams būdingas privalumas yra nuolatinis, automatinis veikimas, lengvas įdiegimas bei priklausomai nuo įrangos tipo užimamas nedidelis plotas [11–12].

Slėgio veikiami membraniniai procesai gali veikti dviem skirtingais veikimo režimais: baigtinio tipo ir kryžminio srauto veikimo, kurie pateikti 1 paveikslo a) ir b) dalyse.



1 pav. Membraninių procesų veikimo režimai [12]:

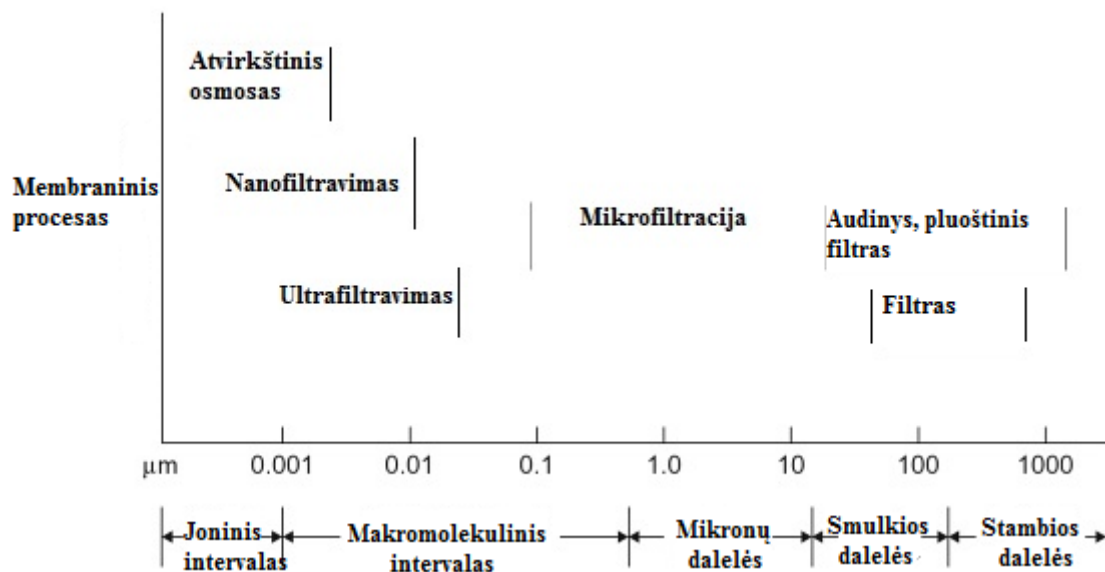
a) baigtinis filtravimas ir b) kryžminio srauto filtravimas.

Šiems režimams veikti reikalingas transmembraninis slėgis (TMP). Baigtinio tipo veikimo režimas yra tuomet, kai filtruojama statmenai membranos paviršiaus. Tada kietoms medžiagoms iš žaliavinio skysčio, kurių dalelės yra didesnės už porų dydį, yra lengviau nusėsti ant membranos paviršiaus.

Kryžminio srauto veikimo tipas yra skysčio lygiagretus tekėjimas link filtro paviršiaus ir suspenduotų dalelių transportavimas per membranos paviršių, prasiskverbiant dėl slėgio kritimo.

Membraninės filtracijos procesai yra žinomi įvairiose pramonės šakose, nes yra neterminiai atskyrimo metodai, kurie nesukelia fazių kaitos ar minimalių baltymų, vitaminų, cukrų ir druskų nuostolių [8, 39–40].

Pagrindiniai slėgio veikiami membraniniai procesai, kurie gali būti suskirstyti pagal membranų porų dydžius ir transmembraninį slėgį yra mikrofiltracija, ultrafiltracija, nanofiltravimas ir atvirkštinis osmosas. Skirtingų membraninių procesų taikymo intervalai yra pateikti 2 paveiksle.



2 pav. Skirtingų atskyrimo procesų taikymo intervalas [15]

Mikrofiltracija (MF)

Mikrofiltracija (0,1–5 μm , 1–3 bar) – tai yra žemo slėgio membraninis procesas, skirtas sulaikyti suspenduotas 0,01 mikrono ir didesnes daleles. Mažesnės dalelės, tokios kaip cukrūs ir baltymai, praeina pro membraną.

Šiuo metu, daugelyje pramonės sričių, mikrofiltracija daugiausiai yra naudojama kaip skaidrinimo technologija. Taip pat mikrofiltracija yra taikoma kaip išankstinis apdorojimo procesas prieš atvirkštinį osmosą ir nanofiltravimą. Dažnai nanofiltravimas ir atvirkštinis osmosas priklauso nuo mikrofiltracijos apdorojimo efektyvumo [16].

Ultrafiltracija (UF)

Ultrafiltravimas (500–300,000 Da, 1–100 nm, 1–10 bar) – tai yra slėgio veikiamas kryžminio srauto filtracijos procesas, atskiriantis molekules [3]. Ultrafiltravimas yra viena iš technologijų, kuri yra naudojama prieš ar po ekstrahavimo proceso, nes sugeba atskirti makromolekules (tirpias maistines skaidulas ar polisacharidus) iš mažesnių junginių (fenoliai, cukrūs ar jonai) fizikiniu/cheminiu ir neardančiuoju būdu [17]. Taip pat ultrafiltravimas leidžia

pašalinti daleles, mikroorganizmus, drumstumą, daugelį vandenyje esančių virusų bei tam tikrą ištirpusių organinių medžiagų kiekį [18].

Nanofiltracija (NF)

Nanofiltracija (100–500 Da, 0,5–10 nm, 10–30 bar) yra slėgio veikiamas separacijos procesas, kuriame filtravimo efektyvumas priklauso nuo erdvinio sijojimo ir įkrovimo (*palyg. angl. Donan*) poveikio.

NF privalumas prieš atvirkštinį osmosą yra tai, kad nanofiltracija pasižymi vidutiniškai 21 % mažesnėmis energijos sąnaudomis. NF yra daug potencialo turintis procesas maisto pramonėje ir ne tik gėrimų srityje, kur yra svarbu ištirpusių teršalų sumažinimas ir dalelių kruopštus filtravimas [2]. Nanofiltravimas taip pat naudojamas atskiriant bakterijas, virusus, pesticidus, kitus organinius teršalus ir dezinfekcijos likučius, todėl yra laikomas kaip ekonomiškai efektyviausias būdas išgauti geriamąjį vandenį iš paviršinių ir gruntinių vandens šaltinių [19].

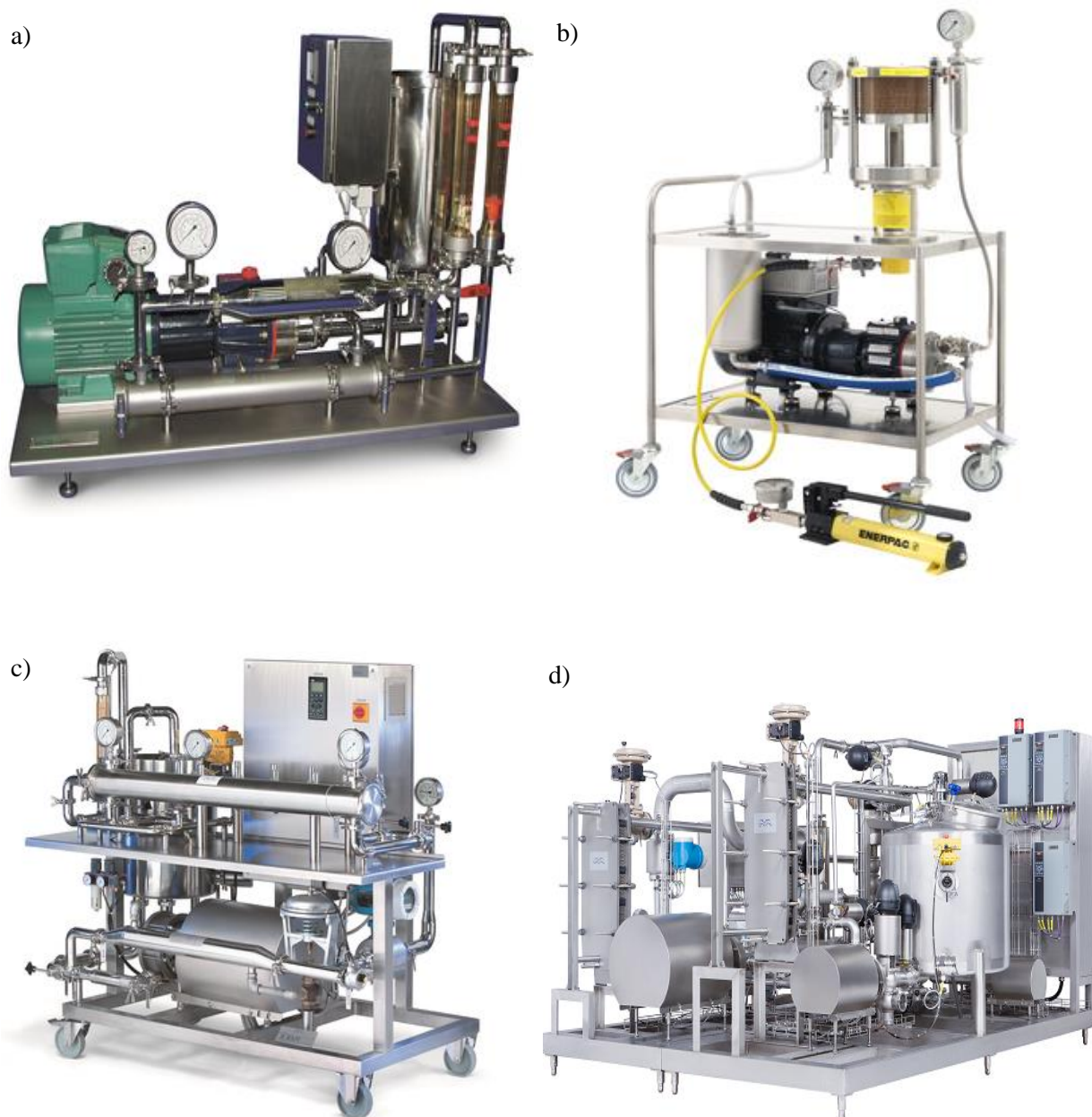
Atvirkštinis osmosas (AO)

Atvirkštinis osmosas (<0,5 nm, 35–100 bar) yra skirstymo technologija, kuri veikia šiek tiek aukščiau arba žemiau kambario temperatūros ir gali būti taikoma koncentruoti ar gryninti skysčius be fazių pokyčių, pavyzdžiui, vandens gėlinimui arba valymui [15]. Atvirkštinis osmosas mokslinėje literatūroje yra įvardintas, kaip perspektyvi skirstymo technologija pieno pramonės atliekų perdirbimui [20]. Atvirkštiniame osmose būtina naudoti aukštą veikiantį slėgį, siekiant įveikti osmosinį sulčių slėgį (10–200 bar intervale), pavyzdžiui, apelsinų sulčių, kurios turi 11 % sausųjų medžiagų, apdorojimo metu keliant osmosinį slėgį iki 15 barų bei norint koncentruoti iki 60 %, osmosinis slėgis kyla iki 190 bar [21].

Atvirkštinis osmosas, kaip ir nanofiltravimas yra populiarėjantys procesai, dėl reikšmingų membranų savybių patobulinimų ir atitinkamai sumažėjusių išlaidų įrangos aptarnavimui. Atvirkštinis osmosas yra labai svarbus druskų pašalinimo ir nuotekų regeneravimo technologijoje, kol nanofiltravimo membranos yra naudojamos pašalinti organines medžiagas ir paviršinių bei gruntinių vandenų kietumą [22].

1.1.2. Membraninėje filtracijoje naudojama įranga

Membraninės filtracijos įrangos įmonės, gamina pasirinkto dizaino ir našumo filtravimo sistemas, kuriose yra įdiegtos mikrofiltracijos, ultrafiltravimo, nanofiltracijos ar atvirkštinio osmoso procesams skirtos technologijos atsižvelgiant į specifinį pritaikymą. Naudojama mažo našumo laboratorinė, vidutinio bei didelio našumo pramoninė įranga, pateikta 3 paveiksle.



3 pav. Membraninėje filtracijoje naudojama įranga [30–31]:

Membraninėje filtracijoje naudojama įranga dažniausiai susideda iš suvirinto plieninio rėmo, elektrinio motoro, cilindru, siurblio, šilumokaičio modulio, kontrolės įtaisų, membranos, procesą reguliuojančio vožtuvo, slėgio matuoklio (manometro) [25]. Laboratorinio tipo membraninės filtracijos įrenginiai yra kuriami skirtingų membranų testavimui, sistemos patikrinimui ir bandomiesiems moksliniams tyrimams su įvairiomis žaliavomis. Tokio tipo įranga yra populiari biotechnologijų ir farmacijos srityse bei maisto pramonėje. Laboratorinio tipo įrenginiai yra mažo našumo pilotinės arba visiškai integruotos sistemos, turinčios aukšto slėgio siurblį, žaliavos talpą, šilumokaitį, vožtuvą, slėgio matuoklius ir hidraulinį rankinį siurblį modulio suspaudimui. Laboratorinio tipo įrenginiuose galima naudoti plokštelines membranas, skirtas atvirkštinio osmoso, nanofiltravimo, ultrafiltravimo ir mikrofiltracijos procesams.

Visiškai integruota, tačiau našesnė membraninės filtracijos įranga turi plokštelinio tipo modulį, su cilindrinio spiralinio tipo elementu. Tokio tipo įrenginiai yra tinkami skirtingų membranų tipų greitam testavimui ir nedidelio masto gamybai laboratorinėmis sąlygomis, taikant ultrafiltravimo ir mikrofiltracijos procesus. Pramoninės membraninės filtracijos įranga skirta kryžminio srauto membraninei filtracijai. Šiais įrenginiais galima filtruoti vidutinio ir aukšto klampumo produktus bei sulaikyti suspenduotas daleles. Pramoninės membraninės filtracijos įrenginiai plačiai naudojami ne tik maisto pramonėje, bet ir kitose srityse [30–31].

1.1.3. Mikro- ir ultrafiltravimo procesuose naudojamos membranos ir jų ypatumai

Membraninėje filtracijoje svarbus elementas membranos (lot. membrana – „plonas sluoksnis“) gali būti apibūdintos kaip įprastiniai filtrai, tačiau su smulkesniu tinkleliu ir kur kas mažesnėmis poromis, suteikiančiomis mažyčių dalelių ar net molekulių atskyrimo galimybę [9]. Taip pat, membrana yra apibrėžiama kaip atrankus barjeras tarp dviejų fazių, kuris riboja kietųjų dalelių (koloidinių ir ištirpusių, išskyrus tirpiklius ar vandenį) judėjimą. Atrankusis judėjimas yra pasiekiamas remiantis pro membraną prasiskverbiančių komponentų fizikinėmis ir/ar cheminėmis savybėmis [9–10].

Membranos yra gaminamos iš medžiagų, tokių kaip plonas organinis polimero sluoksnis, metalas ar keramika priklausomai nuo pritaikymo [19]. Polimerinės membranos yra pigios, lengvai pagaminamos, galima rasti įvairių porų dydžių bei labai plačiai naudojamos įvairiose pramonės šakose. Vis dėlto polimerinės membranos turi vieną ar daugiau veikimo sąlygų apribojimų, tokių kaip pH vertė ar temperatūra, slėgis ir chloro toleravimas, kurie trukdo platesniam pritaikymui [27]. Polietersulfonas (PES) yra populiari polimerinė medžiaga, todėl, kad pati savaime tinkama membranų paruošimui per fazių inversiją, nes gaunama mechaniškai bei chemiškai tvirta membrana. Tačiau jos hidrofobiškumas veikia membraną, kuri iš esmės yra linkusi į adsorbciją, pavyzdžiui, baltymų. Be to baltymai taip pat kitos medžiagos, tokios kaip polisacharidai ir polifenoliai yra linkusios kauptis membranos paviršiuje, todėl tai kelia problemas pramonėje [28].

Neorganinės membranos taip pat yra naudojamos organinių molekulių atmetimui ir jonų atskyrimui vandeniniuose tirpaluose. Stiprioji neorganinių membranų pusė yra aukštesnis Svarbi neorganinių membranų pritaikomumo reikšmė yra nevandeninėje filtracijoje dėl jų stabilumo organiniuose tirpikliuose. Neorganinių membranų didelį temperatūrinį atsparumą lemia titanas, silicio – zirkonio mišinys ir aliuminis [10]. Tačiau cheminis stabilumas priklauso ne tik nuo naudojamos medžiagos, bet ir nuo porų dydžio, nes tada mažinamas membranos stabilumas [12]. Neorganinės membranos yra atsparios, esant ekstremalioms veikimo sąlygoms. Šios membranos

gali būti naudojamos plačiose pH verčių, temperatūros, slėgio intervaluose. Tačiau jos yra trapios, todėl gali būti lengvai pažeidžiamos [29].

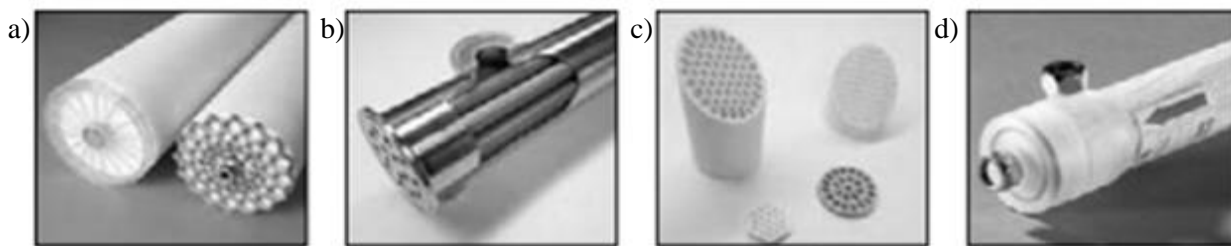
Ultrafiltravimo procesui naudojamos smulkiai aktytos membranos vandens ir mikrotirpinių atskyrimui iš makromolekulių ir koloidų esančių daugelyje atliekų srautų [3]. Organinės UF membranos paprastai yra gaminamos su polimerais (polietersulfonu, polisulfonu, celiuliozės acetatu, aromatiniu poliamidu, polivinilo alkoholiu, piperazineamidu, poliacetileniu ir kt.), o neorganinėms UF membranoms gaminti yra naudojamos medžiagos iš titano oksido, cirkonio oksido ir aliuminio oksido [3]. UF proceso metu išsaugomos tokios junginių grupės, kaip baltymai, riebalai, koloidai, o maži tirpiniai tokie kaip, vitaminai, druskos, cukrūs juda per membraną kartu su vandeniu. Todėl mikrobinis užterštumas permeato sraute yra sumažintas iki minimumo išvengiant bet kokio terminio apdorojimo ir galiausiai lakiųjų aromatinių medžiagų nuostolio.

Mikrofiltracijos procese yra naudojamos tiek organinės, tiek neorganinės membranos priklausomai nuo taikymo srities. Organinės membranos yra gaminamos naudojant nemažai polimerų, įskaitant celiuliozės acetatą, polisulfoną, polivinilideno fluoridą, polietersulfoną ir poliamidą. Šios medžiagos dažniausiai yra naudojamos dėl savo cheminių savybių. Neorganinės membranos gaminamos iš suspausto metalo arba porėto aliuminio [30].

Apžvelgus mokslinę literatūrą, kai kurių autorių tyrimuose teigiama, kad hemiceliuliozės išsaugojimo nuostoliai didėja, mažėjant mikrofiltracijos porų dydžiui. MF porų dydis gali daryti poveikį koncentravimui, kuomet yra ištirpę koloidiniai ekstraktai, nes kaip buvo įrodyta, užteršia ultrafiltravimo proceso metu naudojamas membranas. MF membranos, turinčios mažesnę porų dydį nepraleidžia didelių molekulių, kaip rezultata mažesnio hemiceliuliozės sulaikymo ir atkūrimo. Taigi, mikrofiltracijos membranų porų dydis turi būti tiesiog pakankamai mažas, kad išlaikytų optimalų hemiceliuliozės koloidinių ekstraktų atkūrimą [31].

Kito mokslinio tyrimo metu, kivio sulčių mikrofiltracijai buvo naudotos trys mineraliniu pagrindu pagamintos neorganinės membranos. Šios membranos pasižymi aukštu porėtumu ir mažu membranų atsparumu, todėl pro membraną praeina didelis srautas. Šiame moksliniame darbe buvo nustatyta, kad įrangai kurios filtruojamasis plotas yra $0,64 \text{ m}^2$, mikrofiltracijos procesui buvo tinkama vidutiniškai $1,25 \text{ }\mu\text{m}$ porų dydžio membrana. Tyrimas patvirtino galimą MF taikymą kivio sulčių apdorojime [32].

Taip pat membranos yra gaminamos skirtingų formų tokių kaip tuščiavidurės ar plokštelinės, kurios yra įmontuojamos į laikymo modulius [19]. Membranų modulių tipai yra spiraliniai, cilindriniai, tuščiaviduriai cilindriniai, keraminiai ir polimeriniai plokšteliniai. Dažniausiai naudojamų membranų modulių tipai yra pateikti 4 paveiksle.



4 pav. Dažniausiai naudojamų membranų modulių tipai [23]:

a) polimerinis spiralinio tipo; b) plieninis cilindrinis; c) keraminis; d) tuščiavidurio pluošto

Mokslinėje literatūroje yra atlikta įvairių tyrimų su skirtingo tipo moduliais bei membranomis. Šie duomenys yra pateikti 1 lentelėje. Priklausomai nuo prieinamų duomenų, Reinoldso skaičius yra pristatomas vietoj kryžminio srauto greičio, siekiant gauti reikšmingesnę lyginamąją analizę [33].

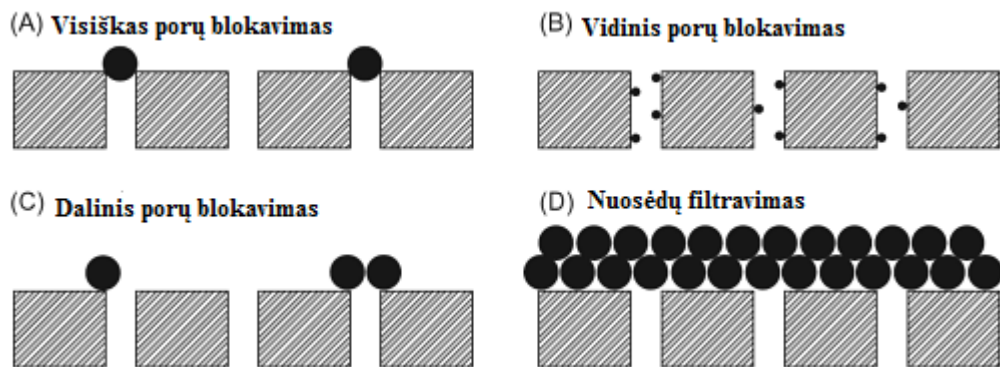
1 lentelė. Membranų taikymas ir naudoti parametrai skirtinguose modulių tipouose

Membrana			Parametrai			Lit. šaltinis
Modulis	Medžiaga	Porų dydis (µm)	Transmembracinis slėgis (atm)	Temperatūra (°C)	Kryžminio srauto greitis (m s ⁻¹ ar Reinoldso skaičius)	
Cilindrinis	Keramika	0.5, 1.0, ir 1.3	0.8 – 3.75	<3	2	[61–62]
Cilindrinis ir kapiliarinė	Keramika ir PES	1.0 (keramika) 0.6 (polimerinės)	–	–	–	[36]
Cilindrinis	Keramika	0.2, 0.5 ir 1.3	0.35-0.93	<3	<0.75	[37]
Plokštelinis	PC	0.2	0.1 ir 1	0	Re=1,550-4,950	[36]
Cilindrinis	Keramika	0.5	0.8	<3	2	[38]
Cilindrinis	Keramika	0.14	0.1-0.8	20	1 – 5	[39]
Cilindrinis	Keramika	0.2,0.5,1.3	0.4,0.8,1.2	2±0.9	Re=1,550	[40]
Cilindrinis	Keramika	0.5	0.8	2	Re=1,550 –4,950	
Cilindrinis	Keramika	0.1,0.45,0.8,1.4	0.2 – 2.0	1 – 2.5	3-6	[41]
Plokštelinis	Keramika	0.6-4	<1	0 – 4	n.m	[42]
Cilindrinis	Keramika	0.45	0.5 – 2.7	0.5-9.6	0.15 – 1.02	[43]
Plokštelinis	PES	0.45	0.7	2	n.m	[44]

1.1.4. Membranų užsikimšimas

Membranų užsikimšimas yra dažniausiai pasitaikanti problema membraninėje filtracijoje. Šis procesas mokslinėje literatūroje yra apibūdinamas kaip medžiagos kaupimasis ant membranų paviršiaus ar jų porose, tokiu būdu mažinant permeato srauto greitį [10, 22].

Pirmas membranų užsikimšimo etapas yra komponentų adsorbcija iš žaliavinio srauto. Šis adsorbcijos procesas priklauso nuo komponentų, paviršiaus, membranos medžiagos ir veikimo sąlygų. Membranų užsikimšimas atsiranda tada, kai medžiaga kaupiasi membranos paviršiuje ir suformuoja apnašų sluoksnį ant paviršiaus arba kada medžiaga yra visiškai ar dalinai blokuojama membranų porų. Porėtų membranų užsikimšimo mechanizmai yra pateikti 5 paveiksle. Šie mechanizmai padidina porų atsparumą permeato srautui. Medžiagos kaupimasis ir apnašų sluoksnio formavimasis labiausiai priklauso nuo suspensijos sudėties, membranos savybių ir veikimo sąlygų [45].



5 pav. Porėtų membranų užsikimšimo mechanizmai [46]

Membranų užsikimšimas gali būti susijęs su įvairiais veiksniais, tokiais kaip adsorpcija, cheminė sąveika, nuosėdų formavimasis ir porų blokavimas dalelėmis. Membranų užsikimšimo pasekmės yra, tokios, kad gali sumažinti našumą, lemti pablogėjusią permeato kokybę, padidinti energijos suvartojimo ir valymo išlaidas, taip pat sutrumpinti membranos eksploatacijos laiką [22]. Mokslininkai tyrinėjo baigtinio srauto (angl. palyg. *dead end*) filtraciją su skirtingomis membranomis. Tyrimo metu nustatyta, kad užsiteršimo koeficientas mažėja didėjant membranų porų dydžiui, o tai reiškia, kad vis daugiau apnašų lieka ant membranos paviršiaus su mažesniu porų dydžiu [47].

Membranų užsikimšimas yra pagrindinis slėgio veikiamų procesų trūkumas, bei ypač opi problema, kuomet filtruojami organiniai tirpalai [48]. Membraninės filtracijos pramonėje ieškota įvairių sprendimų, siekiant pašalinti ar kontroliuoti membranų užsikimšimą, įskaitant membranų, atsparių apnašų susidarymui gamybą bei išankstinį sulčių apdorojimą [48]. Membranų užsikimšimą sukeliančios medžiagos ir būdai pateikti 2 lentelėje.

2 lentelė. Membranų užsikimšimą sukeliančios medžiagos ir būdai [49]

Užsikimšimą sukeliantys veiksniai	Užsikimšimo būdas
Didelės suspenduotos dalelės	Dalelės, esančios pirminėje žaliavoje arba susidariusios proceso metu, proporcingai didėjant jų skaičiui, gali blokuoti modulio kanalus.
Mažos koloidinės dalelės	Koloidinės dalelės gali padidinti užsiteršimo sluoksnį. Membranų užsikimšimas atkuriant ląsteles fermentacijos metu.
Makromolekulės	Gelio arba nuosėdų sluoksnio formavimasis ant membranos paviršiaus. Užsikimšimas makromolekulėmis pagal akytos membranos struktūrą.
Mažos molekulės	Keletas mažų organinių molekulių yra linkusios sudaryti stiprią sąveiką su membranomis, pavyzdžiui, polipropileno glikolis.
Baltymai	Sąveika su membranos paviršiumi arba poromis.
Cheminės reakcijos	Didėjant koncentracijai, taip pat didėjančios pH vertės gali sukelti druskų ir hidroksidų nusodinimą.
Biologiniai faktoriai	Bakterijų augimas ant membranos paviršiaus ir tarpląstelinių polimerų išsiskyrimas.

Vienas iš esminių veiksnių, lemiančių bendrą mikrofiltracijos našumą yra ryškus membranos pralaidumo sumažėjimas dėl užsikimšimo, tai pasireiškia permeato srauto kitimu per laiko tarpą, esant pastoviam filtracijos slėgiui arba transmembraninio slėgio padidėjimu per laiko tarpą, esant nuolatinei srauto filtracijai [21, 42]. Apžvelgus mokslinę literatūrą, buvo aptikta duomenų, kad MF membranos su didesnėmis poromis yra daugiau linkusios į užsiteršimą ir pasižymi mažesniu srauto greičiu negu MF membranos su mažesnėmis poromis [14, 31, 51].

Taip pat, buvo atlikti moksliniai tyrimai apie galimus mikrofiltracijos procese naudojamų membranų paviršiaus pakeitimus, siekiant sušvelninti užsiteršimą baltymais ar makromolekulėmis, ypač naudojant hidrofilinius ir cviterjoninius polimerus, kaip galimus paviršiaus keitiklius. Tačiau, membranų užsiteršimo priežastis gali būti skirtinga, pavyzdžiui, filtruojant sultis užsikimšimas neišvengiamai yra sukliamas dėl makromolekulių ar koloidinių dalelių (pektinas, baltymai) susikaupimo ant membranos paviršiaus bei porų [16]. MF apdorojimo tobulinimas yra esminis būdas sušvelninti ar visiškai išvengti koloidinių medžiagų užsikimšimo [16, 33].

Mokslinėje literatūroje aptikta duomenų apie filtracijos pagerinimo metodus ir strategijas. Mokslinių darbų autoriai siekdami išspręsti membranų užsikimšimo problemą, siūlo apdoroti sultis iš anksto taikant fermentinį apdorojimą, centrifugavimą ar mechaninius sprendimus [56–58].

Mokslinėje literatūroje aptikta duomenų, kad naudojant sulčių modelinę sistemą, buvo tiriami kalcis ir citrinos rūgštis, kurie įprastai yra kritiniai organinio užsikimšimo komponentai. Taigi, buvo nustatyta, kad šie junginiai turi labai mažai įtakos užsikimšimui. Pektino buvimas, vis dėlto, turėjo reikšmingos įtakos prisidedant prie organinio užsikimšimo, kuris kaip nustatyta, sumažina permeato srauto greitį net iki 50 % [1].

Kai kurių autorių atliktuose tyrimuose skaidrintų sulčių analizė parodė fermentinės depektenizacijos poveikį didesniajam permeato srautui ir geresnę sulčių kokybę. Depektenizacijos poveikis priklauso nuo kelių fizikocheminių faktorių, tokių kaip inkubacijos laikas, fermento koncentracija bei inkubacijos temperatūra. Tyrimo metu pastebėta, kad pektinazės pridėjimas į citrinų sultis lemė užsiteršimo sluoksnio susiformavimą esant didesniajam permeato srautui negu neapdorotų sulčių. Šis Maktoufo ir kt., rezultatas parodo, kad permeato srautas yra paveiktas pektino kiekiu, esančiu citrinų sultyse [54].

1.1.5. Membraninės filtracijos taikymas pramonėje gamyboje

Slėgio veikiami membraniniai procesai, tokie kaip mikrofiltracija (MF), ultrafiltracija (UF), nanofiltracija (NF) ir atvirkštinis osmosas (AO) yra technologijos, sėkmingai naudojamos įvairiose pramonės srityse, nes tai yra gera alternatyva pakeičiant klasikinius procesus, tokius kaip pasterizacija ir vakuuminis garinimas, kurie gerokai pakeičia šviežių vaisių ir daržovių sulčių kokybę [13, 16, 59]. Membraninių procesų pritaikymas yra pateiktas 3 lentelėje.

3 lentelė. Membraninių procesų pritaikymas pramonėje [3, 19, 24, 36 – 37].

Procesas	Pritaikymo sritis	Apibūdinimas
Ultrafiltravimas Mikrofiltracija	Biotechnologija	Bioaktyviųjų junginių ir ląstelių atskyrimas
Nanofiltravimas	Celiuliozės ir popieriaus pramonė	Proceso išeigos gerinimas
Nanofiltravimas Ultrafiltravimas	Chemijos, farmacijos pramonė	Atskyrimas, koncentravimas
Atvirkštinis osmosas Mikrofiltracija/Ultrafiltravimas/ Nanofiltravimas	Maisto ir gėrimų pramonė	Atkūrimas, skaidrinimas, koncentravimas, demineralizavimas, produkto tobulinimas, pašalinimas
Atvirkštinis osmosas/Nanofiltravimas/ Ultrafiltravimas	Geriamojo vandens išgavimo ir nuotekų apdorojimo pramonė	Minkštinimas, gėlinimas, kaitinimas ir šaldymas; pavojingų teršalų (dažai, pesticidai, naftos kilmės chemikalai, virusai ir bakterijos, sunkieji metalai) pašalinimas iš nuotekų

1.2. Mikro- ir ultra- filtracija bei jos taikymas maisto pramonėje

Membraninės filtracijos procesų technologijos yra itin paplitusios maisto pramonėje kaip alternatyva, galinti supaprastinti skaidrinimo procesą ir sumažinti darbinę temperatūrą [60]. Mikro– ir ultra– filtracijos procesų taikymas maisto pramonėje yra pateiktas 4 lentelėje.

4 lentelė. Mikro– ir ultra– filtracijos procesų taikymas maisto pramonėje

Membraninės filtracijos procesas	Taikymo sritys	Literatūros šaltiniai
Mikrofiltracija/Ultrafiltravimas	Sulčių gamyba (sterilizavimas, skaidrinimas ir koncentravimas)	[18, 39]
	Limonino ir cukraus kiekio sumažinimas maisto produktuose	[52]
	Biologinis apdorojimas	[37, 42–44]
	Vynuogių sulčių paruošimas vyno gamybai	
	Alyvuogių aliejaus filtravimas	
	Alaus ir pieno produktų gamyba	
	Dekstrozės skaidrinimas	
Mikrofiltracija	Baltymų kiekio standartizavimas gaminant sūrį	
	Pomidorų sulčių koncentravimas	
	Sidro ir acto gamyba	
	Riebalų pašalinimas	
Ultrafiltravimas	Fenolinių junginių regeneravimas ir koncentravimas	[16]
	Peptidų atkūrimas	[57]
	Agaro, agarozės, želatinos ir karagenino koncentravimas	
	Pektino iš obuolių ir citrusinių vaisių koncentravimas	
	Baltymų ir peptidų frakcijų išskyrimas iš šalutinių produktų	[60, 67–68]
	Sūrio išrūgų koncentravimas, pieno frakcionavimas	

Geriamojo vandens paruošimo ir apdorojimo pramonė

Šiomis dienomis, UF kaip sparčiai auganti pramonės šaka yra svarbi gaminant geriamąjį vandenį. Ultrafiltravimas gali būti kaip priemonė pašalinanti teršalus, bakterijas ir virusus iš geriamojo vandens su iš dalies žemomis išlaidomis lyginant su nanofiltracija ir atvirkštiniu

osmosu. UF yra laikomas kaip labai perspektyvus procesas geriamojo vandens gamybai dėl jo kompaktiškumo, lengvo valdymo ir didelio drumstumo, organinių medžiagų (tokių kaip humusas) kiekio pašalinimo [63].

Remiantis literatūros šaltiniais, ultrafiltravimas buvo sėkmingai pritaikytas šalinant virusus ir bakterijas iš paviršinio vandens, skirto žmonėms vartoti naudojant spiralinio – vamzdelinio tipo 0,05 μm porų dydžio polietersulfoninę membraną. Šio tyrimo metu buvo nustatyta, kad nuotekos parodė bendrą švarumą įvertinant bakterinius ir virusinius rodiklius [3].

Alaus gamybos pramonė

Mikrofiltracija yra dažniausiai naudojamas membraninis atskyrimo procesas alaus pramonėje, dėl to, kad dauguma operacijų yra tiesiogiai susijusių su kieto kūno – skysčio atskyrimu. MF gali iš misos pašalinti dideles molekules, tokias kaip baltymai ir β -gliukanai. Šios molekulės gali lemti apnašų sluoksnio susiformavimą bei sumažinti galutinio produkto filtruojamumą, kuomet naudojamos tradicinės išspaudų filtravimo sistemos. Tačiau, be šių molekulių MF taip pat pašalina medžiagas, atsakingas už putų didinimą.

Neapdoroto alaus skaidrinimas, naudojant mikrofiltraciją yra gerai ištirtas, dėl permeato srauto didinimo ir kokybės kontrolės. Didesnis alkoholių pralaidumas naudojant kryžminio srauto filtravimą yra pagrindinis pritaikymas maisto pramonėje, nes šie junginiai yra atsakingi už tipinį citrinos aromatą sultyse. Be to, monoterpeno alkoholių kiekis žymiai padidėja ilgėjant filtravimo trukmei. Pavyzdžiui, po 30 min kryžminio srauto filtravimo jų koncentracija buvo 10,14 g/L^{-1} ir ženkliai padidėjo iki 11,56 g/L^{-1} , po 180 min filtravimo [33].

Pieno produktų gamybos pramonė

Membraninės technologijos yra taikomos pieno pramonėje nuo 1970 metų. Membraninių procesų taikymas yra kaip alternatyva kelioms įrenginių operacijoms, siekiant išspręsti atskyrimo klausimus bei vystyti naujus pieno produktus. Membraniniai procesai yra susiję su baltymų, pieno sukonzentravimu prieš sūrio gamybą ir alternatyviomis technologijomis prailginančiomis pieno produkto galiojimo laiką [64].

Membraninių procesų pritaikymas pieno gamyboje gali būti klasifikuojamas į tris pagrindines sritis: alternatyvas kelioms operacijoms, tokioms kaip centrifugavimas, išgarinimas, debakterizacija ir demineralizacija; separavimo problemų sprendimas, tokių kaip išrūgų nusausinimas, baltymų atkūrimas ir atskyrimas, pieno riebalų frakcionavimas arba tirpalų perdirbimas ir sporų pašalinimas; priemonės kurti naujus pieno produktus, tokius kaip UF sūriai, ilgesnio galiojimo (ESL) pienas, gėrimai išrūgų pagrindu ir tekstūruoti pieno produktai. Vykstant sūrio gamybos procesui, maistingosios medžiagos randamos piene yra prarandamos išrūgose, pavyzdžiui, angliavandeniai, tirpūs vitaminai ir mineralai. Šie nuostoliai turi nemažą poveikį gamybos operacijų ekonomiškumui [65].

Mikrofiltravimo naudojimas gali sumažinti tradicinių ultra aukšta temperatūra pasižyminčių procesų temperatūrą, gaunant produktus, kurių juslinės savybės panašios į pasterizuoto pieno. Šviežias mikrofiltruotas pienas pasižymi ilgesniu galiojimo laiku negu tradiciškai pasterizuotas šviežias pienas [4]. Pieno pramonėje mikrofiltracija yra taikoma „sugavimo“ (*palyg. angl. „Bacto catch“*) sistemose bakterijų pašalinimui iš pieno (membranų porų dydis 40,2 μm) ir pieno proteinų koncentravime, pavyzdžiui sūrio gamyboje (membranų porų dydis 0,1–0,2 μm) [43, 50]. Garcia ir Rodriguesas atliko tyrimą, kuriame buvo analizuojami keli MF deriniai: temperatūra terminiam apdorojimui (tiesioginiai ir netiesiogiai) su ir be MF, siekiant įvertinti visų poveikį pienui atsižvelgiant į galiojimo laiko išlaikymą esant šaldytuvo ir kambario temperatūrai [66].

Naujos technologijos ir ypač membraninė mikrofiltracija leido tyrėjams identifikuoti dvi pieno proteinų grupes, atsižvelgiant į absorpcijos kinetiką: lėtą micelinį kazeiną ir greitus išrūgų baltymus. Taip gauti išgryninti produktai yra naudojami kūdikių maisto gamybai ir lieknėjimo priemonėms, kaip funkcionalūs ingredientai. Tokios pat technologijos buvo pritaikytos krekenų apdorojime [67]. Taigi, mikrofiltracija yra alternatyva terminiam apdorojimui siekiant sumažinti bakterijų buvimą ir pagerinti mikrobiologinį pieno produktų (ypač apdorojant liesą pieną) saugumą, tuo pačiu išsaugant juslines savybes [4, 71].

Membraninės technologijos, ypač ultrafiltravimas yra naudojamas pieno pramonėje gaminant išrūgų – baltymų koncentratų, todėl, kad ši technologija pasižymi baltymų atrankiuoju koncentravimu dėl ryšių su kitais komponentais. Ultrafiltravimas yra labai patrauklus alternatyvus metodas, nes nenaudoja šilumos bei nevyksta fazių kaita, todėl visa tai daro koncentravimo procesą ekonomišką.

Ultrafiltravimas yra efektyvi priemonė šalutinių produktų atkūrimui, kuri gali būti naudojama tolimesniame maisto produktų kūrimui. Išrūgos yra pieno pramonės šalutinis produktas gaunamas sūrio ar kazeino gamybos metu. Išrūgos, kaip žaliavinė medžiaga, turi platų pritaikymą maisto technologijoje dėl baltymų funkcinių ir maistinių savybių. Taip pat, ultrafiltravimas kaip membraninis atskyrimo procesas, įprastai naudojamas makromolekulių sulaikymui ir pieno pramonėje pieno komponentų atkūrimui ir frakcionavimui. UF leidžia koncentracijų santykio įvairovę tarp išrūgų komponentų dėl baltymų išsaugojimo ir selektyvaus laktozės, mineralų, vandens ir mažesnės molinės masės junginių skverbimosi [65].

Vaisių sulčių gamybos pramonė

Mikro– ir ultra–filtracijos technologijų diegimas vaisių sulčių gamyboje yra vienas iš technologinių sprendimų gaminant sultis be priedų bei siekiant, kad jos pasižymėtų aukšta kokybe ir natūraliu šviežiu skoniu [65]. Vaisių sulčių koncentravimas sumažina transportavimo apimtį, laikymo ir pakavimo sąnaudas. Be to, vaisių sulčių koncentratai yra daugiau stabilūs, pasižymintys atsparumu mikrobiniam ir cheminiam gedimui, negu grynos vaisių sultys dėl sumažėjusio vandens

aktyvumo. Pramoninis vaisių sulčių koncentravimas paprastai yra atliekamas naudojant daugiapakopinį vakuuminį garinimą, kuriame vanduo yra pašalinamas aukštoje temperatūroje [68].

Maisto pramonėje, mikrofiltracija yra plačiai taikoma dalelių ir/arba mikroorganizmų atskyrimui gaminant įvairius gėrimus ir skysčius, tokius kaip vaisių sultys, pienas, vynas, alus, sidras ir actas. Vaisių sulčių vartojimas gerokai išaugo per pastaruosius metus, dėl to, kad vartotojai vis labiau rūpinasi sveika mityba. Apžvelgus mokslinę literatūrą, aptikta duomenų, kad kryžminio srauto mikrofiltracija gali būti sėkmingai taikoma koncentruojant vaisių sulčių minkštąją frakciją ar stabilizuojant bei skaidrinant sultis [38–39]. Dėl membranų selektyvumo, MF gali užtikrinti sterilizacijos proceso efektyvumą, ir taip pakeisti sterilizacijos procesą gėrimų gamyboje ar farmacijoje. Apdorojant vaisius, mikrofiltracija kaip „šaltos sterilizacijos“ procesas, išsaugo šviežumą, karščiui jautrius junginius bei skaidrintų sulčių maistines savybes. Taigi, dėl anksčiau minėtų savybių, mikrofiltracija sėkmingai taikoma siekiant skaidrinti įvairias vaisių sultis, tokias kaip ananasai, apelsinai, melionai, obuoliai ir vyšnios.

Fuenmaior ir kt., 2014 metais apelsinų sulčių mikrofiltravimui naudojo 0,45 μm ir 0,2 μm porų dydžio poliamidines membranas. Matuojant srauto debitą buvo stebėti permeato tūrio pakyciai, palaikant pastovų slėgį [69]. Obuolių sulčių skaidrinimas buvo atliktas mikrofiltracijos būdu, naudojant polimerines 0,05 m^2 filtravimo ploto ir 0,3 μm porų diametro membranas. Proceso metu retanto srautui recirkuliuojant, permeatas buvo nuolat surenkamas palaikant 2 barų transmembraninį slėgį ir 30 °C laipsnių temperatūrą. Mokslinio darbo metu, nustatytas aukštesnis bendras fenolių kiekis ir antioksidacinis aktyvumas lyginant su žaliavinėmis sultimis. Tačiau, lyginant rezultatus, išreikštus sausos medžiagos kiekiais, buvo pastebėtas atitinkamai 8 % ir 22 % sumažėjimas. Šie bendro fenolinių junginių kiekio bei antioksidacinio aktyvumo sumažėjimai gali būti priskirti prie galimai įvykusių oksidacinių reakcijų koncentravimo metu, nes procesas buvo atliekamas ilgą laiką (30 h). Aguiar ir kt. 2012 metais vertino membraninių procesų poveikį koncentruotų ir skaidrintų obuolių sulčių fizikinėms cheminėms ir juslinėms savybėms, kadangi vaisių sulčių gamyba yra vienas iš svarbiausių sektorių visoje vaisių gamybos pramonėje. Fermentiškai apdorotos sultys buvo skaidrintos mikrofiltracijos būdu ir koncentruotos naudojant atvirkštinį osmosą bei garavimą [70].

Ultrafiltravimas (UF) yra efektyvus metodas natūralių polimerų (polisacharidų, baltymų) pašalinimui iš vaisių ir daržovių sulčių [4]. Mokslinėje literatūroje teigiama, kad ultrafiltracijos procesas tyrinėtas skaidrinant apelsinų ir citrinų, ananasų, mandarinų (*Citrus reticulata*), kivių ir obuolių sultis [2, 13, 54]. Pastaruoju metu teigiama, kad žaliavos srauto išankstinis apdorojimas padidina membraninio koncentravimo procesų efektyvumą, pavyzdžiui, vynuogių sulčių. UF kaip išankstinis apdorojimas, gali sukelti srauto padidėjimą koncentruojant permeatą osmosinės

distiliacijos būdu. Kai kurie autoriai tyrinėjo ultrafiltravimą, kaip sulfitų kontrolės galimybę, dėl fermentinio rudavimo. Kaip teigiama, ultrafiltravimas pašalina polifenolių oksidazę ir taip šis procesas gali būti veiksmingas stabilizuojant vaisių sulčių spalvą [2].

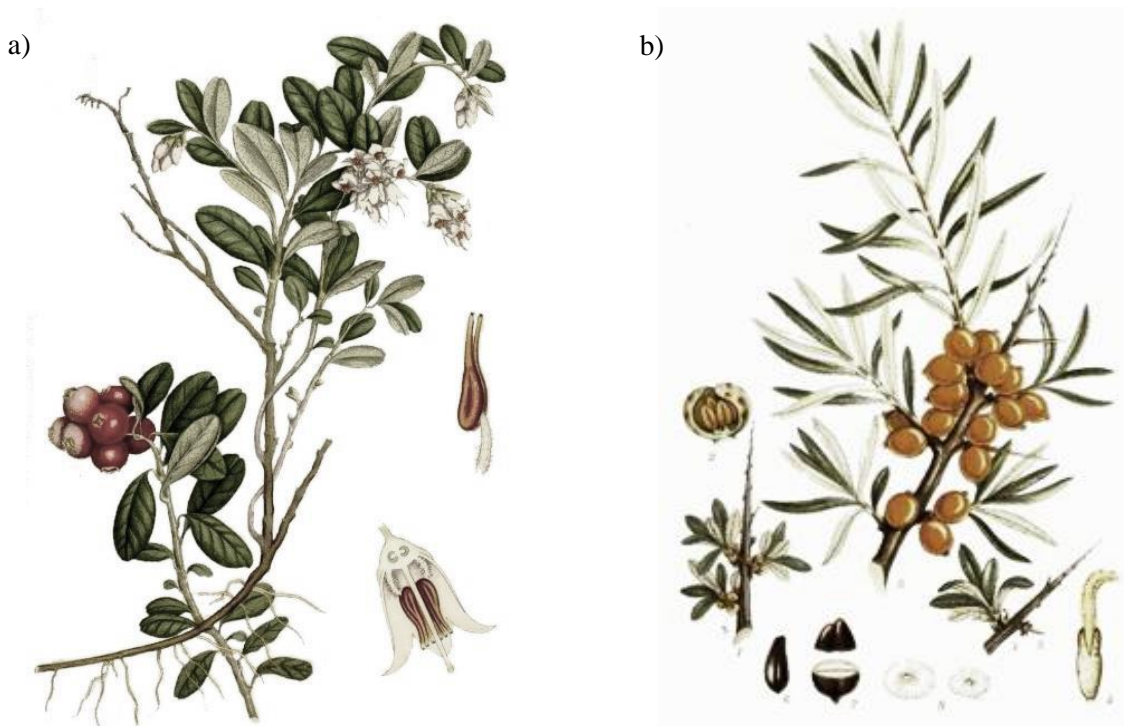
Kituose moksliniuose tyrimuose buvo vertinamas transmembraninio slėgio ir temperatūros poveikis permeato srauto kitimui siekiant nustatyti optimalias veikimo sąlygas kivio sulčių gamyboje bei sukurti natūralų produktą [11]. Obuolių sulčių apdorojimas įskaitant fermentinį apdorojimą ir skaidrinimą taikant UF kaip buvo įrodyta, kad gali reikšmingai sumažinti baltymų nuosėdų kiekį, kurios paprastai randamos ant hidrofobinio paviršiaus, nustatinėjant membranų užsiteršimo lygį. Pavyzdžiui, nusodinimas pagerina membranos drėgumą ir gali paveikti srautu per membraną praeinantį nepageidaujamą skystį [72].

Onsekizoglu, Bahceci ir Acar 2010 metais vertino taip pat membraninių procesų poveikį obuolių sulčių koncentravimui. Šie tyrėjai naudojo ultrafiltravimą siekiant sukcentruoti obuolių sultis iki 65 °Brix laipsnių. Buvo nustatyta, kad skaidrinimas naudojant ultrafiltravimą su 10 kDa membrana lėmė bendro fenolinio kiekio sumažėjimą [70]. Skaidrinimas yra pirmas etapas inulino gamyboje iš cikorijų sulčių ir membraninė filtracija yra kaip alternatyva puikiai supaprastinti šį procesą, padidinti sulčių išeigą, pagerinti produkto kokybę bei sumažinti išlaidas ir nuotekų kiekį. Atliktame bandyme, cikorijų sulčių skaidrinimo tyrimui buvo naudotas besisukantis disko modulis (RDM) bei 4 mikro- ir ultra-filtravimo membranos. Lyginant su baigtine filtracija RDM pasižymi daug aukštesniu permeato tekėjimu ir produkto kokybe. Aukštas sukimosi greitis lėmė aukštą permeato srauto tekėjimą ir sumažino srauto sumažėjimą, dėl stipraus atgalinio apnašų iš membranų nuosėdų sluoksnio judėjimo į žaliavinį tirpalą. Šiame darbe buvo atliktas baigtinės filtracijos ir RDM filtravimo lyginimas ir skaidrinimo efektyvumo įvertinimas, lyginant parametrų poveikį procesui [47]

1.2.1. Potencialių augalinių žaliavų perdirbimas mikro- ir ultra-filtracija

Mokslinėje literatūroje yra publikuojama daug mikrofiltracijos ir ultrafiltracijos tyrimų, atliktų su augalinėmis žaliavomis. Mokslinių darbų metu, tirtos tokios augalinės žaliavos kaip apelsinai, bananai, citrinos, mandarinai, mango vaisius, obuoliai, juodieji ir raudonieji serbentai, vyšnios, kriaušės, kivio, ananasų sultys, persikai, slyvos ir vynuogės. Ieškant skirtingų augalinių žaliavų mikro- ir ultrafiltracijos procesams, ypač buvo susidomėta bruknių ir šaltalankių uogomis dėl to, šios uogos savo sudėtyje turi daug vertingų ir biologiškai aktyvių junginių. Kaip yra teigiama mokslinėje literatūroje, bruknių uogos pasižymi diuretinu, sutraukiamuoju, antiseptiniu, tonizuojančiu ir uždegimus mažinančiu poveikiu [73]. Šaltalankis yra gerai žinomas ir vertinamas dėl savo antioksidacinio, kardioapsauginio, anti-diabetinio, antikancerogeninio,

imunomoduliacinio, antivirusinio, antibakterinio bei priešuždegiminio poveikio [74]. Šios augalinės žaliavos yra pavaizduotos 6 paveiksle.



6 pav. Augalinės žaliavos: a) *Vaccinium vitis-idaea* L. b) *Hippophaë rhamnoides* L.

Bruknės (*Vaccinium vitis-idaea* L.)

Bruknės (*Vaccinium vitis-idaea* L.) yra mažos, raudonos (*Ericaceae*) šeimai priklausančios uogos, kilusios iš Šiaurės šalių (Rusija ir Kanada) taip pat Skandinavijos, kur tradiciškai naudojamos žmonių mityboje [75]. Bruknė yra 10–30 cm aukščio augalas, turintis ploną (2–4 mm skersmens) ir ilgą (iki 6 m ilgio) šakotą stiebą. Bruknių lapai yra 1,1–2,7 cm ilgio ir 0,6–1,1 cm pločio, ovalūs arba elipsiniai, stori, tamsiai žalia viršutine ir šviesiai žalia, gausiai taškuota (nusėta rudomis liaukutėmis) apatine puse, žemyn užsiritusiais kraštais. Lapkotis trumpas (0,5–3 mm), šakelės apvalios, jaunos pūkuotos, žalios, vėliau nuplinka ir paruduoja. Žiedai susitelkę po 3–16 nusvirusiose kekėse, kartais pavieniai, balti arba balsvai rausvi, nemalonaus kvapo. Vainikėlis varpo formos, dažniausiai su 4 bukomis skiautėmis. Vaisius – raudona, apvali, daugiasėklė, sultinga uoga, užauganti iki 8–10 mm skersmens ir apie 0,3 g svorio. Sėklos smulkios, rausvai rudos (uogose jų būna 5–50). Bruknių uogos pradeda nokti rugpjūčio pradžioje. Iš pradžių jos būna žalios, vėliau baltos, o prinokusios skaisčiai raudonos [75, 78].

Bruknių uogose yra iki 84 – 88 % vandens, 5 – 8 % cukrų, apie 1,7 % pektinų, iki 3 % organinių rūgščių: daugiausiai citrinos ir obuolių, taip pat oksalo, acto, pirovyno ir kt [76]. Uogų sudėtyje gausu vitamino C, provitamino A (kaip beta karoteno), B grupės vitaminų (B₁, B₂, B₃), kalio, kalcio, magnio ir fosforo. Taip pat be šių maistinių medžiagų, bruknėse randama ir fitocheminių medžiagų, kurios kaip manoma neutralizuoja šlapimo trakto infekcijas, o sėklose

gausu omega-3 riebalų rūgščių. Bruknių uogos įvairių eksperimentų metu pasižymėjo aukštesne antiproliferacine veikla lyginant su kitomis uogomis. Tai yra vienas iš turtingiausių fenolinių junginių šaltinių, susidedantis iš cianidino glikozidų ir 30 hidroksicinamono rūgščių darinių. Be to, bruknės savo sudėtyje gausiai turi benzoinės rūgšties ir yra dažnai naudojamos kaip antimikrobiniai agentai [77].

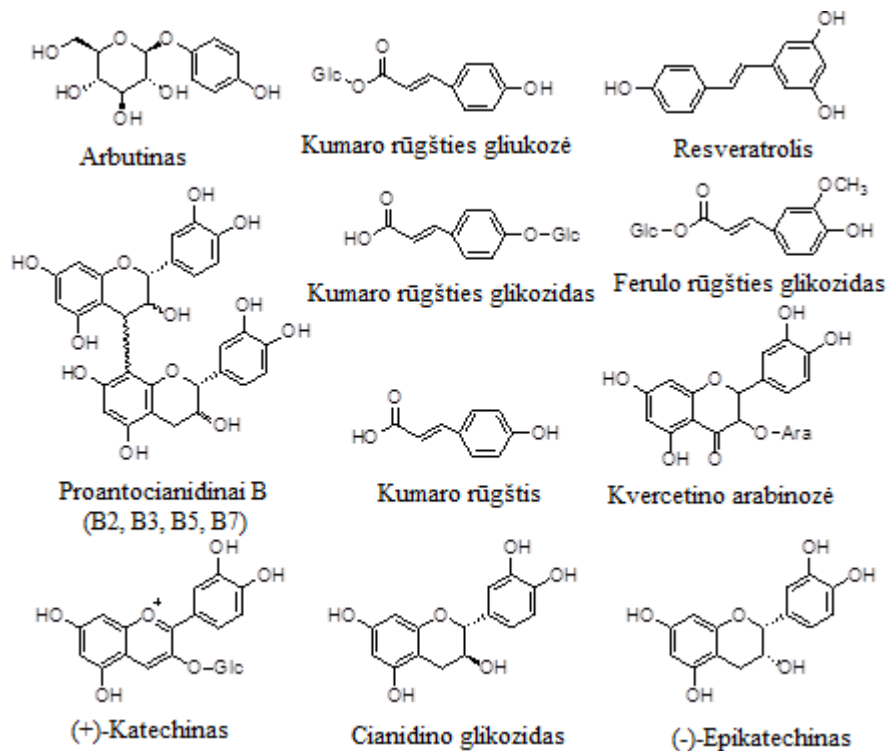
Mokslinėje literatūroje yra įvairių duomenų apie bruknėse esančių fenolinių junginių kiekį. Kylli ir kt., 2011 metais nustatė, kad antocianinų yra 257,0 mg/100 g sausos medžiagos, flavonolių 163,40 mg/100 g sausos medžiagos, hidroksicinamono rūgščių – 77,7 mg/100 g sausos medžiagos, hidroksibenzoinių rūgščių – 8,6 mg/100 g sausos medžiagos, flavan-3-olių ir proantocianinų – 1230,3 mg/100 g sausos medžiagos [78]. Puišo ir kt., atliko tyrimus su bruknių sultimis, kuriose nustatinėjo BFJ kiekį, bendrą antocianinų kiekį – 55,2 mg/l bei benzoinės rūgšties kiekį – 889,2 mg/l [77]. Taip pat mokslinėje literatūroje aptikta, kad Kivimaki ir kt. ištyrė fenolinių junginių kiekį bruknių sultyse. Buvo nustatyta, kad hidroksibenzoinės rūgšties yra 0,1 mg/100 g bruknių sulčių, hidroksinamono rūgšties – 2,5 mg/100 g bruknių sulčių, antocianinų – 5,9 mg/100 g bruknių sulčių, flavonolių – 3,8 mg/100 g bruknių sulčių, flavan-3-olių – 3 mg/100 g bruknių sulčių, proantocianidinų – 18,7 mg/100 g bruknių sulčių [79]. Kylli ir kt., remiantis efektyviosios skysčių chromatografijos analizės metu gautomis chromatogramomis nustatė, kad bruknėse yra proantocianidinų ir jie sudaro 71 % bendro fenolinių junginių kiekio. Taip pat, proantocianidinai buvo identifikuoti ir įvertinti kiekybiškai – antocianinai sudaro 15 %, flavanoliai – 9 %, hidroksicinamono rūgštis – 5 % ir hidroksibenzoinė rūgštis – 0,5 % [78]. Mokslinėje literatūroje buvo apibūdinti 5 antocianinai, kaip ir kvercetino ir kaempferolio dariniai, 2 monomerai, dimerai ir flavanolių trimerai, fenolinės rūgšties dariniai ir stilbenai [75].

Taip pat, buvo apibūdinti 28 fenoliniai junginiai identifikuoti bruknių uogose ir lapuose, naudojant skysčių chromatografiją su masių spektrometrija. Šeši iš šių junginių buvo rasti tik uogose. Aštuoni junginiai pirmą kartą identifikuoti bruknėse ir du iš jų, flavanolio acilglikozidai kvercetinas-3-O-[4-(3-hidroksi-metilglutaroil)]-R-ramnozė ir kaempferol-3-O-[4-(3-metilglutaroil)]-R-ramnozė buvo apibūdinti apskritai pirmą kartą [80].

Bruknės, kaip natūralus dažiklis suteikia maisto produktams patrauklią raudonai-oranžinę spalvą, todėl yra laikoma kaip sveikatai naudinga uoga. Vaisius iš tikrųjų nėra tik turtingas funkcionaliais junginiais tokiais kaip skaidulos ar mineralai bet taip pat priklauso vaisiams, kurie yra turtingi antioksidantais, tokiais kaip vitaminas C, A ir E (tokoferolis) ir ypatingai polifenoliais. Pagrindinė polifenolių klasė, kuri prisideda prie spalvos ir sveikatos poveikio savo turtingumu yra ekvivalenti gerai žinomoms paprastosioms spanguolėms (*Vaccinium macrocarpon*).

Bruknės (*Vaccinium vitis-idaea*) yra turtingos polifenoliais, tokiais kaip proantocianidinai, antocianinai, flavonoliai ir flavanoliai. Polifenolių gausus maistas teigiamai veikia žmogaus

kraujagyslių būklę [79]. Galima naudoti sveikatai bruknėms priskiriama dėl jų struktūrinių požymių įvairių fenolinių junginių, vitaminų, omega-3 riebalų rūgščių. Bruknių fenoliniai junginiai (ypatingai antiocianinai ir flavonolių glikozidų metabolizmas) buvo tyrinėti siekiant įrodyti jų biologinį pasisavinimą. Dauguma svarbių bruknių tyrimų buvo atlikti Suomijoje, Švedijoje ir Norvegijoje [81]. Bruknių bioaktyvūs junginiai pavaizduoti 7 paveiksle



7 pav. Bruknių bioaktyvūs junginiai [82]

Mokslinėje literatūroje buvo rasta duomenų apie bruknių lapų ir uogų tyrinėjimą, lyginant tarpusavyje. Šiame tyrime buvo siekiama nustatyti polifenolių junginius, tokius kaip antocianinai, flavonoidai ir taninai bruknėse augintose Niūfaudlende (JAV). Buvo pastebėta, kad fenolinių junginių kiekis buvo žymiai aukštesnis lapuose nei uogose. Lapai pasižymėjo aukštesniu bendru antioksidaciniu aktyvumu nei uogos. Tokie patys rezultatai gauti tiriant laisvųjų radikalų sujungimo gebą ir redukcines galios mažinimą [83].

Pastarojo meto tyrimai su bruknėmis (*V. Vitis-idaea*) yra susiję su didesniu sveikatos priežiūros skatinimu. Bruknių proantocianidinų sudėtis buvo faktiškai įrodyta kaip labai panaši į spanguolių, turinti didelį kiekį A tipo dimerų, kurie buvo apibūdinti kaip esminiai rodikliai dėl bakterinio antiadhezinio aktyvumo [75]. Epidemiologinių tyrimų duomenys rodo, kad didelis flavanolių turtingo maisto suvartojimas gali apsaugoti nuo išeminės širdies ligos, insulto ir skrandžio vėžio. Dideli kiekiai kvercetino buvo rasti svogūne, kopūstuose, vyšniniuose pomidoruose, tam tikrų rūšių salotose, spanguolėse, bruknėse ir mėlynėse [84].

Augalų ar uogų ekstraktai, kaip biologinės medžiagos gali būti sėkmingai naudojamos sidabro nanodalelių biosintezei. Atlikti tyrimai parodė, kad bruknių ir spanguolių sultys gali būti

naudojamos kaip sidabro jonų bioreduktoriai sintetinant sidabro nanodaleles [77]. Be to pastaruosius keletą metų bruknių produktai kartu su kitais fitochemiškai panašiais iš *Vaccinium genus*, spanguolių vis daugiau buvo parduodami kaip natūralus produktas šlapimo takų infekcijoms gydyti [82, 87].

Dygliuotasis šaltalankis (*Hippophaë rhamnoides L.*)

Dygliuotasis šaltalankis (*Hippophaë rhamnoides L.*), kuris priklauso *Elaeagnaceae* šeimai, yra daugiametis dygus lapuotis krūmas ar medis plačiai paplitęs Europoje (Vokietijoje, Suomijoje, Prancūzijoje, Didžiojoje Britanijoje) ir Azijoje (Kinijoje, Indijoje, Nepale). Šaltalankis yra populiarus vaistinis augalas, kuris tradiciškai naudojamas neapdorotas, kaip natūralus maisto produktas ir maisto papildas [86].

Šaltalankio uogos yra laikomos geru maistinių ir biologiškai aktyvių medžiagų šaltiniu nes pasižymi unikalios sudėtimi [86]. Biocheminė šaltalankio sulčių sudėtis priklauso nuo veislės, auginimo sąlygų, surinkimo laiko, sunokimo ir apdorojimo technologijos. Vitamino C, kuris yra vienas iš svarbiausių antioksidantų, šaltalankio sultyse gali būti nuo 28 iki 2,500 mg/100 g. Šaltalankiai neturi askorbato oksidazės, taigi vitaminas C daugiausiai yra išlaikomas apdorojimo metu. Tirpių medžiagų kiekis svyruoja nuo 7,0 iki 22,7 °Brix. Šaltalankių sultys savo sudėtyje turi didelius kiekius organinių rūgščių. Titruojamasis rūgštingumas kinta nuo 3,5 iki 7,3% ir pH vertės keičiasi nuo 2,7 iki 3,1. Karotenoidų kiekis kinta nuo 6,3 iki 34,5 mg/100 g priklausomai nuo veislės ir augimo vietos [87].

Šaltalankio uogų sudėtyje esantys bioaktyvieji junginiai priklauso nuo vaisiaus brandos, dydžio, rūšies, geografinės vietovės, klimato ir ekstrakcijos metodo [88]. Vaisiuose gausu šių vitaminų: C – iki 210 mg %, P – nuo 250,0 iki 1500,0 mg %, B₁ – iki 0,04 mg %, B₂ – iki 0,06 mg %, PP – iki 0,90 mg %, K – iki 1,3 mg %, folio rūgšties – iki 0,80 mg %. Riebalų randama apie 2,5–8 % (oleino, stearino, palmintino, linolo, linoleno riebalų rūgščių), sėklose 10,0–12,3 %. Karotenoidų – iki 170,0 mg %, sacharidų – 2,1 – 5,2 %, organinių rūgščių (citrinų, obuolių, vyno, sviesto) – 1,0–3,9 % [89]. Uogos yra nuo gelsvai oranžinės iki raudonos spalvos, todėl laikomos kaip, vertingų junginių šaltinis, tokių karotenoidų (β–karotino, likopeno, liuteino ir zeaksantino), flavonoidų (izorhamnetino, kvercetino, izorhamnetin-3–beta–d–glikozido; izorhamnetin-3–beta–D–glukozaminido; kaempferolio) organinių rūgščių, amino rūgščių, mikro– ir makro–elementų [91–92]. Daugelis bioaktyviųjų junginių buvo išskirti iš šaltalankio uogų, tokie kaip oleanolinė rūgštis, ursolinė rūgštis, 19–α–hidroksi–ursolinė rūgštis, 5–hidroksimetil–2–furan–karboksialdehidai, oktakosanoinė rūgštis, palmitino rūgštis. Izorhamnetinas išskirtas iš šaltalankio išspaudų, parodė žymų antioksidacinį aktyvumą keliuose antioksidaciniuose tyrimuose. Zeaksantino ir betakriptoksantino esteriai buvo nustatyti naudojant chromatografinę

analizę. Šie junginiai gali būti naudojami kaip maisto priedai, kosmetiniai ingredientai arba maisto papildai [89, 93]. Vitaminas C (askorbo rūgštis) šaltalankio uogose yra randamas dideliais kiekiais. Araya-Farias ir kt. nustatė, kad askorbo rūgštis šaltalankio uogose yra 184,63–23,15 (mg=100 g). Gautas vitamino C rezultatas yra panašus su vidutiniškai kitų mokslininkų nustatomu rezultatu 174,70–30,70 (mg=100 g). Atsižvelgiant į tai, kad šviežiuose apelsinuose yra 45 mg = 100 g, vitamino C kiekis šaltalankiuose yra didelis. Taip pat buvo nustatyta šaltalankio šviežių uogų maistinė ir mitybinė sudėtis. Tyrime apibūdinta, kad šių uogų pH vidutinė vertė yra 2,57, titruojamasis rūgštingumas 1,71 malio rūgšties %, drėgmės kiekis 87,01 g/100 g, vitamino C kiekis – 184,63 mg/100 g, vitamino E kiekis – 108,5 mg/kg, bendras fenolinių junginių kiekis – 175,25 mg/100g, bendras karotenoidų kiekis – 3,99 mg/100 g [88]. Hosseinianas ir kt., nustatė apytikslią šaltalankio uogų sudėtį: drėgmės kiekis – 81,38 %, baltymai – 0,91 %, riebalai – 4,41 %, pelenų kiekis – 0,78 %, angliavandenių – 12,52 % [93].

Apžvelgus mokslinę literatūrą aptikta nemažai informacijos apie šaltalankio uogų ir sėklų naudingumą sveikatai bei cheminę sudėtį. Šaltalankiai yra gerai žinomi dėl savo antioksidacinių savybių, prisikiriamų hidrofiliniams ir lipofiliniams junginiams, įskaitant askorbo rūgštį, flavonoidus, proantocianidinus ir karotenoidus. Dygliuotasis šaltalankis (*Hippophaë rhamnoides L.*) yra žinomas, kaip turintis daug biologiškai aktyvių junginių (tokių kaip vitaminai, fenoliniai junginiai, karotenoidai), svarbių žmogaus sveikatai ir mitybai. Vieni iš fenolinių junginių, gausiai esantys uogų ir lapų sudėtyje, yra flavonoidai, žinomi kaip geros kokybės bei identifikavimo biologiniai žymenys [94]. Dygliuotojo šaltalankio nauda sveikatai yra išsamiai aprašyta, dėl didelio kiekio biologiškai aktyvių fitocheminių junginių (pigmentų, fenolinių junginių, vitaminų), taip pat lakiųjų junginių, formuojančių specifinį skonį ir pasižyminčių bakteriniu (bakteriostatinu) veikimu. Lokieji junginiai yra puikūs uogų šviežumo, kokybės ir autentiškumo biologiniai žymenys [95].

Mokslinėje literatūroje aprašytas tyrimas apie šaltalankio sulčių filtravimą, naudojant celiuliozės acetatines membranas. Pagal gautus rezultatus, žaliose šaltalankio uogų sultyse sausų medžiagų yra 6,5 %, naudojant celiuliozės acetatines membranas gautame retante – 16,8 % ir permeate – 5,25 %. pH gautas visur vienodas – 2,7. Lipidų kiekis žaliose sultyse 0,83 %, retante – 7,90 %, o permeate nerasta. Baltymų kiekis žaliose sultyse 0,80 %, retante – 4,18 %, permeate – 0,37 %. Rūgščių (vyno rūgštis) sultyse – 4,22 %, retante – 4,20 %, permeate – 4,15 %. Redukuojančių cukrų sultyse – 0,70 %, permeate – 0,72 %. β -karoteno sultyse – 2,10 (mg %), retante – 21,62 (mg %), permeate – 0,004 (mg %). Vitamino C sultyse – 105,3 (mg %), retante – 109,2 (mg %), permeate – 70 (mg %) [96]. Pagrindiniai fenoliniai junginiai nustatyti šaltalankių sultyse yra galo rūgštis 1220 (mg/l), proantocianidinai (351 mg/l), izorhamnetino-3-O-rutinozidas (181 mg/l), izorhamnetinas-3-O gliukozido-7-orhamnozidas (75mg/l), katechninas (19 mg/l),

kvercetino 3-O-rutinozidas (14,5 mg/l), kvercetino-3-O-gliukozidas (9 mg/l), epikatechinas (2,8 mg/l), protokatechino rūgštis (1,5 mg/l), izorhamnetinas (1,4 mg/l), izorhamnetino-7-O-ramnozidas (13 mg/l) [92].

Šaltalankio panaudojimas yra skirstomas į tris sritis: maisto, kosmetikos ir farmacijos [97]. Šaltalankio vaisių sultys, sirupas ir aliejus naudojami skausmui malšinti, gydyti žaizdas, opas, vėžį, skrandžio ligas bei reguliuoti medžiagų apykaitą. Šviežiai išspaustos sultys vartojamos peršalimo, karščiavimo gydymui, avitaminozei, mažakraujystei gydyti, bei turint sumažėjusį skrandžio sulčių rūgštingumą [98].

Tipiškai, šaltalankio sultys yra oranžinės spalvos, neskaidrios, savo sudėtyje turinčios aliejaus, maistinių medžiagų ir netirpiųjų junginių. Šaltalankio sultys yra vienas iš populiariausių gaminamų produktų, kaip žaliavinė medžiaga tolesniam apdorojimui, pavyzdžiui, gaminant sirupus. Sulčių ir sirupo kiekis priklauso nuo naudojamos įrangos tipo ir gamybos technologijos. Seglinos, Karklinos, Ruisos, Krasnovos tyrime buvo padaryta išvada, kad vitaminas C šaltalankio sultyse yra gana stabilus gamybos metu. Bendri karotenoidų kiekio didžiausias kiekis nustatytas šaltalankio uogų minkštyme ir žievelėje iš esmės skiriasi priklausomai nuo paruošimo technologijos – sultys ir sirupas su aukščiausiu bendru karotenoidų kiekiu (vidutiniškai 10,7 mg/100 g) gali būti gauti kaitinant uogas daugiau nei 5 minutes prieš sulčių gamybą.

Žalios šaltalankių sultys nėra patrauklios vartotojams, nes išsiskirsto į tris sluoksnius. Viršutinis sluoksnis yra tirštas, kreminis ir oranžinės spalvos. Vidutinis minkštimo sluoksnis turi frakciją iš lipidų, o žemutinis sluoksnis susideda iš nuosėdų. Siekiant išvengti natūralaus išsiskirstymo, sultys buvo separuojamos kreminiame separatoriuje, kuris atskyrė sultis į dvi frakcijas: riebalų gausią frakciją „kremą“ ir spalvą keičiančias sultis. „Kreminė“ frakcija susideda iš šaltalankių aliejaus ir šis kiekis sudaro ne mažiau 3 – 4 % visos sulčių masės. „Kreminė“ frakcija gali būti naudojama medicininių produktų ir kosmetikos gamyboje. Spalvą keičiančios sultys tinkamos perdirbimui į sultis, drebučius, sirupus, tyres bei kitus produktus [99].

1.3. Pieno produktų praturtinimas biologiškai aktyviomis medžiagomis

Pienas yra fiziologinis skystis, kuriame yra bioaktyvių ir maistinių medžiagų: riebalų (3,7 %), baltymų (3,4 %), pieno cukraus (laktozės)(4,8 %), vandens (83–89 %), vitaminų ir mineralų (0,7 %) [102–103]. Maždaug 80% pieno baltymų sudaro kazeinas (α_{s1} , α_{s2} –, β – ir κ –kazeinas). Be pagrindinių baltymų (kazeino ir išrūgų), pienas susideda iš biologiškai aktyvių junginių, tokių kaip antioksidantai, kurie pasižymi naudingomis fiziologinėmis ir biologinėmis funkcijomis bei poveikiu žmogaus metabolizmui [105–107].

Šiomis dienomis yra padidėjęs susidomėjimas naujais funkcionaliais produktais bei jų įtraukimu į mitybą [103, 108]. Maisto praturtinimas yra vienas iš svarbiausių procesų tobulinant maistinių medžiagų kokybę ir kiekį maiste, nes gali būti labai ekonomišką visuomenės sveikatos atžvilgiu. Dėl vis augančio pieno produktų suvartojimo lygio, šių produktų praturtinimas gali veiksmingai sumažinti arba užkirsti kelią ligoms, susijusioms su mitybos trūkumais [100]. Vaisių sultys, milteliai ir ekstraktai turi potencialo būti panaudoti kaip funkciniai ingredientai maisto pramonėje, įskaitant pieno sektorių [108–110]. Mokslinėje literatūroje aptikti duomenys dėl pieno produktų praturtinimo yra pateikti 5 lentelėje.

5 lentelė. Mokslinėje literatūroje aptikti duomenys dėl pieno produktų praturtinimo

Objektas	Biologiškai aktyvios medžiagos, priedai	Literatūros šaltinis
Pieno produktai	Fenoliniai junginiai iš alyvuogių aliejaus ekstraktų	[107]
	Natūralūs (<i>Matricaria recutita L.</i> , <i>Foeniculum vulgare</i>) ir sintetiniai (kalio sorbatas) antioksidantai	[108]
	Antioksidantai (flavanoliai) iš vynuogių sėklų ekstraktų, riešuto kevalo	[109] [110]
	Sojos, vynuogių ir grūdų dribsnių mišinys	[111]
	Ultrafiltruoto sojų pieno koncentratas su inulinu	[112]
	Ananaso žievelės milteliai	[113]
	Vitaminas D ₃	[114]
	Žaliosios, baltosios ir juodosios arbatų ekstraktai	[115]
	Slyvos	[116]
	Mineralinės medžiagos: kalcis ir geležis	[100]
Folio rūgštis	[117],[118]	

Mokslinėje literatūroje aptikti duomenys rodo, kad dažniausiai ir lengviausiai praturtinamas pieno produktas yra jogurtas, todėl tolesniuose tyrimuose pasirinktas kaip vienas iš tyrimo objektų.

2. TYRIMŲ OBJEKTAI IR METODAI

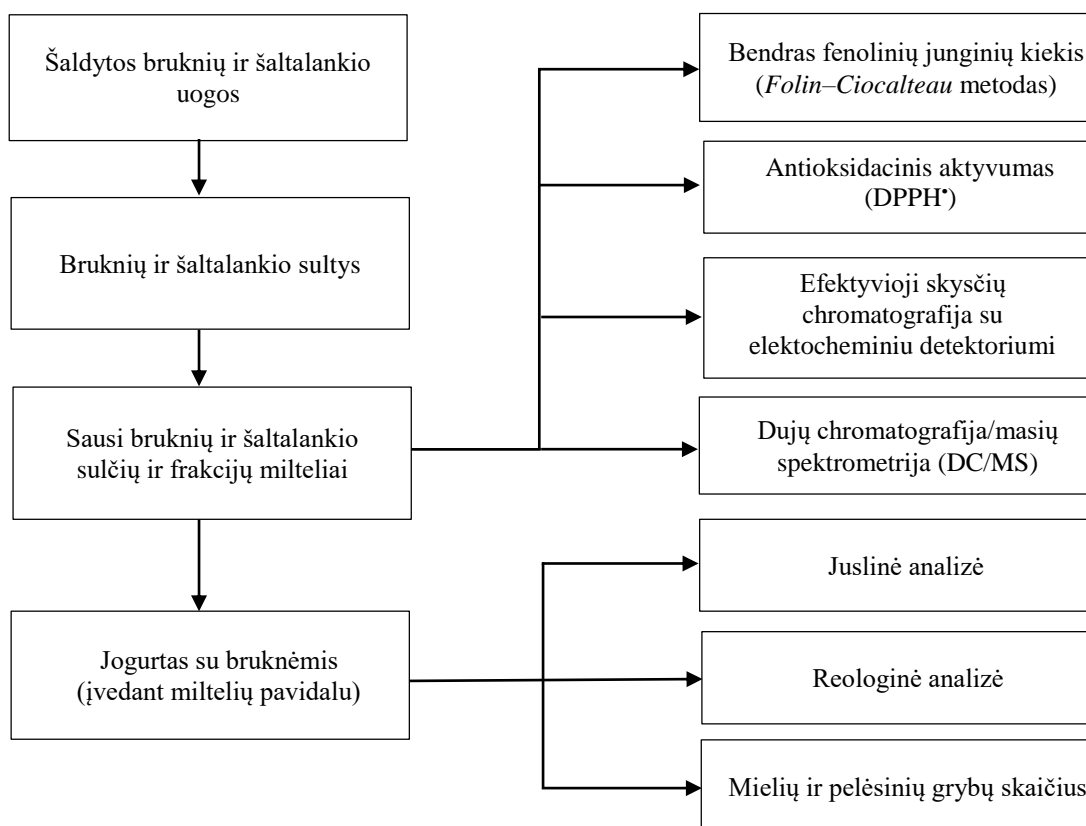
2.1. Tyrimų objektai

Tiriamąo darbo objektai: augalinės žaliavos – uogos ir jogurtas, praturtintas liofilizuotomis bruknių sultimis ir jų frakcijomis. Tiriamąo darbo metu analizuotos bruknių uogų (*Vaccinium vitis – idaea*), šaltalankio (*Hippophaë rhamnoides L*) sultys ir jų frakcijos po ultrafiltravimo proceso. Bendra atliktų tyrimų schema yra pateikta 8 paveiksle.

- *Bruknės* (BS – bruknių sultys; BSP1 – bruknių permeatas, gautas 1 000 kDa membrana; BSP2 – bruknių permeatas, gautas 20 000 kDa membrana; BSR – bruknių sulčių retantas).

- *Šaltalankiai* (ŠS – šaltalankio sultys; ŠSP – šaltalankio sulčių permeatas, gautas 20 000 kDa membrana; ŠSR – šaltalankio sulčių retantas).

- *Jogurtas* (Kontrolinis - natūralus jogurtas be priedų; BSM–1 – bruknių milteliai be ultrafiltravimo įdėti prieš pasterizacijos procesą; BRM–1 – bruknių milteliai be ultrafiltravimo įdėti po pasterizacijos proceso; BSM–2 – bruknių milteliai po ultrafiltravimo įdėti prieš pasterizacijos procesą; BRM–2 – bruknių milteliai po ultrafiltravimo įdėti po pasterizacijos proceso).



8 pav. Bendra vykdytų tyrimų schema

2.2. Tyrimų metodai

2.2.1. Cheminiai reagentai ir medžiagos

Tyrimams naudoti reagentai ir medžiagos yra pateikti 6 lentelėje.

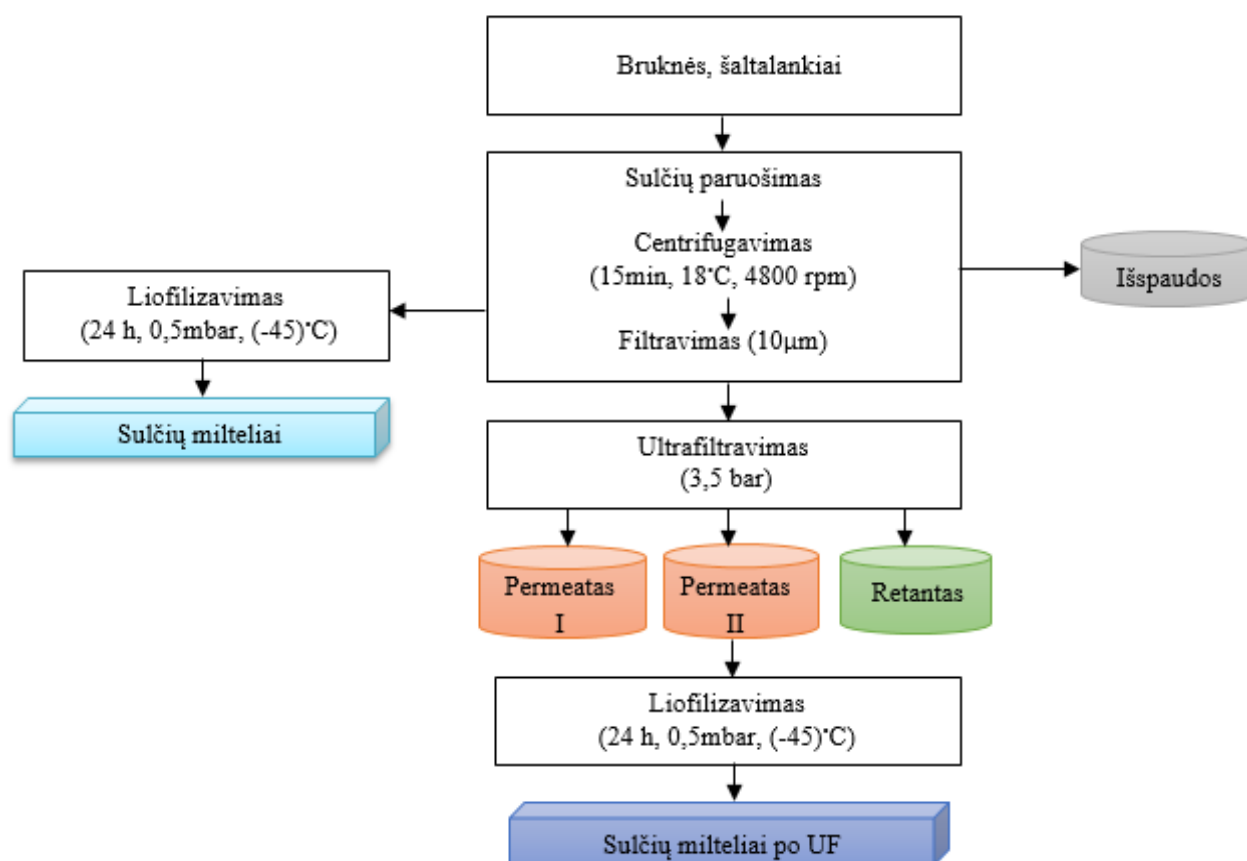
6 lentelė. Tyrimų metu naudoti reagentai ir medžiagos

Žaliavos, medžiagos ir reagentai	Specifikacija	Gamintojas, tiekėjas
Broknių uogos	Sultingos, raudonos uogos.	„FUDO“, Kaunas, Lietuva
Šaltalankio uogos	Šaltalankio vaisius apie 0,8–1 cm ilgio, rutuliškas arba ovalinis, rausvas arba oranžinis.	Privatus ūkis, Kaunas, Lietuva
Membranos	Ovalios, polisulfoninės, kompozicinės fluoro polimero; 1,000, 20,000 kDa	Alfa Laval, Lundas, Švedija
Galo rūgštis	balti, smulkūs milteliai	St. Luisas, JAV
Metanolis 75%	bespalvis, lakus skystis	Bratislava, Slovakija
Natrio karbonatas (Na ₂ CO ₃)	balti milteliai	Glivicė, Lenkija
Natrio acetatas (1 N)	balti milteliai	Bratislava, Slovakija
<i>Folin-Ciocalteu</i> reagentas	gelsvas skystis	St. Luisas, JAV
2,2–difetil–1–pikrildrazilas	violetiniai milteliai	St. Luisas, JAV
2–hidroksibenzoinė rūgštis	ESC grynumo	–
3,4–hidroksibenzoinė rūgštis	ESC grynumo	–
Chlorogeno rūgštis	ESC grynumo	–
Kumarinas	ESC grynumo	–
Ferulo rūgštis	ESC grynumo	–
Hesperidinas	ESC grynumo	–
Kaempferolis	ESC grynumo	–
Kvercetas	ESC grynumo	–
Rutinas	ESC grynumo	–
Startinė kultūra, Yo–Flex	Termofilinė liofilizuota pieno rūgšties kultūra, YF–L903	„Chr Hansen“, Hoersholm, Danija
Chloramfenikolis	Balti milteliai	„Abtek biologicals Ltd.“. Liverpoolis, Jungtinė Karalystė
Chloramfenikolio agaro pagrindas	Rausvi milteliai	Lab M Limited, Lankashiras, Jungtinė Karalystė

2.2.2. Bruknių ir šaltalankio sultys ir jų frakcijos

Šaltalankio uogos (*Hippophaë rhamnoides L.*) buvo gautos iš privataus ūkio, o bruknės (*Vaccinium vitis-idaea*) išgytos iš įmonės „FUDO“ Kaunas, Lietuva.

Nuplautos šaltalankio, bruknių uogos (30 kg) buvo perrinktos, siekiant atskirti blogos kokybės uogas (su defektais, pajuodusias, nepakankamai prinokusias). Bruknių, šaltalankio sultys buvo spaudžiamos naudojant trintuvą, juo atskiriant minkštimą ir odeles. Toliau, siekiant pašalinti smulkesnes daleles ir gauti skaidresnes sultis, buvo atliekamas centrifugavimas 15-20 min, 18-20 °C, 4800 aps/min greičiu, naudojant centrifugą (Velocity 18R, Londonas, Didžioji Britanija). Augalinių žaliavų frakcijų paruošimas ir išgryninimas membraninės filtracijos būdu yra pavaizduotas 9 paveiksle.

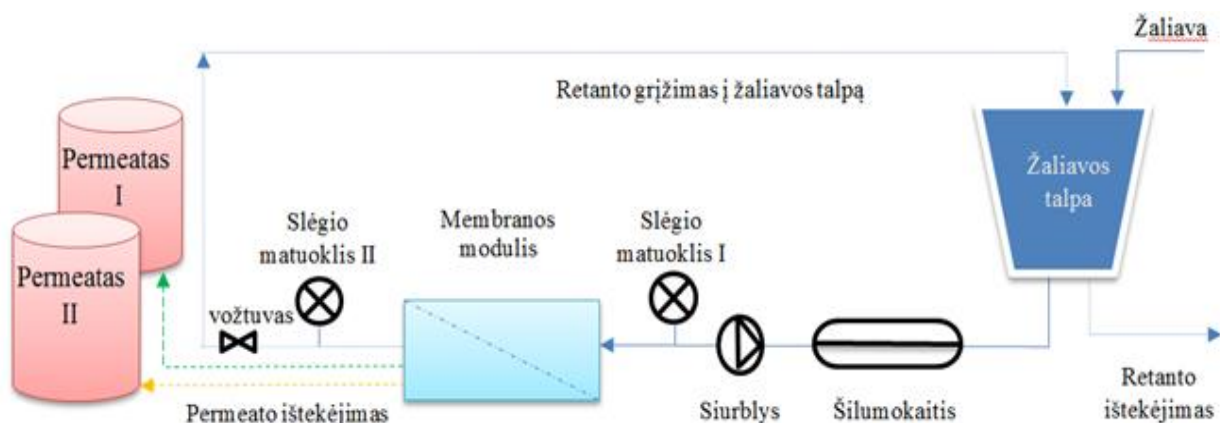


9 pav. Augalinių žaliavų frakcijų paruošimas ir išgryninimas membraninės filtracijos būdu

Centrifuguotos ir filtruotos bruknių ir šaltalankio sultys buvo frakcionuotos, naudojant laboratorinį mažo našumo membraninės filtracijos įrenginį (Alfa Laval LabStak M10, Nakskovas, Danija) su 4 plokštelinio tipo polisulfoninėmis bei pagamintomis iš kompozicinio fluoro polimero iki 50 % sukongravimo (ETNA) membranomis (Alfa Laval, Lund, Švedija). Prieš ultrafiltravimą išspaudtos augalinių žaliavų sulčių bei po ultrafiltravimo proceso gautų frakcijų

(permeatas, retantas) mėginiai liofilizuoti. Ultrafiltravimo sistemos technologinė schema yra pateikta 10 paveiksle.

Membraninės filtracijos metu, vykstant kryžminiam srauto filtravimui proceso metu pro pusiau pralaidžias membranas leistos augalinių žaliavų sultys. Veikiant 3,5 bar transmembraniniam slėgiui atsiskyrė tūriškai ir/arba chemiškai į dvi frakcijas – permeatą, praeinantį pro membranas ir koncentruojamąją dalį retantą, kuriame buvo visos suspenduotos medžiagos ir baltymai [2]. Frakcionavimą lemia molekulių dydis. Ultrafiltravimo proceso metu slėgis buvo nekintamas dydis – 3,5 bar. Šaltalankio sultys ultrafiltruotos nepalaikant pastovios temperatūros, o bruknių sultys frakcionuotos, bandant išlaikyti pastovią 15–16 °C temperatūrą.



10 pav. Ultrafiltravimo sistemos technologinė schema

Prieš ir po ultrafiltravimo proceso buvo atliekamas membranų plovimas, siekiant išvengti mikrobiologinio užterštumo ir užtikrinti gaunamų frakcijų tinkamą kokybę. Membranų plovimo procedūra yra pateikta 7 lentelėje.

7 lentelė. Membranų valymo procedūra

	Tipas	pH vertė	Temperatūra (°C)	Laikas (min)
1.	Skalavimas	–	–	20
2.	Enzimų plovimas	9,5–10,5	50	45
3.	Skalavimas	–	–	20
4.	Rūgštinis plovimas	1,5–2	50	30
5.	Skalavimas	–	–	20
6.	Šarminis plovimas	9,5–11,5	50	30
7.	Skalavimas	–	–	20
8.	Užmerkimas	–	–	–

Broknių iš šaltalankio sulčių ir jų gautų frakcijų bandiniai buvo liofilizuoti sublimatoriuje (Zirbus sublimator 3x4x5, Bad Grund, Vokietija) naudojant vakuuminį džiovinimą šalčiu 24 h, 0,5 mbar slėgyje, (-45) °C temperatūroje, siekiant gauti sausus frakcijų miltelius tolesniems tyrimams.

2.2.3. Broknių, šaltalankio sulčių ir jų frakcijų antioksidacinių savybių tyrimų metodai

Bendrojo fenolinių junginių kiekio nustatymo metodas

Bendras fenolinių junginių kiekis (BFJ) buvo matuotas broknėse ir šaltalankiuose. Šis metodas paremtas fenolinių junginių ir *Folin–Ciocalteu* reagento spalvine reakcija bei susidariusios spalvos intensyvumo matavimu spektrofotometru nustatant fenolinių junginių kiekį.

Fenolinių junginių kiekio nustatymui sausuose sulčių milteliuose, sudaryta kalibracinė kreivė galo rūgščiai (1 priedas). Tuo tikslu paruošti šių koncentracijų standartiniai metanoliniai galo rūgšties tirpalai: 0,00625; 0,01875; 0,025; 0,04375; 0,0875 mg/ml. Ruošiant *Folin–Ciocalteu* reagentą 1 ml *Folin – Ciocalteu* standartinio reagento praskiesta distiliuotu vandeniu santykiu 1:10. Natrio karbonato 7,5 proc. tirpalas paruoštas atsverus 7,5 g Na₂CO₃ ir praskiedus distiliuotu vandeniu iki 100 ml. Nustatant galo rūgšties absorbcijos reikšmes imtas 1 ml kiekvienos koncentracijos galo rūgšties tirpalo, sumaišytas su 5 ml paruošto *Folin – Ciocalteu* reagento ir 4 ml 7,5 proc. Na₂CO₃ tirpalo. Po 30 min. išmatuota tirpalų absorbcija UV–VIS spektrofotometru (Genesys, Ilinojus, JAV), esant 765 nm bangos ilgiui. Absorbcijos nulinis taškas išmatuotas naudojant metanolį. Pagal gautas absorbcijos reikšmes toliau yra nubraižyta kalibracinė kreivė galo rūgščiai. Fenolinių junginių kiekio nustatymui tiriamuose bandiniuose, paruošti 0,07 proc. koncentracijos tirpalai. Eksperimentui imtas 0,1 ml paruošto ekstrakto tirpalo sumaišant jį su 1 ml *Folin – Ciocalteu* reagentu ir 3 ml 7,5 proc. Na₂CO₃ tirpalu. Tirpalų absorbcija po 30 minučių išmatuota spektrofotometru esant 765 nm bangos ilgiui. Kiekvieno bandinio matavimas pakartotas 3 kartus ir išreikštas šių verčių vidurkis (±standartinė paklaida). Absorbcijos nulinis taškas išmatuotas naudojant distiliuotą vandenį [119].

Bendras fenolinių junginių kiekis (C) yra apskaičiuojamas pagal (1) formulę ir išreiškiamas galo rūgšties ekvivalentais (GRE, µg GR/g sulčių miltelių):

$$C = \frac{c \cdot V}{m} ; \quad (1)$$

C – bendra fenolių suma, išreikšta galo rūgšties ekvivalentais;

c – galo rūgšties kiekis nustatytas pagal kalibravimo kreivę, mg/ml;

V – tiriamos ištraukos tūris (ml), m – tyrimui imta sulčių miltelių masė, g.

Bruknių, šaltalankio frakcijų ekstraktų antioksidacinio aktyvumo nustatymas fotometriniu DPPH[•] radikalų sujungimo metodu

Ekstraktų 2,2–difenil–1–pikrilhidrazilo (DPPH[•]) laisvųjų radikalų sujungimo geba matuota fotometriškai pagal Brand–Williams metodiką [120]. Reaguojant DPPH[•] radikalui su antioksidantu, kuris gali atiduoti vandenilio joną, jis redukuojamas dėl to tirpalo spalva kinta iš intensyvios violetinės į šviesiai violetinę, ir galiausiai į geltoną. Tyrimams paruošti 0,07 % koncentracijos bandinių ir DPPH[•] reagento tirpalai.

Pirmiausia buvo paruoštas DPPH[•] radikalo tirpalas. Dėl to, 10 mg DPPH[•] radikalo miltelių buvo ištirpinta 125 ml acetonitrile (ACN), vėliau į tirpalą įpilta 125 ml metanolio. Tyrimui naudotas DPPH[•] tirpalas buvo skiedžiamas buferiniu tirpalu (3,402 g natrio acetato ištirpinta distiliuotame vandenyje, pH=5, esant ne tokiam pH rūgštinama 33 % acto rūgštimi) ištirpinant tokį reagento kiekį, kad jo absorbcija, išmatuota spektrofotometru esant 515 nm bangos ilgiui, būtų ~ 0,600 A. Po to buvo ruošiami 7 % koncentracijos metanoliniai tiriamų liofilizuotų žaliavų frakcijų bandiniai. Šie mėginiai buvo tirpinti 75% metanolyje ir tirpinimo metu laikyti ultragarsinėje vonelėje (Ultrasonics, Astrason, JAV).

Matavimai atlikti sumaišant 77 µl kiekvienos koncentracijos mėginio tirpalą ir 3 ml metanolinį DPPH[•] radikalo tirpalą. Sumaišytų tirpalų reakcija atlikta tamsoje ir absorbcijos sumažėjimas išmatuotas UV–IS spektrofotometru (Genesis, Ilinojus, JAV), esant 515 nm bangos ilgiui praėjus 30 minučių po sumaišymo. Pagal absorbcijos sumažėjimą apskaičiuota radikalo sujungimo geba:

$$DPPH^{\bullet}_{\text{sujungimas, \%}} = \left[\frac{A_0 - A_B}{A_0} \right] * 100; \quad (2)$$

A_0 – DPPH[•] reakcijos sistemos optinis tankis, kai (t=0);

A_B – sistemos su antioksidantu optinis tankis, kai (t= 30 min.).

Sudarytos visų tirtų mėginių DPPH[•] radikalo sujungimo gebos priklausomybės nuo jų koncentracijų. Apskaičiuotos mėginių koncentracijos reikalingos 50 % DPPH[•] radikalo.

2.2.4. Bruknių ir šaltalankio sulčių ir jų frakcijų cheminės sudėties tyrimų metodai

Efektyvioji skysčių chromatografija

Efektyvioji skysčių chromatografija atlikta naudojant skysčių chromatografą (LC–10AD VP, Shimadzu, Japonija) su elektrocheminiu detektoriumi (ED) (5600 COulArray), esant 100, 300, 500, 700 mV elektros srovei. ESC sistema buvo sudaryta iš šių dalių: siurbliai (LC–10AD VP, Shimadzu, Japonija), degazatorius (DGU 14A, Shimadzu, Japonija), autoinjektorius (Sil–

10AD VP, Shimadzu, Japonija), sistemos kontrolierius (SCL-10A VP, Shimadzu, Japonija), termostatas (CTO-10AC VP, Shimadzu, Japonija).

Analizei atlikti buvo ruošiami 1 % koncentracijos bandiniai (liofilizuotos frakcijos tirpinamos metanolyje). Paimama 20 µl bandinio, kuris išvirkščiamas naudojant automatinį mėginių ėmiklį (modelis 542). Tyrimas atliktas atvirkštinių fazių kolonėlėje C₁₈, 80 mm x 4,6 mm, 3 µm (ESA). Judrios fazės srauto greitis buvo nustatytas 0,25 ml/min [119].

Dujų chromatografija/masių spektrometrija

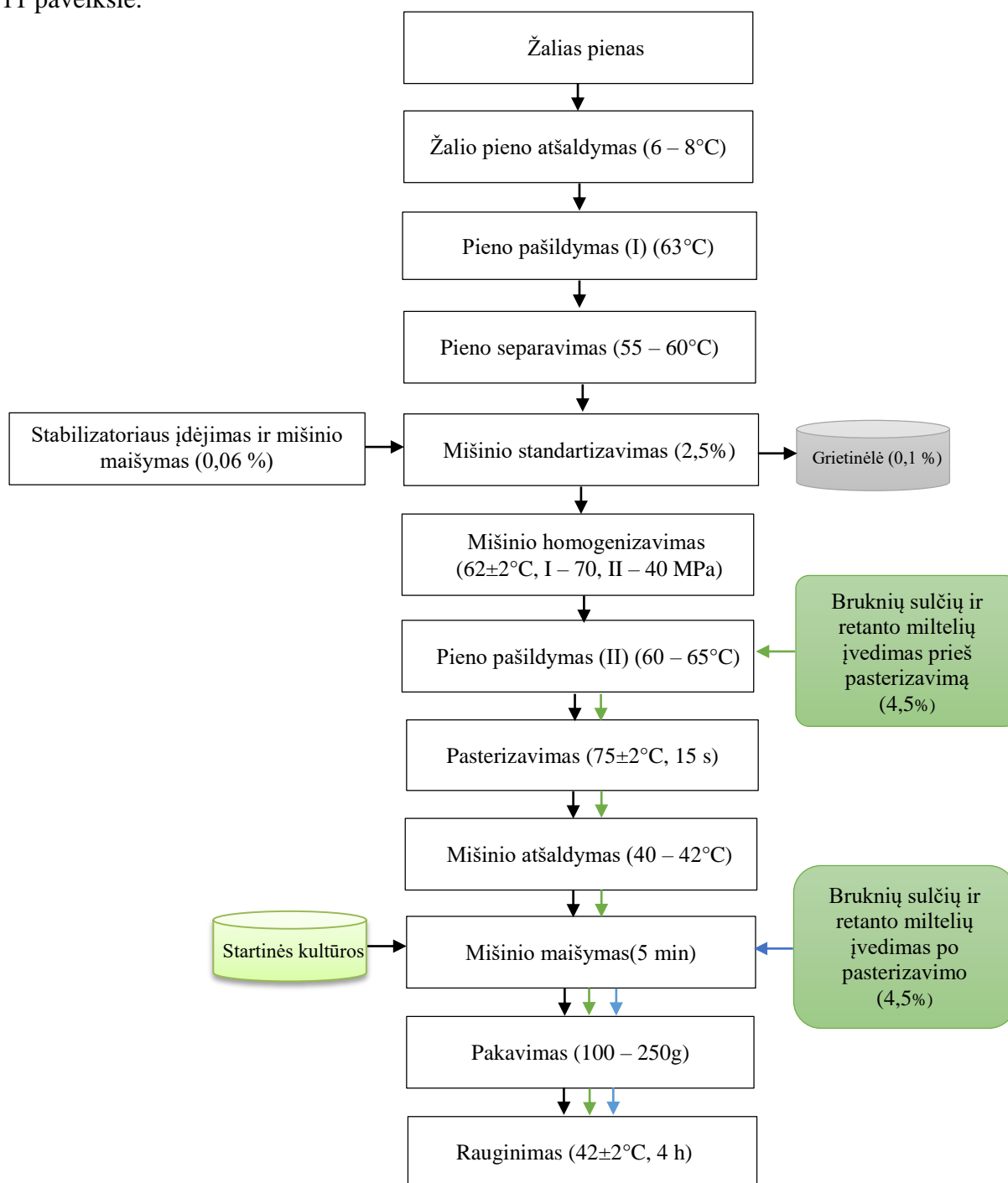
Viršerdvėje esantys augalinių žaliavų sulčių frakcijų lakieji junginiai buvo nustatyti kietos fazės mikroekstrakcija (SPME) ir identifikuoti dujų chromatografu su masių spektroskopiniu detektoriumi (GC-MS-QP2010, Shimadzu, Tokijas, Japonija). Liofilizuoti augalinių žaliavų (šaltalankio) sulčių frakcijų mėginiai po 0,2 g buvo patalpinti į 4 ml tūrio buteliukus su dangteliuose esančia uždaroma skylute ir inkubuoti 20 min 60°C temperatūroje, siekiant pusiausvyros taro bandinio matricos ir viršerdvės. Liofilizuoti augalinių žaliavų (bruknių) sulčių frakcijų mėginiai po 1 g buvo patalpinti į 4 ml tūrio buteliukus su dangteliuose esančia uždaroma skylute ir inkubuoti 20 min 70 °C temperatūroje, siekiant pusiausvyros taro bandinio matricos ir viršerdvės. Lakiųjų junginių ekstrakcija buvo atlikta kietos fazės mikroekstrakcijos metodu: į buteliukus pro skylutę įleidžiamas 85 µm storio karbokseno/polidimetilsiloksano (šaltalankio) ir divenilbenzeno/polidimetilsiloksano (bruknių) (Supelco, Belefontas, JAV) pluoštas ir lakiųjų junginių ekstrakcija vykdoma 60 °C temperatūroje 15 minučių. Iš karto po ekstrakcijos bandiniai buvo desorbuojami 2 min 280 °C temperatūroje.

Analizė atlikta dujiniu chromatografu (Restekas, Belefontas, JAV) tyrimui naudotas liepsnos jonizacijos detektorius su poline kolonėle 30 m x 0,25 mm vidinio skersmens, adsorbento sluoksnis 0,25 µm. Nešančios dujos – helis. Krosnies temperatūra užprogramuota kaitinti nuo 60 °C ir didinant iki 200 °C, 5 °C/min greičiu keliama iki 200 °C didinama temperatūra kas 20 °C iki 280°C temperatūros su 2 min galutiniu išlaikymu. Lakieji junginiai identifikuojami pagal sulaikymo laikus ir masių spektrus, lyginant juos su junginių masių spektrais esančiais NIST05 *Mass Spectral* ir FFNSC1.3 programų duomenų bibliotekose, o procentinė lakiųjų junginių sudėtis apskaičiuota pikų plotus lyginant su standartiniais pikų plotais [119].

2.2.5. Bruknių sulčių ir jų frakcijų pritaikymo jogurte tyrimai

Liofilizuotos bruknių sultys ir jų retanto frakcija buvo pritaikytos jogurto gamybos technologijoje, gaminant termostatinu būdu. Jogurto gamybai skirtas, žalias pienas buvo pristatytas į laboratoriją iš privataus ūkio (Tartu, Estija). Pirmiausia buvo pamatuotas žalio pieno riebumas ir pH vertė. Visa tai įvertinus, apskaičiuota kiek lieso pieno ir žalio pieno reikia norint sudaryti 2,5 % riebumo pieno mišinį jogurto gamybai. Reikiamas žalio pieno kiekis prieš tai

pašildytas vandens vonioje iki 63 °C temperatūros nukreipiamas separavimui. Po separavimo plokštelineje centrifugoje („Armfield“, Ringvudas, Jungtinė Karalystė) gautas liesas pienas buvo sumaišytas su paskaičiuotu žalio pieno kiekiu. Jogurto gamybos technologinė schema yra pateikta 11 paveiksle.



11 pav. Jogurto su bruknių sulčių frakcijomis gamybos technologinė schema¹

¹ Kontrolinis mėginys → , BSM–1 ir BRM–1 mėginiai → , BSM–2 ir BRM–2 mėginiai → .

Vėliau visas pieno mišinys buvo padalintas į 5 vienodas dalis – Kontrolinio, BSM–1, BRM–1, BSM–2 ir BRM–2. Po to kiekviena mišinio dalis šildyta, kad pasiekti homogenizavimui tinkamą 63 °C temperatūrą. Šildymo metu, kuomet temperatūra pasiekia 40 °C laipsnių, į atitinkamą pieno mišinį buvo įvestas pasvertas atitinkamas kiekis stabilizatoriaus ir išmaišoma. Po homogenizavimo proceso homogenizatoriuje (FT9, „Armfield“, Ringvudas, Jungtinė Karalystė) kelios pieno mišinio dalys, skirtos gaminti BSM–2 ir BRM–2 jogurto bandinius, buvo pasterizuotos 75 °C temperatūroje, tuomet atšaldytos iki 40–42 °C temperatūros. Vėliau į atšaldytus mišinius talpose buvo įvesti bruknių sulčių ir retanto frakcijos milteliai bei raugo startinė kultūra. Siekiant geresnio bruknių miltelių pasiskirstymo mišinyje buvo naudotas smulkintuvas (Philips HR 1671/90 Amsterdam, Netherlands).

Startinė kultūra buvo paruošta ištirpinant raugo miltelius pasterizuotame piene (85 °C temperatūra) ir laikyta iki naudojimo termostate 42 °C temperatūroje. Į atitinkamas mišinio dalis skirtas pagaminti BSM–1, BRM–1 jogurto mėginius prieš pasterizavimo procesą įvesti bruknių sulčių ir retanto frakcijos milteliai. Startinė kultūra įvesta po pasterizavimo ir atšaldymo režimu.

Visos pieno mišinio dalys buvo supakuotos į mažesnius arba didesnius polimerinius indelius naudojant automatinę pakavimo įrangą ir paliktos termostate rauginimui 42±2 °C temperatūroje 4 valandoms.

pH ir sausųjų medžiagų kiekio matavimas

Pagamintuose jogurto mėginiuose pH vertės ir sausosios medžiagos buvo matuotos naudojant pH matuoklį (HR 83) ir sausų medžiagų kiekio matavimo įrangą su halogenine lempa („Mettler Toledo“, Šveicarija), nustačius programą skirtą jogurtui. Tyrimų metu, pH vertės ir sausų medžiagų kiekis buvo matuojami kambario temperatūroje (19–20 °C), pirmą ir septintą laikymo dieną po produkto pagaminimo.

Reologinė analizė

Klampa buvo matuojama naudojant Brookfield DVII Ultra v6.1 RV reometrą (Brookfield, Middleboro, MA, JAV), V–73 veleno tipas ir ULA adapteris. Prieš kiekvieną analizę jogurtas buvo švelniai dešimt kartų šaukštu maišomas siekiant užtikrinti homogeniškumą visame jogurto indelyje. Kiekvienam matavimui skirtas naujas jogurto indelis. Klamos matavimai atlikti tris kartus. Jogurto mėginio temperatūra buvo 4,8 °C, matavimo trukmės laikas – 4 minutės, greitis – 3 rpm. Kiekvienam matavimui sunaudota 60 g mėginio.

Reologinė analizė atlikta remiantis Sun–Waterhouse ir kt., 2013 metais atliktame tyrime aprašytais sąlygomis su nedidelėmis modifikacijomis [121].

Juslinė analizė

Juslinį įvertinimą atliko bakalauro ir magistro studijų pakopų studentai iš Estijos Gamtos Mokslų Universiteto (Estonian University of Life Sciences), kurie buvo laikomi kaip potencialūs, nuolatiniai jogurto vartotojai. Įvertinime dalyvavo 23 vertintojai, kurių amžius svyravo nuo 21 iki 29 metų. Juslinė bandinių analizė buvo atlikta 1 kartą. 100 g, 5 tipų jogurto bandinių mėginiai buvo išlaikyti 7 dienas. Mėginiai buvo sudėtu į plastikinius indelius ir atsitiktinai koduoti naudojant triženklis skaitmenis [122]. Juslinio įvertinimo anketa yra pateikta 12 paveiksle.

Juslinis įvertinimas

Data:
Laikas:
Amžius:
Lytis:
Sveikatos būklė:

Gerbiamas vertintojau, prašau įvertinti juslines produkto savybes, pažymėdami skaičių, kur geriausiai atitinka jūsų nuomonę.

Jogurto mėginio numeris:

	<u>Mėginio spalva</u>									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Labai netinkamas										labai tinkama
	<u>Homogeniškumas</u>									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Labai nevienodas										labai vienodas
	<u>Klampumas</u>									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Labai silpnas										labai stiprus
	<u>Kvapas</u>									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Labai silpnas									1	abai stiprus
	<u>Skonio intensyvumas</u>									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Labai silpnas										labai stiprus
	<u>Skonio priimtumas</u>									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Labai nemalonus										labai malonus
	<u>Liekamasis skonis</u>									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Labai silpnas										labai stiprus
	<u>Kartumas</u>									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Labai silpnas										labai stiprus
	<u>Rūgštumas</u>									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Labai silpnas										labai stiprus
Komentariai _____										

12 pav. Juslinio įvertinimo anketa

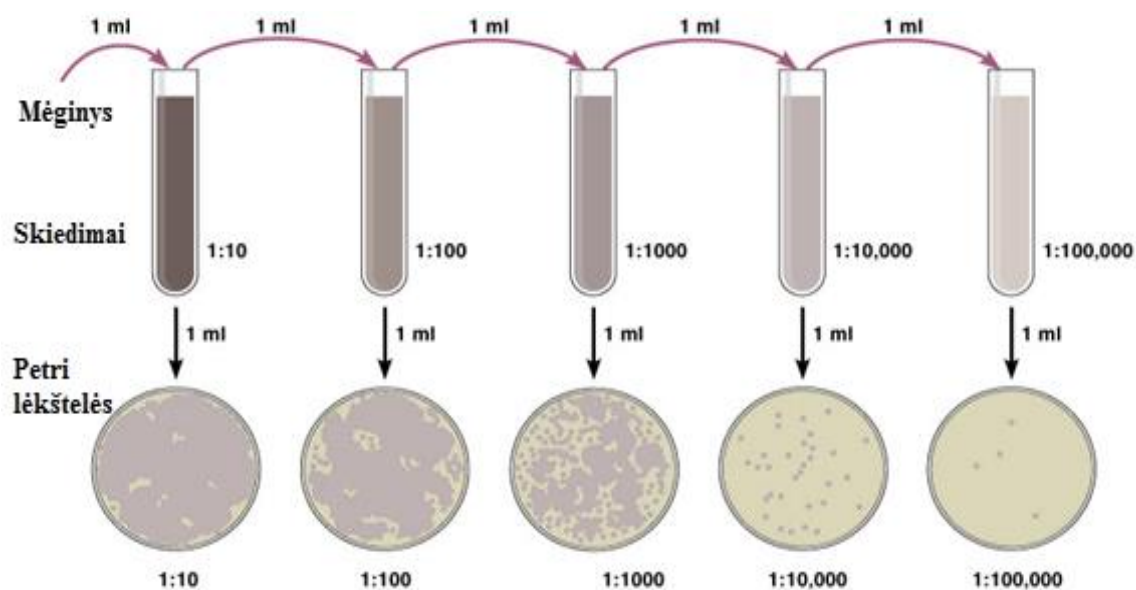
Mielių ir pelėsinų grybų skaičiaus nustatymas

Skiedimo faktoriai:

- ❖ Bruknių ir retanto frakcijų milteliai – 10^{-3} , 10^{-4} ir 10^{-5}
- ❖ Kontrolinis jogurto bandinys – 10^{-2} , 10^{-3} ir 10^{-4}
- ❖ Jogurtas su milteliais – 10^{-3} , 10^{-5}

Mielių ir pelėsinų grybų skaičiaus nustatymo metodas pagrįstas produkto mėginio ir jo skiedinių sėjimu į atrankiąją agarą terpę, pasėlių auginimą aerobinėmis sąlygomis 5 paras 25 °C temperatūroje, būdingųjų mielių ir pelėsinų grybų kolonijų skaičiavimu.

Po 1 ml tiriamojo mėginio skiedinio buvo sėjama į 2 lėkšteles. Į kiekvieną Petri lėkštelę įpilama apie 15 ml ištirpintos ir atvėsintos 45 °C vandens vonelėje agarų terpės. Skiedinys buvo sumaišytas su terpe sukant ir stumdant Petri lėkšteles, leidžiama mišiniui sustingti palikus ant horizontalaus paviršiaus. Toliau lėkštelės apverčiamos ir laikomos 5 paras termostate 25 °C temperatūroje [123]. Mielių ir pelėsinų grybų skaičiaus nustatymo metodo schema yra pateikta 13 paveiksle.



13 pav. Mielių ir pelėsinų grybų skaičiaus nustatymo metodo schema

2.2.6. Rezultatų statistinė analizė

Eksperimentiniai duomenys apdoroti naudojant statistinių duomenų analizės paketus Microsoft Office Excel (Microsoft, JAV) ir IBM SPSS Statistics Standard 23.0 (IBM Inc., JAV).

Visi bandiniai eksperimentams buvo ruošti po 3 kartus ir duomenys išreikšti vidurkiais \pm standartine paklaida. Rezultatai buvo įvertinti kaip statistiškai reikšmingi, kai $p < 0,05$ ir $p < 0,01$.

3. TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

3.1. Bruknių ir šaltalankio sultys ir jų įtaka membraninės filtracijos procesams

3.1.1. Bruknių ir šaltalankio sulčių ir jų frakcijų išėigos

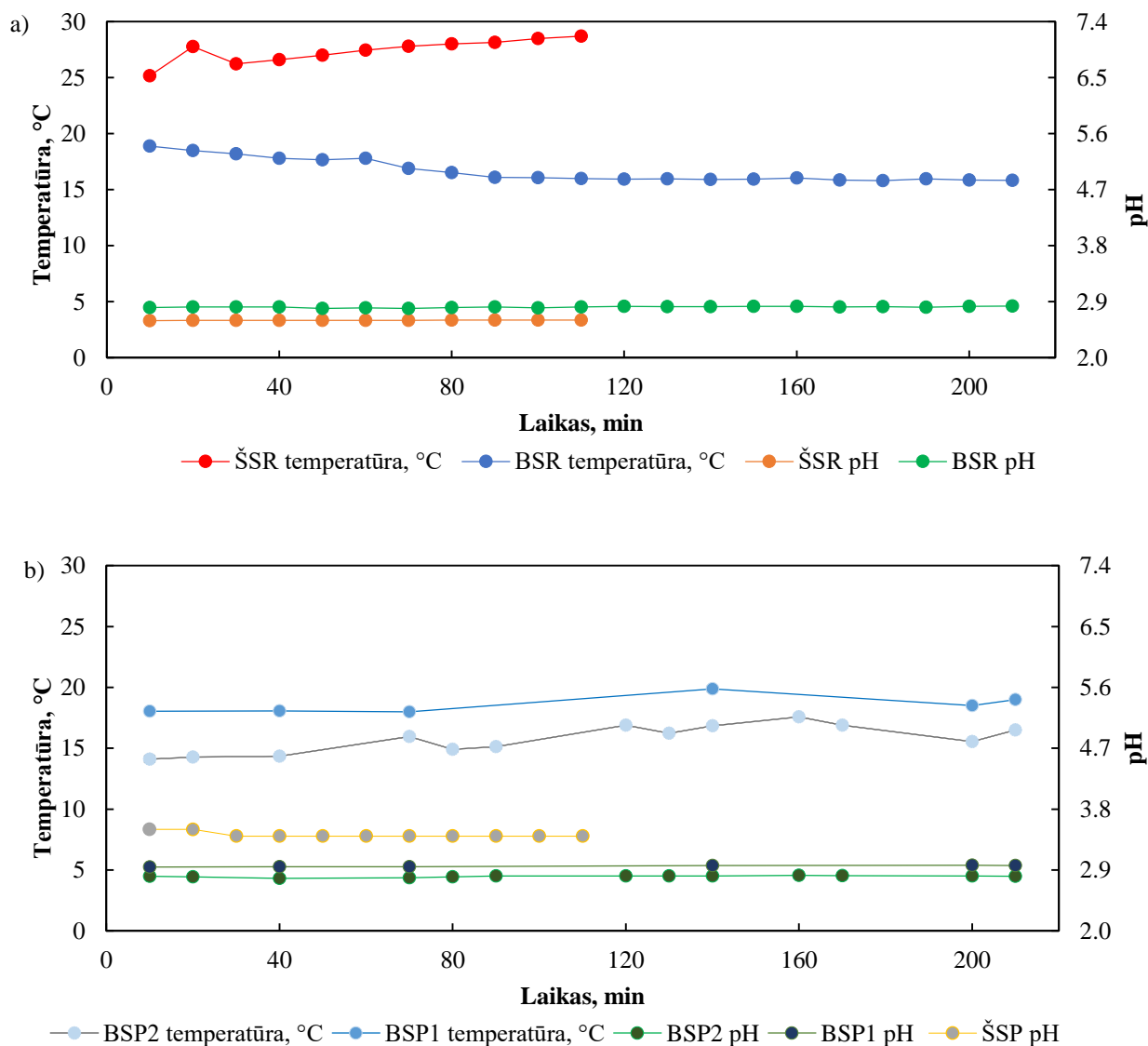
Siekiant įvertinti augalinės kilmės žaliavų komponentų skirstymą membranine filtracija ir galimą įtaką membraninės filtracijos procesams, buvo pasirinkti kaip tiriamieji objektai bruknių ir šaltalankių sultys. Pirmiausiai bruknių ir šaltalankio sultys gautos iš šaldytų uogų. Bruknių ir šaltalankio sulčių paruošimas bei technologinė proceso schema pateikta 2.2.2 skyriuje. Nustatyta, kad gauta centrifuguotų ir filtruotų bruknių sulčių išėiga nuo bruknių uogų kiekio – $53,28 \pm 6,54$ %. Tuo tarpu, tokiu pat būdu paruoštos šaltalankio sulčių išėigos – $51,50 \pm 6,45$ %. Apžvelgus, mokslinę literatūrą neaptikta duomenų apie bruknių sulčių išėigas. Tačiau, panašūs šaltalankio sulčių išėigų rezultatai buvo gauti ankstesniuose tyrimuose. Harrisonas ir kt., 2006 metais atliktame tyrime gavo atitinkamai 68 %, 69 % ir 66 % šaltalankio sulčių išėigas [99]. Arimboor ir kt., 2012 metais gautuose rezultatuose šaltalankio sulčių išėigos kito nuo 66 % iki 70 % [124]. Remiantis kitų autorių darbais, šaltalankio sulčių išėigos taip pat svyruoja nuo 56 % iki 80 %.

Bruknių ir šaltalankio sultims buvo taikomas membraninis filtravimas, po kurio gautos atitinkamos frakcijos. Prieš tai paruoštos sultys ir gautos frakcijos džiovintos šalčiu siekiant gauti sausus miltelius t.y. taikant liofilizavimo procesą. Pasvėrus paruoštus bandinius prieš ir po džiovinimo nustatytos bandinių išėigos: bruknių sulčių $15,58 \pm 5,66$ % ir jų frakcijų – $10 \pm 5,69$ %, o šaltalankio sulčių $17,95 \pm 5,35$ % ir jų frakcijų – $12 \pm 4,81$ %. Taigi, palyginus gautus duomenis tarpusavyje, geriausia išėiga gauta iš bruknių sulčių permeato (BSP2) ir retanto (BSR) frakcijų.

Kaip teigiama mokslinėje literatūroje, lyginant džiovinimą karštu oru, su džiovinimu šalčiu tai gali padidinti aukštos kokybės produktų išėigą dėl to, kad sulėtinamos arba visiškai sustabdomos reakcijos. Tačiau gamybos sąnaudos yra atitinkamai 8 ar 4 kartus aukštesnės negu įprastinio oro džiovinimo ir purškiamojo džiovinimo. Taigi, didelės operacijų išlaidos susijusios su džiovinimu šalčiu apriboja aukštos kokybės produktų vartojimą [88]. Remiantis moksliniais šaltiniais, šaltalankio vaisiaus vertingų bioaktyvių junginių stabilumas gali būti paveiktas dehidratacijos metu. Fenoliniai junginiai gali būti jautrūs dėl polifenolių oksidazės aktyvumo fermentinio skilimo metu džiovinant oru. Be to, karotenoidai pasižymi dideliu kiekiu nesočiųjų junginių, darant juos jautrius oksidaciniam skilimui ir terminiams procesams. Taip pat, galima rasti keletą apžvalgų apie džiovinimo metodų poveikį ir apdorojimo sąlygas dėl funkcinės kokybės išsaugojimo. Iš esmės, džiovinimas šalčiu sulaiko 93 % daugiau karotenoidų, 34 %, daugiau vitamino C, 11 % daugiau fenolių ir maždaug tokį patį kiekį vitamino E, kaip ir džiovinant oru [88].

3.1.2. Bruknių ir šaltalankio sulčių įtaka membraninės filtracijos procesams

Augalinės kilmės žaliavų komponentų skirstymą membranine filtracija lemia daugybe veiksnių [125]. Tyrimuose membraninės filtracijos metu, buvo matuojami tokie parametrai: temperatūra, pH ir membranų užsikimšimas. Pirmieji du parametrai (temperatūra ir pH vertės) apibūdina vykstančius fizikinius cheminius pokyčius filtruojamose augalinėse žaliavose. Tyrimuose gauti rezultatai, susiję su temperatūros ir pH pokyčiais, bruknių ir šaltalankio sultyse membraninio filtravimo proceso metu yra pateikti 14 paveiksle.



14 pav. Augalinių žaliavų sulčių pH ir temperatūros pokyčiai UF proceso metu:

a) bruknių ir šaltalankio sulčių retantuose; b) bruknių ir šaltalankio sulčių permeatuose;

BSP1 – bruknių permeatas, gautas 1 000 kDa membrana; BSP2 – bruknių permeatas, gautas 20 000 kDa membrana; BSR – bruknių sulčių retantas ŠSP – šaltalankio sulčių permeatas, gautas 20 000 kDa membrana; ŠSR – šaltalankio sulčių retantas.

Vykdamt ultrafiltravimo procesą, buvo taikytas šaltasis ir šiltasis filtravimo būdas. Šaltojo filtravimo metu (šaldantysis agentas – vandentiekio vanduo), bruknių sulčių retanto frakcijos buvo palaikoma $16,65 \pm 0,98$ °C temperatūra. Tuo tarpu, šiltojo frakcionavimo metu, šaltalankio sulčių retanto frakcijos temperatūra nebuvo kontroliuojama ir daugkartinio cirkuliavimo metu šiek tiek padidėjo (vidutinė temperatūra – $27,39 \pm 0,97$ °C). Šaltojo frakcionavimo metu yra mažesnės mikroorganizmų dauginimosi galimybės. Tuo tarpu nekontroliuojant gali pradėti vystytis nepageidaujama mikroflora, kuri iš esmės gali neigiamai veikti filtruojamas sultis.

UF proceso metu, matuojant bruknių sulčių retanto pH vertes ($2,81 \pm 0,01$) kitimą, esminių pokyčių nenustatyta. Šaltalankio sulčių retanto frakcijos pH vertės pokyčiai buvo nuo 3,31 iki 3,35 (vidutinė pH vertė – $3,34 \pm 0,01$). Remiantis gautais rezultatais, galima teigti, kad bruknių ir šaltalankio sulyse pienarūgštės bakterijos nesidaugino, nes didelių pH pokyčių nenustatyta.

Broknių sulčių permeatų frakcijos, gautos filtruojant pro 1,000 ir 20,000 kDa membranas (14 paveikslo b) dalis), vidutinės temperatūros atitinkamai buvo – $18,58 \pm 0,63$ °C ir $16,07 \pm 0,91$ °C. Šaltalankio sulčių permeato, gauto pro 20 000 kDa membraną, vidutinė temperatūra – $19,73 \pm 0,43$ °C. Broknių sulčių permeatų frakcijų pH vertės kito nuo 2,95 iki 2,96 (BSP1) bei nuo 2,78 iki 2,81 (BSP2). Šaltalankio pH vertė labai nežymiai didėjo nuo 3,4 iki 3,5.

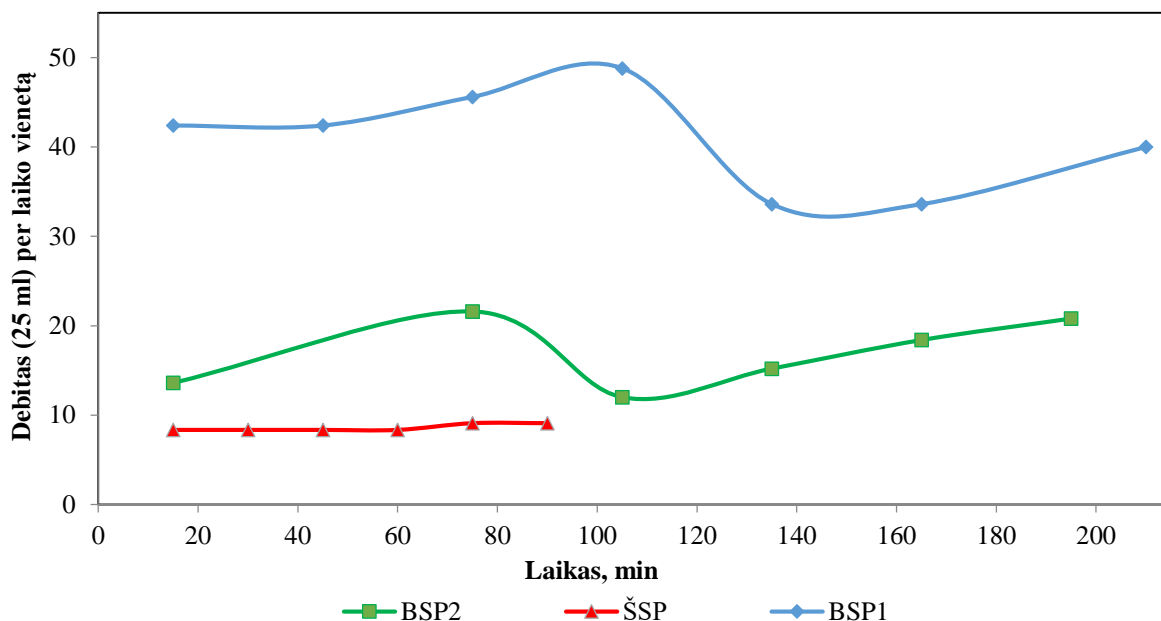
Kaip yra teigiama mokslinėje literatūroje, dėl didelio organinių rūgščių kiekio bruknių sultyse, pH vertė gali nukristi žemiau 4 reikšmės [127]. Vertinant išmatuotas bruknių retanto pH vertes, galima teigti, kad ultrafiltravimo proceso metu, dalis bruknių sultyse esančių organinių rūgščių koncentravosi. Remiantis moksliniais šaltiniais bendras rūgščių kiekis neultrafiltruotose bruknių sultyse yra 2,2 g/100g [128].

Mokslinėje literatūroje aptikta, kad šaltalankio sulčių pH vertės gali kisti nuo 2,7 iki 3,1 arba svyruoti apie 3 [95, 99, 116]. Kaip jau anksčiau buvo paminėta literatūroje (žr. 1.2.1 skyrių), kiti mokslininkai nustatė įvairius organinių rūgščių kiekius šaltalankio uogose. Ragažinskienė ir Rimkienė, 2005 metais atliktame tyrime nustatė, kad šaltalankio uogos savo sudėtyje turi citrinų, obuolių, vyno ir sviesto organines rūgštis, kurių kiekis svyruoja nuo 1,0 % iki 3,9 % [70].

Tačiau pagrindinė problema vaisių sulčių gamyboje vykdamt UF ir MF procesus yra membranų užsikimšimas. Jį parodo žymiai sumažėjęs permeato srautas per konkretų laiko vienetą [126]. Tiriamųjų objektų (bruknių, šaltalankio) sulčių debito tekėjimo priklausomybė nuo proceso trukmės yra pateikta 15 paveiksle. Vidutinės bruknių sulčių permeatų debito (25 ml) tekėjimo trukmės atitinkamai buvo $40,67 \pm 6,23$ (BSP1) ir $16,93 \pm 3,93$ min. (BSP2). Vidutinė šaltalankio permeato tekėjimo trukmė – $8,58 \pm 0,39$ min.

Kaip jau buvo minėta literatūroje, membranų užsikimšimo priežastis gali būti makromolekulinės dalelės, formuojančios apnašų sluoksnį, pavyzdžiui, pektinas, taninai,

baltymai, krakmolos, hemiceliuliozė ir celiuliozė [2, 54]. Bruknių uogose pektino kiekis siekia apie 1,7 % [129], o šaltalankio uogose yra 0,02–0,06 % rauginių medžiagų, pavyzdžiui taninų [97].



15 pav. Tiriamųjų objektų (bruknių ir šaltalankio) sulčių debito priklausomybė nuo proceso trukmės
 BSP1 – bruknių permeatas, gautas 1 000 kDa membrana; BSP2 – bruknių permeatas, gautas 20 000 kDa membrana;
 ŠSP – šaltalankio sulčių permeatas, gautas 20 000 kDa membrana;

Gautos bruknių ir šaltalankio sulčių debito tekėjimo priklausomybės nuo laiko parodo, kad daugiau apnašų liko ant membranos paviršiaus su mažesniu porų dydžiu [47].

Apibendrinant gautus membraninio filtravimo rezultatus, galima teigti, kad bruknių ir šaltalankio sulčių filtravimas bei frakcionavimas, pro atitinkamo dydžio porų filtrus ir esant slėgiui yra įmanomas. Tačiau apnašų sluoksnio susidarymas bruknių žaliavos filtravimui nedidelę įtaką turėjo. Vėliau ši šiek tiek mažėjo, matyt dėl membranų sąvaiminio prasiplovimo. Galima teigti, kad apnašų sluoksnio formavimasis yra pagrindinė srauto sumažėjimo priežastis [14].

3.2. Bruknių ir šaltalankio sulčių ir gautų frakcijų cheminės sudėties ir antioksidacinių savybių įvertinimas

3.2.1. Bruknių ir šaltalankio sulčių gautų frakcijų bendro fenolinių junginių kiekio įvertinimas

Bendras fenolinių junginių (BFJ) kiekis augalinėse žaliavose ir jų frakcijose nustatytas remiantis *Folin – Ciocalteu* reagento metodu. Gautų bruknių ir šaltalankio sulčių ir jų frakcijų sausuose milteliuose nustatytas bendras fenolinių junginių kiekis. Gauti rezultatai yra pateikti 8 lentelėje.

8 lentelė. Bruknių ir šaltalankio sulčių ir jų frakcijų bendras fenolinių junginių kiekis

Tiriamas objektas	Akronimas	BFJ kiekis, $\mu\text{g GRE/g sauso medžiagos}$
Bruknės	BS	52,05 ^a ±0,002
	BSP1	21,53 ^b ±0,001
	BSP2	12,77 ^c ±0,333
	BSR	56,29 ^d ±0,004
Šaltalankiai	ŠS	20,05 ^a ±0,006
	ŠSP	9,74 ^b ±0,001
	ŠSR	19,40 ^c ±0,006

BS – bruknių sultys; BSP1 – bruknių permeatas, gautas 1 000 kDa membrana; BSP2 – bruknių permeatas, gautas 20 000 kDa membrana; BSR – bruknių sulčių retantas; ŠS – šaltalankio sultys; ŠSP – šaltalankio sulčių permeatas, gautas 20 000 kDa membrana; ŠSR – šaltalankio sulčių retantas. ^{a,b,c,d} – skirtingomis raidėmis pažymėti vidurkiai tarp frakcijų statistiškai reikšmingai skiriasi, kai $p < 0,05$.

Iš pateiktų rezultatų matyti, kad nustatytas vidutinis BFJ kiekis bruknių sultyse buvo 52,05 $\mu\text{g GRE/g}$ sulčių milteliuose. Po membraninės filtracijos, retante šis kiekis net padidėjo (8,1 %). Tai susiję su tuo, kad dalis stambiamolekulinių polifenolinių junginių nepraeina pro membranas ir koncentruojasi. Statistiškai reikšmingi skirtumai buvo nustatyti tarp skirtingų bruknių frakcijų ($p > 0,05$). BFJ kiekis bruknių permeatų frakcijose buvo mažesnis lyginant su BFJ kiekiu bruknių sultyse (BS), atitinkamai BSP1 – 58,64 %, o BSP2 – 75,47 %. Po membraninės filtracijos naudojant 1 000 kDa membraną, gautas didesnis BFJ kiekis nei naudojant 20 000 kDa membraną. Tai galima, paaiškinti tuo, kad dalis mažamolekulinių junginių (pvz.: fenolinės rūgštys) pereina lengviau pro membraną ir labiau sukonzentruotame pavidale. Tie patys ir/ar kiti junginiai, taip pat sukonzentruojami naudojant ir didesnę porų dydį turinčias membranas.

Mokslinėje literatūroje aptikta duomenų, kad bruknių sultyse bendras fenolinių junginių kiekis buvo 2700 $\mu\text{g/ml}$, 34100±0,2 $\mu\text{g GRE/100g}$ [77, 79, 99]. Fan, Vang ir Liu nustatinėjo BFJ

kiekį šaldytuose bruknių uogų ekstraktuose. Tyrimo metu buvo gauta, kad BFJ kiekis bruknių uogose yra $\sim 5 \times 10^5$ $\mu\text{g GRE}/100 \text{ g}$ [7].

Didžiausias BFJ kiekis nustatytas šaltalankio sulčių sausuose milteliuose buvo 20,05 $\mu\text{g GRE}/\text{g}$ sulčių milteliuose. BFJ kiekis, nustatytas šaltalankio sulčių retanto frakcijoje, nežymiai skiriasi nuo sulčių frakcijos (ŠS) – 3,2 % mažesnis. Šaltalankio permeato milteliuose bendras fenolinių junginių kiekis ~ 51 % mažesnis, lyginant su sulčių milteliais.

Remiantis mokslinėje literatūroje aptiktais duomenimis bendras fenolinių junginių kiekis šviežiose šaltalankių uogose buvo $175250 \pm 0,24$ $\mu\text{g GRE}/100 \text{ g}$ [88]. Araya–Farias ir kt. 2011 metais atlikto tyrimo metu, nustatytas BFJ kiekis yra panašus, lyginant su kitų mokslininkų tyrimais. Bendras fenolinių junginių kiekis buvo tiriamas skirtingose šaltalankio uogų veislėse. „Botanijtetskaja“ veislės uogose BFJ kiekis kito nuo 156600 iki 177400 $\mu\text{g GRE}/100 \text{ g}$, „Trofimovskaja“ – 114×10^3 – $209,8 \times 10^3$ $\mu\text{g GRE}/100 \text{ g}$, „Arotmanaja“ veislės – $187,9 \times 10^3$ – 244×10^3 $\mu\text{g GRE}/100 \text{ g}$ [88, 132]. Korekar ir kt. 2014 metais tyrė bendrąjį fenolinių junginių kiekį 17 *Hippophaë rhamnoides L.* šaltalankių uogų populiacijų iš Indijos minkštine. Nustatytas BFJ kiekis svyravo nuo $9,64 \times 10^3$ iki $10,7 \times 10^3$ $\mu\text{g GRE}/\text{g}$ ekstrakto [92].

Apibendrinant, bendro fenolinių junginių kiekio rezultatai leidžia teigti, kad ultrafiltravimo proceso metu, kinta analizuojamų bandinių cheminė sudėtis. Dalis fenolinių junginių pereina pro membranas, tuo tarpu kiti fenoliniai junginiai lieka retante.

3.2.2. Bruknių ir šaltalankio sulčių ir gautų frakcijų DPPH[•] laisvųjų radikalų sujungimo geba

Bruknių ir šaltalankio sulčių bei gautų jų frakcijų milteliai buvo analizuoti 2,2–difetil–1–pikrilhidrazilo (DPPH[•]) laisvųjų radikalų sujungimo matodu pagal Brand–Williams metodiką [120]. Tiriamųjų objektų DPPH[•] laisvųjų radikalų sujungimo geba yra pateikta 9 lentelėje.

Iš pateiktų rezultatų matyti, kad geriausiai DPPH[•] laisvuosius radikalus sujungė bruknių sulčių (BS) bandiniai – $92,89 \pm 0,17$ %. Mažiausias laisvųjų radikalų sujungimas matomas bruknių sulčių permeato (BSP2) frakcijoje – $40,54 \pm 0,06$ %. Šaltalankio sulčių frakcijose didžiausia DPPH[•] laisvųjų radikalų sujungimo geba nustatyta šaltalankio sulčių retanto frakcijoje – $84,66 \pm 0,03$ %, mažiausia permeato (ŠSP) frakcijoje – $17,99 \pm 0,24$ %. Vidutinė šaltalankio sulčių frakcijų DPPH[•] laisvųjų radikalų sujungimo geba yra $61,01 \pm 26,39$ %. Nustatyta, stipri teigiama koreliacija tarp DPPH[•] laisvųjų radikalų sujungimo ir bendro fenolinių junginių kiekio rezultatų.

Bruknių sulčių permeato (BSP1) frakcija pasižymėjo dideliu antioksidaciniu aktyvumu, nors bendras fenolinių junginių kiekis buvo mažesnis ($21,53 \pm 0,001$ %), tačiau nustatyta laisvųjų radikalų sujungimo geba buvo labai stipri ($79,25 \pm 0,09$ %). Dėl gauto nepakankamo BSP1 frakcijos kiekio tolesniame bruknių sulčių ir frakcijų pritaikyme buvo pasirinktos bruknių sultys ir bruknių retanto frakcija.

9 lentelė. Bruknių ir šaltalankio sulčių ir jų frakcijų DPPH* laisvųjų radikalų sujungimo geba

Tiriamas objektas	Akronimas	DPPH* sujungimas, %
Bruknės	BS	92,89 ^a ±0,24
	BSP1	79,25 ^b ±0,09
	BSP2	40,54 ^b ±0,09
	BSR	92,30 ^c ±0,04
Šaltalankiai	ŠS	80,39 ^a ±0,03
	ŠSP	17,99 ^a ±0,34
	ŠSR	84,66 ^a ±0,05

BS – bruknių sultys; BSP1 – bruknių permeatas, gautas 1 000 kDa membrana; BSP2 – bruknių permeatas, gautas 20 000 kDa membrana; BSR – bruknių sulčių retantas; ŠS – šaltalankio sultys; ŠSP – šaltalankio sulčių permeatas, gautas 20 000 kDa membrana; ŠSR – šaltalankio sulčių retantas. ^{a,b,c} – skirtingomis raidėmis pažymėti vidurkiai tarp frakcijų statistiškai reikšmingai skiriasi, kai $p < 0,05$.

Dėl skirtingų rezultatų išreiškimo būdų, sunku palyginti darbe gautus rezultatus su mokslinėje literatūroje pateiktais duomenimis.

Prieš tai atliktuose tyrimuose nustatyta bruknių sulčių DPPH* radikalų sujungimo geba uogose yra apie 25 GAE mg/g, lapuose ~ 300 GAE mg/g [83]. Fan'as ir kt., 2011 metais atliktame tyrime nustatė $22,8 \pm 0,19$ ($\mu\text{mmol TE/g}$) DPPH* radikalų sujungimo gebą bruknių uogų ekstrakto [86]. Mokslinėje literatūroje pateikti duomenys rodo, kad šaltalankio laisvųjų radikalų sujungimo geba IC_{50} kito 0,7–9,1 mg/ml [92].

3.2.3. Junginių identifikavimas bruknių, šaltalankio sultyse ir gautose frakcijose

Nelakiųjų junginių identifikavimas

Efektyviosios skysčių chromatografijos su elektrocheminiu detektoriumi (ESC–ED) metodu buvo bandyta iširti ir palyginti bruknių ir šaltalankio uogų sulčių ir jų frakcijų cheminių junginių sudėtį. Gauti chromatogramų pikai buvo įvertinti ir pagal jų išėjimo laikus lyginti su žinomų standartų 2–hidroksibenzeno rūgšties, hesperidino, 3,4–hidroksibenzeno rūgšties, chlorogeno rūgšties, kumarino, ferulo rūgšties, kaempferolio, kvercetino ir rutino išėjimo laikais. Netinkamas ekstraktų bandinių paruošimas lėmė blogą junginių išskirstymą. Todėl siekiant įvertinti kobybinius skirtumus būtina taikyti papildomus bandinių paruošimo metodus, tokius kaip kietafazė ekstrakcija ar kitus. Tačiau apžvelgiant kitų mokslininkų atliktus tyrimus, bruknių uogose buvo identifikuoti tokie junginiai kaip: cianidinas, katechinas, *p*–kumaro rūgštis ir jos dariniai, cianidino glikozidų mišinys, kvercetin–3–*O*–galaktozidas [83, 128]. Taip pat mokslinėje literatūroje aptikta, kad kvercetas yra pagrindinis fenolinis junginys bruknėse. M. Mikulic–

Petkovsek ir kt., 2012 tyrimo metu taip pat buvo nustatyti miricetino, izorhamnetino, kaempferolio, laricitrino ir sirigetino glikozidai [132]. Rihinen ir kt. 2014 metais nustatė šiuos junginius kvercetin–3–rhamnosidą, kvercetin–3–gliukopiranozidą, kvercetin–3–arabinofuranozidą, proantocianidiną A2, proantocianidiną A1, proantocianidiną B2, (+)-katechiną, (–)-epikatechiną [136].

Mokslinėje literatūroje hesperidino ir rutino junginiai identifikuoti šaltalankio uogose ir lapuose, taikant efektyviają skysčių chromatografiją su masių spektrometrija ir su fosfodiodų matricos detektoriumi [94]. Šaltalankio sultyse buvo identifikuoti hidroksibenzoinės rūgšties dariniai [138–139]. Taip pat buvo nustatyti kvercetino–3–*O*–glikozidas, katechinai ir hidroksibenzoinės rūgštys. Gao ir kt. tyrimo metu buvo identifikuoti kvercetas (87,3 %) ir *p*–kumaro rūgštis (2,8 %), ferulo rūgštis (3,1 %), *p*–hidroksibenzoinė rūgštis (2,4 %) ir elaginė rūgštis (4,4 %) [132].

Lakiųjų junginių identifikavimas

Lakieji junginiai augalinių žaliavų sultyse ir jų frakcijose buvo identifikuojami ir vertinami dujų chromatografu su masių spektrometru. Pagal gautas chromatogramas buvo nustatyta 15 lakiųjų junginių. Iš šių junginių bruknių sulčių frakcijose identifikuota 12 lakiųjų junginių, iš kurių 2 - alkoholiai, 2 - ketonai, 1 - aldehidinis junginys, 2 - rūgštys, 3 - esteriai bei kiti junginiai. Dalies identifikuotų junginių (acetofenonas, non–(2*E*)–enolis, *n*–tetradecanalis, *n*–oktadekanas, fitonas, epi-manoil–oksidas) pikų plotas sudaro mažiau nei 0,1 % ir gali būti priskiriami prie triukšmo. Nustatyti junginiai, kurių pikų plotas didesnis negu 0,1 %, pateikti 10 lentelėje.

Broknių sulčių frakcijose buvo nustatytas molekulinis jonas identifikuotas kaip benzilo alkoholis, kurio molekulinė formulė – C_7H_8O , molekulinė masė – 108 g/mol. Tai bespalvis junginys, aštraus deginančio skonio ir silpnai saldaus, gėlių kvapo [127]. Lyginant bruknių frakcijų pikų plotus (%), šio junginio daugiau aptikta bruknių sulčių frakcijoje. Acetofenonas (C_8H_8O), molekulinė masė – 120,15 g/mol identifikuotas bruknių sulčių frakcijoje. Tai bespalvis junginys, pasižymintis misos, gėlių bei migdolų kvapu [133]. Taip pat bruknių sulčių frakcijoje identifikuotas non–(2*E*)–enolis ($C_9H_{18}O$), kurio molekulinė masė – 142 g/mol. Toliau, visose bruknių sulčių frakcijose buvo identifikuota silpnai saldaus kvapo benzenkarboksirūgštis arba benzoinė rūgštis ($C_7H_6O_2$), molekulinė formulė – 122 g/mol. Daugiausiai benzenkarboksirūgšties nustatyta bruknių sultyse – 93,58 %, o mažiausiai permeato frakcijoje, tačiau procentinis pikų plotų skirtumas tarp jų yra nežymus. Broknių sulčių permeato frakcijoje identifikuota nemalonai aitraus kvapo nonanoinė rūgštis ($C_9H_{18}O_2$), molekulinė formulė – 158 g/mol. Broknių sulčių retanto frakcijoje identifikuotas aldehidinis junginys *n*–tetradecanalis ($C_{14}H_{28}O$), molekulinė formulė – 212 g/mol. Tetrahidrofurfurilbutiratas ($C_9H_{16}O_3$), kurio molekulinė formulė – 172 g/mol buvo identifikuotas visose frakcijose. Šis junginys pasižymi stipriu ir saldžiu vaisių kvapu.

Daugiausiai tetrahidrofurfurilbutirato aptikta bruknių sulčių ir permeato frakcijose, atitinkamai 0,32 % ir 0,31 %.

Visose bruknių sulčių frakcijose buvo identifikuotas benzoinės rūgšties esteris ($C_{21}H_{29}NO_3$), molekulinė formulė – 343 g/mol. Benzoinės rūgšties esterio daugiausiai nustatyta bruknių sulčių permeato frakcijoje (0,21 %), mažiausiai – retanto frakcijoje (0,08 %) todėl galima daryti išvadą, kad daugiau šio junginio praėjo pro membraną, negu koncentravosi. Benzoinės rūgšties esteris pasižymi šviežių gėlių, lelijų ir apelsinų kvapu. Bruknių sulčių frakcijoje identifikuotas n-oktadekanas ($C_{18}H_{38}$), molekulinė formulė – 254 g/mol. Bruknių sulčių permeato ir retanto frakcijose identifikuotas bekvapis izopropiltetradekanoatas ($C_{17}H_{34}O_2$), molekulinė formulė – 270 g/mol. Izopropiltetradekanoato 38 % daugiau aptikta permeato frakcijoje. Bruknių sulčių ir permeato frakcijose identifikuotas švelnaus jazminų ir salierų kvapo ketoninis junginys fitonas ($C_{18}H_{36}O$), kurio molekulinė formulė – 268 g/mol. Fitono 40 % daugiau nustatyta sulčių frakcijoje. Bruknių sulčių frakcijoje identifikuotas 13-epi-manoil-oksidas ($C_{20}H_{34}O$), molekulinė formulė – 290 g/mol.

Vertinant visus aptiktus junginius vidutinis bruknių sulčių frakcijų pikų plotas yra apie 11,33 %. Lyginant bruknių sulčių frakcijas tarpusavyje, vidutinis bruknių sulčių frakcijos pikų plotas yra 3,26 %, permeato frakcijos – 9,81 %, retanto frakcijos – 10,94 %. Iš visų identifikuotų junginių benzenkarboksirūgštis sudarė didžiausią procentinę pikų ploto dalį bruknių sulčių frakcijose.

10 lentelė. Bruknių sulčių ir jų frakcijų viršerdvės lakieji junginiai

Nr.	Sulaikymo trukmė, R _T	Pikų plotas, vnt			Pikų plotas, %			Junginys
		BS	BSP	BSR	BS	BSP	BSR	
1.	6,097	–	–	21594700	–	–	4,16	Benzilo alkoholis
	6,101	11049767	–	–	3,26	–	–	
	6,112	–	15812313	–	–	3,51	–	
2.	11,024	–	420562557	–	–	93,26	–	Benzenkarboksirūgštis
	11,108	–	–	484208758	–	–	93,34	
	11,199	316923852	–	–	93,58	–	–	
3.	11,414	–	942246	–	–	0,21	–	n.d
4.	11,415	973788	–	832552	0,29	–	0,16	n.d
5.	13,017	–	648686	–	–	0,14	–	Nonanoinė rūgštis
6.	20,403	–	1379837	–	–	0,31	–	Tetrahidrofurfurilbutiratas
	20,407	1087724	–	–	0,32	–	–	
	20,412	–	–	677615	–	–	0,13	
7.	20,548	–	932468	–	–	0,21	–	2-4-(4-hidroksi-4-metilpentil)-3-cikloheksen-1-metilenoamino]-metilbenzoinės rūgšties esteris
	20,561	432113	–	–	0,13	–	–	
	20,590	–	–	401447	–	–	0,08	
8.	21,811	526894	403742	–	0,16	0,09	–	n.d
9.	21,831	–	–	1019134	–	–	0,20	n.d

10 lentelės tęsinys. Bruknių sulčių ir jų frakcijų viršerdvės lakieji junginiai

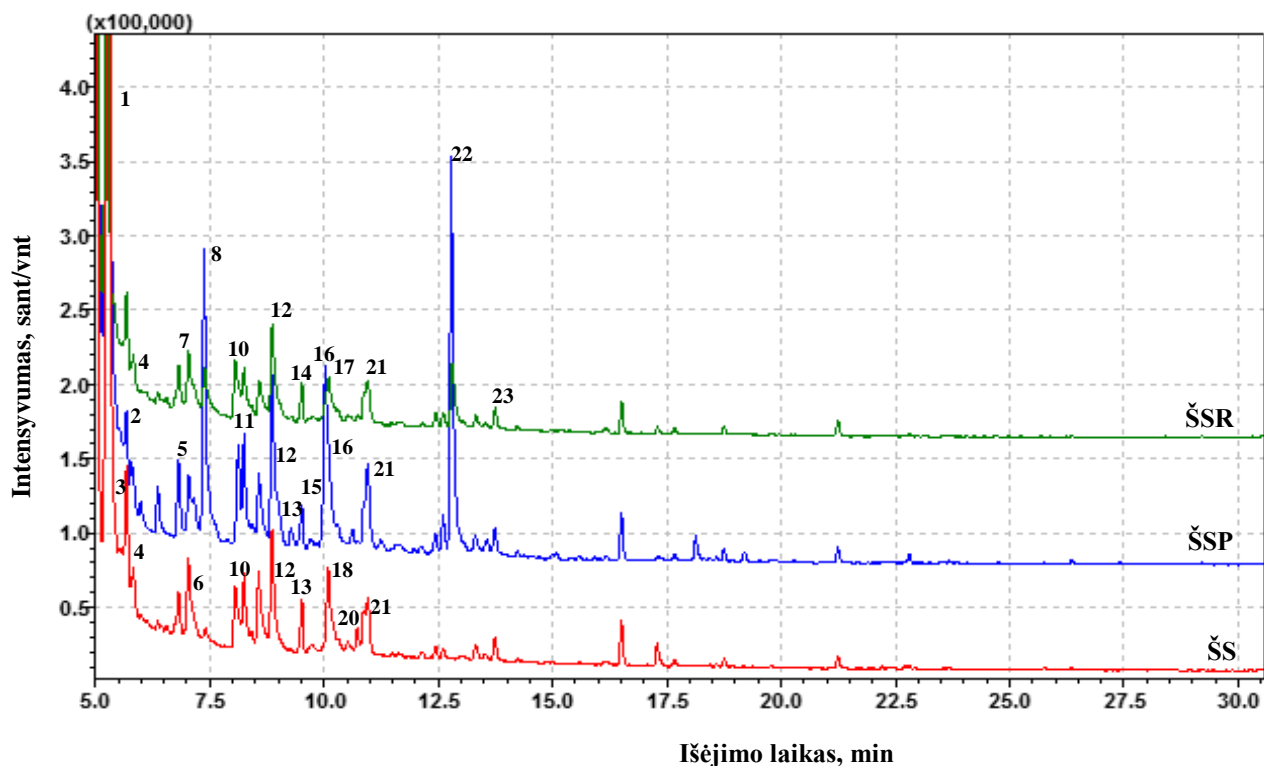
10.	25,321	–	575758	–	–	0,13	–	n.d
11.	25,323	634830	–	–	0,19	–	–	n.d
12.	25,324	–	–	727081	–	–	0.14	n.d
13.	25,533	–	572350	–	–	0,13	–	Izopropil– tetradekanoatas
	25,543	–	–	435145	–	–	0,08	
14.	26,601	–	450652	–	–	0,10	–	n.d
15.	26,586	–	–	887612	–	–	0,17	n.d

N.d – neidentifikuota; BS – bruknių sultys; BSP – bruknių sulčių permeatas, gautas 20, 000 kDa membrana; BSR – bruknių sulčių retantas

Kai kurių autorių atliktais tyrimais nustatyta, kad bruknių aromatas priklauso nuo daugelio skirtingų junginių kiekio ir sąveikos. Lyginant šiame darbe gautus rezultatus su prieš tai kitų autorių atliktais tyrimais, bruknių uogose buvo identifikuoti acetofenonas (<0,1 %) ir benzilo alkoholis. Kaip teigiama mokslinėje literatūroje benzilo alkoholis ir 2–metilbutanoinė rūgštis yra pagrindiniai bruknių aromatiniai junginiai. Viljanen ir kt. 2014 metais taikant kietos fazės mikroekstrakciją su duju chromatografija ir masių spektrometrija, bruknių bandiniuose aptiko 38 lakiuosius junginius iš kurių buvo identifikuoti 8 - aldehydiniai junginiai, 6 - ketonai, 7 - alkoholiai, 7 - terpenai, 5 - esteriai, 2 - rūgštys ir kiti junginiai [79, 82–83, 117].

Radulovic ir kt., 2010 metais atliko bruknių lapų chromatografijos ir masių spektrometrijos tyrimus. Buvo nustatyti ir identifikuoti ne tik terpeniniai junginiai, tokie kaip α -terpinolis (17 %), pentakozanas (6,4 %) ar linalolis (4,7 %), bet ir šiame darbe bruknių uogų sulčių frakcijose aptikti acetofenonas (<0,05 %), benzilo alkoholis (0,7 %), nonanoinė rūgštis (0,4 %), tetradekanalis (<0,05 %), tetradekanoatas (<0,05 %), manoilo oksidas (2,0 %), aldehydiniai bei alkaniniai junginiai [134]. Lyginant identifikuotų junginių kiekius su kitų autorių rezultatais, bruknių sulčių frakcijose daugiau aptikta benzilo alkoholio bei tetradekanoato. Kiti junginiai, identifikuoti šiame darbe buvo nustatyti mažesniais kiekiais.

Taip pat, pagal gautas chromatogramas šaltalankio sultyse ir jų frakcijose buvo nustatyti 23 lakieji junginiai. Gauta šaltalankio sulčių ir frakcijų bandinių chromatograma yra pateikta 16 paveiksle.



16 pav. Šaltalankio sulčių ir jų frakcijų viršerdvės lakiųjų junginių chromatogramos:

ŠS – šaltalankio sultys; ŠSP – šaltalankio sulčių permeatas, gautas 20, 000 kDa membrana; ŠSR – šaltalankio sulčių retantas

Šaltalankio sulčių (ŠS) ir šaltalankio sulčių retanto (ŠSR) frakcijoje identifikuoti 2 junginiai – nonilolis (3,5,5–trimetil–1–heksanolis) (Nr. 6) ir hept–(2E)–enalis (Nr. 3). Nonilolis (3,5,5–trimetil–1–heksanolis) ($C_9H_{20}O$) kurio molekulinė masė – 144,25 g/mol, yra aliejingas junginys, pasižymintis žoliniu kvapu. Hept–(2E)–enalis, ($C_7H_{12}O$), kurio molekulinė masė – 112,17 g/mol, yra aldehidinis junginys, pasižymintis grybų kvapu [133,135]. Vertinant visus nustatytus junginius vidutinis visų šaltalankio sulčių frakcijų pikų plotas yra apie 10 %. Šaltalankio sulčių frakcijoje didžiausią procentinę dalį sudarė Nr.3, retante – Nr.1, o šaltalankio sulčių permeate – Nr.2, Nr.8, ir Nr.22 junginiai. Šaltalankio sulčių bei jų frakcijų viršerdvės lakieji junginiai yra pateikti 11 lentelėje.

Sonia A. Socaci ir kt. 2013 metais atliktame tyrime, taikant DC–MS analizę, nustatė 46 lakiuosius junginius iš kurių identifikavo 43 junginius, esančius šaltalankio mėginių viršerdvėje. Daugiausiai paplitę dariniai buvo 2–metilbutanoinės rūgšties, 3–metilbutanoinės rūgšties, heksano rūgšties, oktano rūgšties ir butano rūgščių etilo esteriai, taip pat 3–metilbutil–3–metilbutanoatas, 3–metilbutil–2–metilbutanoatas ir benzoinės rūgšties etilo esteris (daugiau kaip 80% visų lakiųjų junginių) [95]. Vangas ir kt, 2011 metais tyrinėjo lakiųjų junginių frakcijas šaltalankių vyne ir sultyse. Kaip ir šiame darbe, ekstrahuoti mėginiai buvo identifikuoti taikant masių spektrometriją po dujų chromatografinės analizės [136]. Zadernovskio ir kt., 2005 metais, atliktame tyrime buvo nustatyta fenolinių rūgščių sudėtis keliose šaltalankio uogų rūšyse, taikant dujų chromatografiją

kartu su masių spektrometrija. Šaltalankio uogose buvo identifikuota septyniolika fenolinių rūgščių iš jų salicilo rūgštis nustatyta kaip pagrindinė fenolių rūgštis šaltalankių uogose, sudaranti nuo 55 % iki 74,3% visų fenolinių rūgščių [137].

11 lentelė. Šaltalankio sulčių ir jų fraksių viršerdvės lakieji junginiai

Nr.	Sulaikymo trukmė, R _T	Pikų plotas, vnt			Pikų plotas, %			Junginys
		ŠS	ŠSP	ŠSR	ŠS	ŠSP	ŠSR	
1.	5,26	–	–	1710012	–	–	52,51	n.d
2.	5,30	–	3283281	–	–	40,57	–	n.d
3.	5,31	3378029	–	–	59,87	–	–	Hept–(2E)–enalis
4.	5,68	229608	–	131325	4,07	–	4,03	n.d
5.	6,81	–	218703	–	–	2,70	–	n.d
6.	7,03	301288	–	–	5,34	–	–	Nonilolis
7.	7,04	–	–	112645	–	–	3,46	n.d
8.	7,37	–	917103	–	–	11,33	–	n.d
9.	7,39	–	–	107866	–	–	3,31	Hept–(2E)–enalis
10.	8,06	253065	–	252535	4,48	–	7,75	n.d
11.	8,13	–	302195	–	–	3,73	–	n.d
12.	8,25	207111	296970	127087	3,67	3,67	3,90	n.d
13.	8,57	285629	213032	–	5,06	2,63	–	n.d
14.	8,58	–	–	122367	–	–	3,76	n.d
15.	8,86	364600	–	–	6,46	–	–	n.d
16.	8,87	–	444225	270230	–	5,49	8,30	n.d
17.	10,03	–	799488	–	–	9,88	–	n.d
18.	10,09	315891	–	–	5,60	–	–	n.d
20.	10,86	166262	–	–	2,95	–	–	n.d
21.	10,96	141178	259872	195300	2,50	3,21	6,00	n.d
22.	12,78	–	1358348	–	–	16,78	–	n.d
23.	12,81	–	–	227242	–	–	6,98	n.d

N.d – neidentifikuota; ŠS – šaltalankio sultys; ŠSP – šaltalankio sulčių permeatas, gautas 20, 000 kDa membrana; ŠSR – šaltalankio sulčių retantas

Vitovos ir kt., 2015 metais tyrime buvo ištirtos 13 šaltalankio (*Hippophae rhamnoides L.*) uogų veislių, dėl lakiųjų aromatinių junginių, naudojant dujų chromatografiją kartu su kietosios fazės mikroekstrakcijos metodu. Nustatyti 69 lakieji junginiai iš kurių: 26 - alkoholiai, 12 - aldehydų, 11 - ketonų, 9 - rūgštys ir 11 - esterių junginių [138]. Kituose moksliniuose šaltiniuose nurodomi nustatyti daugiau nei 70 lakiųjų junginių iš trijų skirtingų šaltalankio veislių derliaus nuo 2011 iki 2013 metų [139].

3.3. Bruknių sulčių ir frakcijų pritaikymas jogurte

Bruknių sulčių ir retanto frakcijos pritaikymas jogurte buvo vykdytas keliais etapais. Pirmame etape buvo įvertinti galimi bruknių sulčių ir jų frakcijų miltelių pokyčiai pieno mišiniuose prieš ir po pasterizacijos. Vėliau, pagaminus jogurtą buvo įvertinta sudėtis ir savybės matuojant sausųjų medžiagų kiekį, pH vertę bei klampumą. Trečiajame etape jogurto su bruknių sulčių ir retanto frakcijos milteliais bandiniai buvo įvertinti jusliškai ir ištirti mikrobiologiniai pokyčiai.

Pirminiame pieno mišinių sudarymo etape buvo matuotos pH vertės, siekiant įvertinti galimus bruknių sulčių ir frakcijų miltelių pokyčius prieš ir po pasterizacijos bei kaip tai veikia pieno mišinį. Gauti rezultatai yra pateikti 12 lentelėje.

12 lentelė. pH verčių pokyčiai pieno mišinyje prieš ir po bruknių sulčių ir jų frakcijų įdėjimą

Pieno bandiniai	pH prieš įdėjimą	pH po įdėjimo
BSM-1	6,57 ^a ±0,003	5,51 ^a ±0,544
BRM-1	6,54 ^b ±0,107	5,85 ^b ±0,354
BSM-2	6,57 ^c ±0,082	5,91 ^c ±0,344
BRM-2	6,58 ^b ±0,110	5,94 ^d ±0,296

BSM-1 – bruknių milteliai be ultrafiltravimo įdėti prieš pasterizacijos procesą; BRM-1 – bruknių milteliai be ultrafiltravimo įdėti po pasterizacijos proceso; BSM-2 – bruknių milteliai po ultrafiltravimo įdėti prieš pasterizacijos procesą; BRM-2 – bruknių milteliai po ultrafiltravimo įdėti po pasterizacijos proceso. ^{a,b,c,d} – skirtingomis raidėmis pažymėti vidurkiai tarp jogurto bandinių statistiškai reikšmingai skiriasi, kai $p < 0,05$.

Dėl bruknių sultyse esančio didelio organinių rūgščių kiekio, įdėjus miltelius (4,5 %) į pieno mišinį buvo išmatuotas pH vertės sumažėjimas nuo 6,57±0,003 iki 5,51±0,544. Taip pat, jau prieš tai atliktuose tyrimuose (žr. 3.1.2 skyrių) gautos bruknių sulčių pH vertės buvo žemos. Kituose pieno mišiniuose įdėjus buvo stebėta ta pati tendencija. pH verčių skirtumas prieš ir po bruknių sulčių ir frakcijų įdėjimo (%) tarp pieno bandinių svyruoja nuo 9,73 % iki 16,13 %.

Taigi, galima teigti, kad bruknių sulčių frakcijos (BSM-1) įdėjimas daugiausiai paveikė pH vertę BSM-1 frakcijos pieno mišinių bandiniuose, o mažiausiai – bruknių sulčių retanto (BRM-2) frakcijos. Įvertinus bruknių sulčių ir frakcijų pH vertes gauti statistiškai reikšmingi rezultatai ($p < 0,05$) bei silpna koreliacija.

Antriniame etape siekiant įvertinti jogurto bandinių su bruknių sulčių frakcijomis sudėtį ir savybes buvo atlikti sausųjų medžiagų kiekio, pH verčių ir klampumo matavimai. Gauti rezultatai yra pateikti 13 lentelėje. Didžiausias sausųjų medžiagų kiekis (%) buvo aptiktas BRM-2 jogurto bandinyje – 12,91±0,22 %, kuris nežymiai skiriasi nuo kitų bandinių. Kontrolinis jogurto mėginys pasižymi minimaliu sausųjų medžiagų kiekiu (%) – 12,11±0,24 %. Didžiausios

pH vertės buvo nustatytos BRM–2 ir BSM–2 jogurto bandiniuose atitinkamai – $4,55 \pm 0,11$ ir $4,514,51 \pm 0,10$. Kaip matyti iš gautų rezultatų, bruknių sulčių frakcijų paruošimas bei įdėjimas prieš ar po pasterizacijos didelės įtakos sausųjų medžiagų kiekio (%), pH verčių skirtumams tarp bandinių neturėjo. Pateikti klampumo rezultatai parodo, kad Kontrolinis jogurto bandinio klampumas buvo didžiausias ($7846,94 \pm 3305,51$ [mPa·s]), o žemiausias – BSM–2 bandinio ($2844,97 \pm 1623,17$ [mPa·s]).

13 lentelė. Jogurto bandinių sausųjų medžiagų kiekio, pH ir klampumo vertės

Jogurto bandiniai	Sausosios medžiagos, %	pH vertė	Klampumas [mPa·s]
Kontrolinis	$12,11^a \pm 0,24$	$4,45^a \pm 0,11$	$7846,94^a \pm 3305,51$
BSM-1	$12,54^b \pm 0,22$	$4,46^b \pm 0,07$	$4933,45^b \pm 1974,67$
BRM-1	$12,54^b \pm 0,89$	$4,46^b \pm 0,06$	$4533,97^a \pm 920,97$
BSM-2	$12,41^b \pm 0,11$	$4,51^a \pm 0,10$	$2844,97^b \pm 1623,17$
BRM-2	$12,91^c \pm 0,22$	$4,55^c \pm 0,04$	$4002,67^a \pm 2186,72$

Kontrolinis – natūralus jogurtas be priedų; BSM–1 – bruknių milteliai be ultrafiltravimo įdėti prieš pasterizacijos procesą; BRM–1 – bruknių milteliai be ultrafiltravimo įdėti po pasterizacijos proceso; BSM–2 – bruknių milteliai po ultrafiltravimo įdėti prieš pasterizacijos procesą; BRM–2 – bruknių milteliai po ultrafiltravimo įdėti po pasterizacijos proceso. ^{a,b,c} – skirtingomis raidėmis pažymėti vidurkiai tarp frakcijų statistiškai reikšmingai skiriasi, kai $p < 0,05$.

Statistiškai įvertinus taikytus metodus tarpusavyje, buvo nustatyti statistiškai reikšmingi skirtumai tarp pH verčių ir klampumo nustatymo metodų rezultatų ($p < 0,05$) bei silpnai neigiama koreliacija.

Kaip teigiama mokslinėje literatūroje, gelio struktūros formavimasis yra vienas iš būdingų reiškinų jogurto gamybos metu. Jogurto struktūra yra kazeino agregacijos rezultatas susidarantis mažėjant pH vykstant pieno fermentacijai dėl starterinių kultūrų poveikio. Gelio tvirtumas daugiausiai priklauso nuo pieno baltymų tretinės struktūros tinklo, kurį lemia bendro sausųjų medžiagų kiekis, pH vertės bei fermentuojančių kultūrų proteolitinis poveikis [140].

Mokslinėje literatūroje neaptikta informacijos apie bruknių uogų ar sulčių ir jų frakcijų taikymą pieno produktuose. Tačiau buvo atlikti kai kurių vaistinių augalų šaknų (*Rhodiola rosea*, *Eleutherococcus senticosus* ir *Panax ginseng*) tyrinėjimai, vertinant aktyviųjų junginių kiekį prieš ir po pasterizacijos režimo gaminant įvairius pieno produktus. Gauti efektyviosios skysčių chromatografijos rezultatai parodė, kad po pasterizacijos išliko nemažas biologiškai aktyviųjų junginių kiekis [141]. Tyrimo metu buvo nustatyta, kad apelsinų ląstelienos ir jos įdėjimas prieš pasterizaciją praturtino jogurtą ir pagerino klampumą. Taip pat, ląstelienos pasterizavimas pagerino jos integraciją į gelio matricą [142]. Folio rūgštis buvo įdėta į jogurtą prieš ir po jogurto

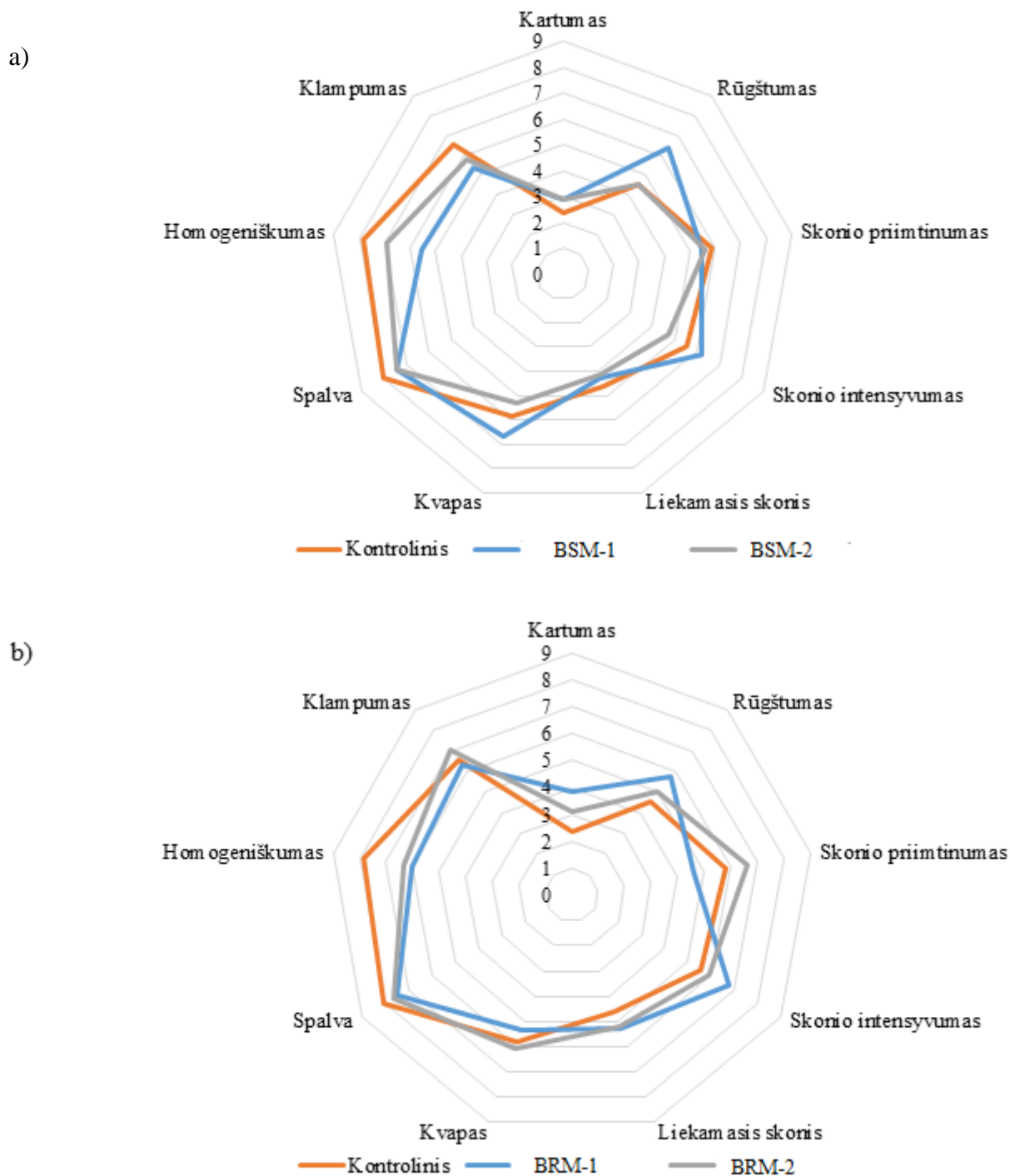
mišinio pasterizavimo. Folio rūgšties kiekio ir sinerezės rezultatai buvo aukštesni, kuomet folio rūgštis buvo įdėta po pasterizacijos režimo. Tačiau matuotų parametrų (klampumo, pH, spalvos ir juslinės analizės) vertės buvo mažesnės [118]. Šiame darbe taip pat buvo gauti mažesni klampumo rezultatai lyginant jogurto bandinius bruknių sulčių frakcijų įdėjimo į jogurtą prieš ar po pasterizacijos atžvilgiu. Kirov ir kt., 2016 metais, atliktame tyrime analizavo morkų sulčių ir stabilizatoriaus poveikį fizikocheminėms ir mikrobiologinėms jogurto savybėms. Kaip teigiama straipsnyje, morkų sulčių įdėjimas į jogurtą žymiai sumažino pH vertes, sinerezę, bendrą gyvybingų bakterijų kiekį, bet padidino titruojamąjį rūgštingumą. Jogurto bandiniai su 10–15 % morkų sulčių ir 0,7 % stabilizatoriaus (želatina) kiekiu pasižymėjo aukštesne maistingumo verte ir didesniu bendru karotenoidų kiekiu, tačiau mažesne sinereze [106].

Trečiajame etape, siekiant įvertinti pakitusias sąlygas buvo tirtos juslinės savybės. Juslinės analizės metu vertintojų buvo prašoma įvertinti bandinio išvaizdą, struktūrines bei skonines savybes. Jogurto bandinių jusliniai profiliai yra pateikti 17 paveiksle.

Lyginant jogurto bandinių juslinius profilius, BSM–1 bandinys vertintojų buvo įvertintas kaip daug rūgštesnis lyginant su Kontroliniu ir BSM–2 bandiniais, tai matyti ir iš matuotų pH verčių skirtumo (žr. 12 lentelę). Analizuojant jogurto bandinių skonio priimtinumą, nežymiai priimtinesnis buvo Kontrolinis bandinys. Pastebėta, kad BSM–2 mėginys įvertintas kaip rūgščiausias bei pasižymintis didžiausiu skonio intensyvumu. Liekamasis skonis ir kartumas buvo įvertinti beveik vienodai visuose bandiniuose. BSM–1 jogurto bandinio kvapas buvo įvertintas kaip didžiausiais balais ir gana žymiai išsiskiria lyginant su kitais bandiniais. Spalva, homogeniškumas bei klampumas geriau buvo įvertinti Kontroliniame bandinyje, nes bruknių sulčių frakcijos galimai įtakojo jogurto savybes.

Apžvelgiant b) dalyje pateiktus Kontrolinio, BSM–2 ir BRM–2 bandinių profilius pastebima tokia pati įvertinimų tendencija kaip ir a) dalyje pateiktų jogurto bandinių su bruknių sulčių milteliais. Jogurto bandinių su bruknių sulčių retanto frakcijos milteliais (BRM–1) jusliniai kvapo, kartumo, rūgštumo ir skonio bei intensyvumo savybių vertinimai buvo panašūs kaip ir BSM–1.

Jogurto bandiniai su bruknių sulčių ir jų frakcijų milteliais buvo įvertinti statistiškai. Statistiškai reikšmingi skirtumai buvo nustatyti tarp BSM–1 ir BSM–2 jogurto bandinių savybių ($p < 0,05$) bei tarp jų nustatyta vidutinio stiprumo teigiama koreliacija.

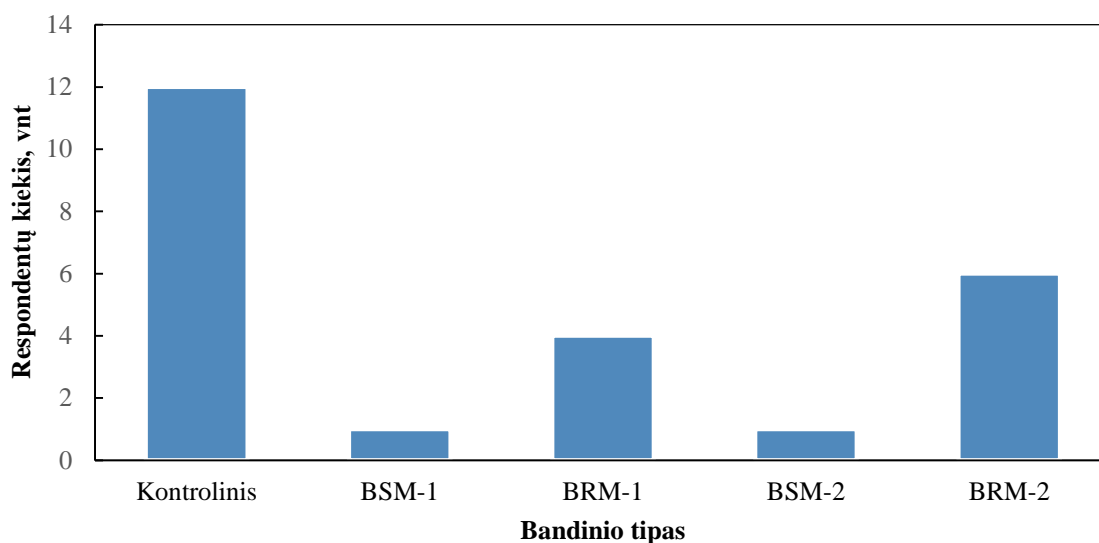


17 pav. Juslinių savybių įvertinimas:

a) bandinių Kontrolinis, BSM-1 ir BSM-2 profiliai palyginimui; b) bandinių Kontrolinis, BRM-1 ir BRM-2 profiliai palyginimui.

Kontrolinis – natūralus jogurtas be priedų; BSM-1 – bruknių milteliai be ultrafiltravimo įdėti prieš pasterizacijos procesą; BRM-1 bruknių milteliai be ultrafiltravimo įdėti po pasterizacijos proceso; BSM-2 – bruknių milteliai po ultrafiltravimo įdėti prieš pasterizacijos procesą; BRM-2 – bruknių milteliai po ultrafiltravimo įdėti po pasterizacijos proceso.

Siekiant visapusiškai įvertinti jogurto bandinius su bruknių sultimis ir jų frakcijų milteliais juslinės analizės metu buvo prašoma įvertinti bandinių priimtinumą. Gauti rezultatai pateikti 18 paveiksle.



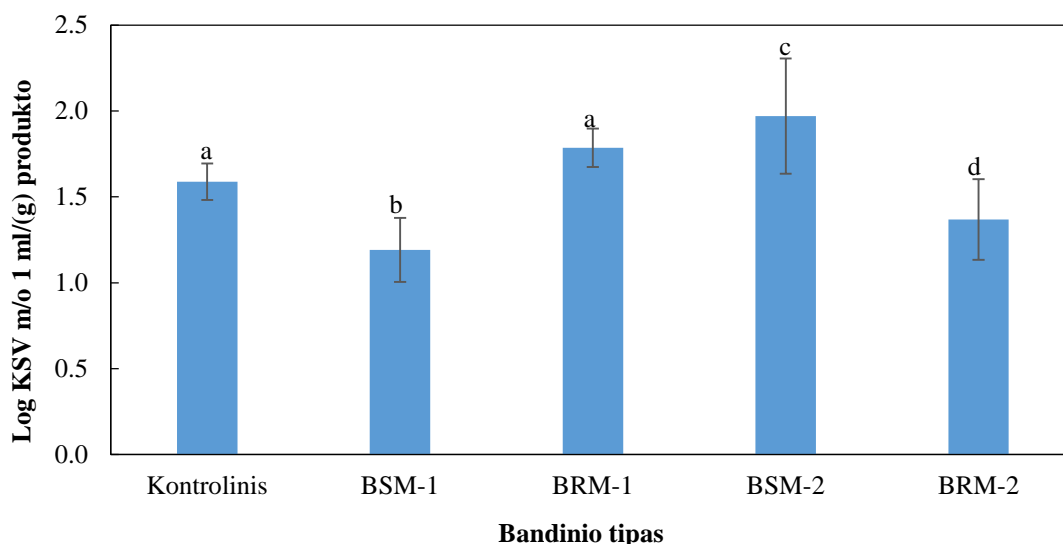
18 pav. Jogurto bandinių priimtumo juslinis vertinimas

Kontrolinis – natūralus jogurtas be priedų; BSM–1 – bruknių milteliai be ultrafiltravimo įdėti prieš pasterizacijos procesą; BRM–1- bruknių milteliai be ultrafiltravimo įdėti po pasterizacijos proceso; BSM–2 – bruknių milteliai po ultrafiltravimo įdėti prieš pasterizacijos procesą; BRM–2 – bruknių milteliai po ultrafiltravimo įdėti po pasterizacijos proceso.

Kaip matyti iš bandinių priimtumo vertinimo, dauguma vertintojų kaip priimtinausią jogurto tipą pasirinko Kontrolinį mėginį – iš 23 apklaustų studentų, labiausiai patiko 12 dalyvių. Jogurto mėginiai su bruknių sulčių milteliais, įdėtais prieš pasterizacijos procesą (BSM–1) ir įdėtais po pasterizacijos (BSM–2) buvo mažiausiai priimtini juslinio vertinimo dalyviams.

Suomelos ir kt. 2012 metais atliktame tyrime, buvo stebimas vaikų hedoninis atsakas į skirtingus uogų produktus (mėlynių, juodųjų serbentų bruknių ir šaltalankių) su įvairiu cukraus kiekiu juose. Buvo nustatyta, kad daugiau mėgstamas jogurtas su bruknėmis, negu pačios bruknių sultys. Šio tyrimo rezultatai leidžia teigti, kad potencialūs vartotojai labiau renkasi uogas matricoje, pavyzdžiui, jogurte, kuris sušvelnina rūgštų skonį, kurį lemia uogų/sulčių sudėtyje esančios organinės rūgštys [128].

Dėl augalinės žaliavos naudojimo ir siekiant įvertinti patogeninių mikroorganizmų dauginimasi pieno produkte, pagaminti jogurto su bruknių sulčių ir jų frakcijų milteliais ir kontrolinis mėginiai buvo ištirti mikrobiologiškai. Kadangi, mielės geba augti esant nepalankioms sąlygoms buvo tiriamas mielių ir pelėsinių grybų kolonijų skaičius [143]. Mielėms ir pelėsinių grybų skaičiaus nustatymas buvo atliktas pagal LST ISO 6611:2004 metodiką. Mikrobiologinės analizės rezultatai yra pateikti 19 paveiksle.



19 pav. Mielių ir pelėsinų grybų kolonijų kiekis

Kontrolinis – natūralus jogurtas be priedų; BSM–1 – bruknių milteliai be ultrafiltravimo įdėti prieš pasterizacijos procesą; BRM–1- bruknių milteliai be ultrafiltravimo įdėti po pasterizacijos proceso; BSM–2 – bruknių milteliai po ultrafiltravimo įdėti prieš pasterizacijos procesą; BRM–2 – bruknių milteliai po ultrafiltravimo įdėti po pasterizacijos proceso. ^{a,b,c,d} – skirtingomis raidėmis pažymėti vidurkiai tarp frakcijų statistiškai reikšmingai skiriasi, kai $p < 0,05$.

Nustatytas didžiausias mielių ir pelėsinų grybų kolonijų kiekis yra BSM–2 jogurto bandinyje. Mažiausiai mielių ir pelėsinų grybų kolonijų rasta jogurto bandiniuose su bruknių sulčių frakcija, įdėta prieš pasterizacijos režimą (BSM–1). Taigi, remiantis gautais rezultatais galima daryti išvadą, kad nežymus mikrobiologinis užterštumas atsirado dėl įvairių pašalinių aplinkos veiksnių.

Taigi, viena iš platesnio bruknių panaudojimo kliūčių yra intensyvus, rūgštus ir netgi kartus skonis. Bruknių skonis yra tipiška labai rūgštinis ir rūgštus dėl didelio organinių rūgščių kiekio, ypač citrinų rūgšties. Manoma, kad fermentinis apdorojimas yra potencialus būdas sumažinti natūraliai rūgštinį bruknių skonį. Fermentacija ir fermentinis apdorojimas yra galimi būdai, siekiant pakeisti bruknių skonį ir todėl, kad tai galimybė padidinti bruknių panaudojimą maisto ir gėrimų produktų sudėtyje. Be to, fermentinis apdorojimas mokslinėje literatūroje yra minimas kaip geriausias metodas bruknių skonio pakeitimui [127].

IŠVADOS

1. Augalinėms žaliavoms bruknių ir šaltalankio sultims paruošimo metu buvo taikyti membraninės filtracijos procesai. Bruknių ir šaltalankio frakcijos (permeatas, retantas) buvo gautos membraninės filtracijos būdu, naudojant 1,000 kDa ir 20,000 kDa membranas. Nustatyta, kad bruknių ir šaltalankio sulčių filtravimas bei frakcionavimas, pro atitinkamo dydžio membranas ir esant pastoviam slėgiui yra įmanomas. Tačiau, augalinės žaliavos pasirinkimas turi įtaką apnašų susidarymui. Tai nustatyta filtruojant bruknių sultis.
2. Membraninės filtracijos būdu gautos bruknių ir šaltalankio uogų sultys ir jų frakcijos buvo ištirtos ir palygintos taikant *Folin–Ciocalteu* reagento, DPPH• radikalo sujungimo gebos, DC/MS metodus. Didžiausias bendrasis fenolinių (BFJ) junginių kiekis nustatytas bruknių sulčių retanto frakcijoje – 56,29 µg GRE/g sausos medžiagos ir šaltalankio sulčių sausuose milteliuose (20,05 µg GRE/g sausos medžiagos). Didžiausiu DPPH• laisvųjų radikalų sujungimu pasižymėjo bruknių sulčių retanto frakcijos bandiniai (92,30±0,04) ir šaltalankio sulčių retanto frakcijos (84,66±0,03 %). DC/MS metodu bruknių sulčių frakcijose buvo nustatyta 15 lakiųjų junginių, o šaltalankio frakcijose - 23 lakieji junginiai. BFJ kiekio ir laisvųjų radikalų sujungimo metodais gauti rezultatai leidžia teigti, kad ultrafiltravimo proceso metu, kinta analizuojamų bandinių cheminė sudėtis.
3. Bruknių sulčių ir retanto frakcijos panaudotos jogurto gamybos technologijoje. Nustatyta, kad bruknių sultis ir jų frakcijas tikslingiau į pieno mišinį įvesti po pasterizacijos. Lyginant su bruknių sultimis ir jų frakcijomis pagamintus jogurto bandinius, sausųjų medžiagų kiekiai, pH ir klampumo vetės mažai kuo skyrėsi. Lyginant juslines savybes ir jogurto bandinių priimtinumą, nustatyta, kad vartotojams priimtinesni jogurto bandiniai su bruknių sulčių retanto frakcija nei su bruknių sulčių.
4. Apibendrinant, galima teigti, kad uogų sulčių frakcijų priitaikytas pieno produktuose pirmiausiai turi būti paremtas išskirtiniu biologiškai aktyvių junginių sukonzentravimu ir jų juslinių savybių priimtinumu. Gautais rezultatais, tai nebuvo visiškai pagrįsta.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Sant'Anna V., Marczak L. D. F., Tessaro I. C., Membrane concentration of liquid foods by forward osmosis: Process and quality view, *J. Food Eng.*, 2012, 111, 3, pp. 483–489. ISSN 0260–8774.
2. Echavarría A. P. ir kt., Fruit Juice Processing and Membrane Technology Application, *Food Eng. Rev.*, 2011, 3, 3–4, pp. 136–158 ISSN 1866–7910.
3. Vincent–Vela M. C. ir kt., Analysis of an ultrafiltration model: Influence of operational conditions, *Desalination*, 2012, 284, pp. 14–21. ISSN 0011-9164.
4. Membrane filtration – an effective way to food quality *The European Food Information Council*, [interaktyvus] [žiūrėta 2015–12–06], 2005. Prieiga per internetą: <http://www.eufic.org/article/en/artid/membrane-filtration-food-quality/>
5. Loginov M., ir kt., Separation of polyphenols and proteins from flaxseed hull extracts by coagulation and ultrafiltration, *J. Memb. Sci.*, 2013, 442, pp. 177–186. ISSN 0376-7388.
6. Suárez L. ir kt., Membrane technology for the recovery of detergent compounds: A review, *J. Ind. Eng. Chem.*, 2012, 18, 6, pp. 1859–1873. ISSN 1226–086X.
7. Fan Z. L., Wang Z. Y., Liu J. R., Cold–field fruit extracts exert different antioxidant and antiproliferative activities in vitro, *Food Chem.*, 2011, 129, 2, pp. 402–407. ISSN: 0308-8146. ISSN 0308–8146.
8. Rodriguez–Amaya D. B., Natural food pigments and colorants, *Curr. Opin. Food Sci.*, 2016, 7, pp. 20–26. ISSN 2214–7993.
9. Guo W., Ngo H. H., Li J., A mini-review on membrane fouling, *Bioresour. Technol.*, 2012, 122, pp. 27–34. ISSN 0960–8524.
10. Shirazi S., Lin C. J., Chen D., Inorganic fouling of pressure-driven membrane processes - A critical review, *Desalination*, 2010, 250, 1, pp. 236–248. ISSN 0011–9164.
11. Cassano A. ir kt., Recovery of bioactive compounds in kiwifruit juice by ultrafiltration, *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 2008, 9, 4, pp. 556–562. ISSN 1466–8564.
12. Mutamim N. S. A. ir kt., Application of membrane bioreactor technology in treating high strength industrial wastewater: A performance review,” *Desalination*, 2012, 305, pp. 1–11. ISSN 0011–9164.
13. Pap N. ir kt., The effect of pre-treatment on the anthocyanin and flavonol content of black currant juice (*Ribes nigrum* L.) in concentration by reverse osmosis, *J. Food Eng.*, 2010, 98, 4, pp. 429–436. ISSN 1935-5130.
14. Razi B. ir kt., Clarification of tomato juice by cross-flow microfiltration, *Int. J. Food Sci. Technol.*, 2011, 46, 1, pp. 138–145. ISSN 1365-2621.

15. Cui H. S. M. Z. F., *Membrane Technology*. Elsevier, 2010. ISBN 9780080951348.
16. Makabe R., Akamatsu K., Nakao S., Mitigation of particle deposition onto membrane surface in cross-flow microfiltration under high flow rate, *Sep. Purif. Technol.*, 2016, 160, pp. 98–105. ISSN 1383–5866.
17. Galanakis C. M., Markouli E., Gekas V., Recovery and fractionation of different phenolic classes from winery sludge using ultrafiltration, *Sep. Purif. Technol.*, 2013, 107, pp. 245–251. ISSN 1383–5866
18. Song H., ir kt., Natural organic matter removal and flux decline with PEG-TiO₂-doped PVDF membranes by integration of ultrafiltration with photocatalysis, *J. Memb. Sci.*, 2012, 405–406, pp. 48–56. ISSN 0376-7388.
19. Schoupe M., *Membrane technologies for water applications*. 2010. ISBN 978-92-79-17087-4.
20. Fidalgo T., Berdasco M. A., Riera F. A., UHT Condensate Recovery by Reverse Osmosis : A Pilot-Plant Study, 2014, ISSN 1520-5045.
21. Jesus D. F. ir kt., Orange (*Citrus sinensis*) juice concentration by reverse osmosis, *J. Food Eng.*, 2007, 81, 2, pp. 287–291. ISSN 0260–8774.
22. Tang C.Y., Chong T. H., Fane A. G., Colloidal interactions and fouling of NF and RO membranes: A review, *Adv. Colloid Interface Sci.*, 2011, 164, 1–2, pp. 126–143. ISSN 0001–8686.
23. AlfaLaval [interaktyvus] [žiūrėta 2016–02–02]. Prieiga per internetą: <http://www.alfalaval.com/contact-us/>
24. Philos Membrane [interaktyvus] [žiūrėta 2015–02–02]. Prieiga per internetą: <http://www.philosmembrane.com/english/biznproduct/manufact.htm>
25. Echavarría A. P. ir kt., Ultrafiltration and reverse osmosis for clarification and concentration of fruit juices at pilot plant scale, *LWT - Food Sci. Technol.*, 2012, 46, 1, pp. 189–195. ISSN 0023–6438.
26. Alothman Z. A. ir kt., Membrane filtration of Sudan orange G on a cellulose acetate membrane filter for separation-preconcentration and spectrophotometric determination in water, chili powder, chili sauce and tomato sauce samples., *Food Chem. Toxicol.*, 2012, 50, 8, pp. 2709–13. ISSN 0278–6915.
27. Cui H. S. M. F., *Membrane Technology*. Elsevier, 2010.
28. Nady N. ir kt., Enzyme-catalyzed modification of PES surfaces: reduction in adsorption of BSA, dextrin and tannin., *J. Colloid Interface Sci.*, 2012, 378, 1, pp. 191–200. ISSN 0021-9797.
29. Cui H. S. M. Z. F., *Membrane Technology*. Elsevier, 2010.

30. Perry D., RH & Green, *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, 8th ed. New York: McGraw-Hill Professional, 2007. ISBN 9780071422949.
31. Thuvander J., Jönsson A., Chemical Engineering Research and Design Extraction of galactoglucomannan from thermomechanical pulp mill process water by microfiltration and ultrafiltration — Influence of microfiltration membrane pore size on ultrafiltration performance, *Chem. Eng. Res. Des.*, 2015, 105, pp. 171–176.
32. Qin G. ir kt., Food and Bioproducts Processing Microfiltration of kiwifruit juice and fouling mechanism using fly-ash-based ceramic, *Food Bioprod. Process.*, 2015, 96, pp. 278–284. ISSN 0960–3085.
33. Ambrosi A., Cardozo N. S. M., Tessaro I. C., Membrane Separation Processes for the Beer Industry: A Review and State of the Art, *Food Bioprocess Technol.*, 2014, 7, 4, pp. 921–936. ISSN 0960–3085
34. Burrell H. ir kt., Crossflow microfiltration of beer: laboratory-scale studies on the effect of pore size., *Filtr. Sep.*, 1994, 31, 4, pp. 399–406.
35. Wenten G. ir kt., Membrane cleaning after beer clarification. *Proc. Eur. Brew. Conv.*, 1994, pp. 188–195.
36. Gan C. L. ir kt., Beer clarification by cross-flow microfiltration: fouling mechanisms and flux enhancement., *Inst. Chem. Eng.*, 1997, 75, 1, p. 6.
37. Blanpain M., Lalande P., Investigation of fouling mechanisms governing permeate flux in the crossflow microfiltration of beer., *Filtr. Sep.*, 1997, 34, 10, pp. 1065–1069.
38. Gan M. T. ir kt., Synergetic cleaning procedure for a ceramic membrane fouled by beer microfiltration, *J. Memb. Sci.*, 1999, 155, 2, pp. 277–289. ISSN 0376–7388.
39. Blanpain-Avet M. ir kt., The effect of oscillatory flow on crossflow microfiltration of beer in a tubular mineral membrane system—membrane fouling resistance decrease and energetic considerations., *J. Memb. Sci.*, 1999, 152, 2, pp. 151–174 ISSN 0376–7388.
40. Gan C. ir kt., Beer clarification by microfiltration—product quality control and fractionation of particles and macromolecules., *J. Membr. Sci.*, 2001, 194, 2, pp. 185–196. ISSN: 0376-7388.
41. Fillaudeau H., Carrère L., Yeast cells, beer composition and mean pore diameter impacts on fouling and retention during crossflow filtration of beer with ceramic membranes, *J. Memb. Sci.*, 2002, 196, 1, pp. 39–57. ISSN 0376–7388
42. Fillaudeau, L. ir kt., Investigation of rotating and vibrating filtration for clarification of rough beer., *J. Food Eng.*, 2007, 80, 1, pp. 206–217. ISSN 0260–8774
43. Yazdanshenas S. A. R. ir kt., Cross-flow microfiltration of rough non-alcoholic beer and diluted malt extract with tubular ceramic membranes: investigation of fouling mechanisms,

- J. Memb. Sci.*, 2010, 362, 1–2, pp. 306–316. ISSN 0376–7388.
44. Sensidoni P. ir kt., Monitoring of beer filtration using photon correlation spectroscopy (PCS), *J. Inst. Brew.*, 2011, 117, 4, pp. 639–646. ISSN 2050–0416.
 45. Chan C. C. V., Bérubé P. R., Hall E. R., Relationship between types of surface shear stress profiles and membrane fouling., *Water Res.*, 2011, 45, 19, pp. 6403–16. ISSN 0043–1354.
 46. Cui H. S. M. Z F, *Membrane Technology*. Elsevier, 2010.
 47. Zhu Z. ir kt., Chicory juice clarification by membrane filtration using rotating disk module., *J. Food Eng.*, 2013, 115, 2, pp. 264–271. ISSN 0260–8774.
 48. Jovic D. ir kt., Intensification of microfiltration using a blade-type turbulence promoter [✓] evic., 2013, 426, pp. 113–120.
 49. H. S. M. Z F Cui, *Membrane Technology*. Elsevier, 2010.
 50. Layal D., Development of an original lab-scale filtration strategy for the prediction of microfiltration performance : Application to orange juice clarification., *Sep. Purif. Technol.*, 2015, 156, pp. 42–50. ISSN 1383–5866.
 51. Cassano A. ir kt., Ultrafiltration of Clementine mandarin juice by hollow fibre membranes., *Desalination*, 2009, 241, 1–3, pp. 302–308. ISSN 0011–9164.
 52. Saura D. ir kt., Separation of aromatics compounds during the clarification of lemon juice by cross-flow filtration, *Ind. Crops Prod.*, 2012, 36, 1, pp. 543–548. ISSN 0926–6690.
 53. De Oliveira R. C., Docê R. C., De Barros S. T. D, Clarification of passion fruit juice by microfiltration: Analyses of operating parameters, study of membrane fouling and juice quality., *J. Food Eng.*, 2012, 111, 2, pp. 432–439. ISSN 0260–8774.
 54. Maktouf S. ir kt., Food and Bioproducts Processing Lemon juice clarification using fungal pectinolytic enzymes coupled to membrane ultrafiltration., *Food Bioprod. Process.*, 2013, 92, 1, pp. 14–19. ISSN 0960–3085.
 55. Destani F., Recovery and concentration of phenolic compounds in blood orange juice by membrane operations., *J. Food Eng.*, 2013, 117, 3, pp. 263–271. ISSN 0260–8774.
 56. Membrane Process and Controls [interaktyvus] [žiūrėta 2015–05–04]. Prieiga per internetą: <http://www.membranepc.com/>
 57. Lipnizki F., Cross-Flow Membrane Applications in the Food Industry., *Membr. Technol.*, 2010, 3, pp. 1–24. ISBN 978-3-527-31482-9.
 58. Husson E. ir kt., Selective anthocyanins enrichment of cranberry juice by electrodialysis with ultrafiltration membranes stacked, *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 2013, 17, pp. 153–162. ISSN 1466–8564.
 59. Cissé M., Selecting ultrafiltration and nanofiltration membranes to concentrate anthocyanins from roselle extract (*Hibiscus sabdariffa* L.), *Food Res. Int.*, 2011, 44, 9, pp.

2607–2614. ISSN 0963–9969

60. Shigematsu Akinori, Development of Microfiltration Technology in the Dairy Industry, 2011 ISSN 1884-6440.
61. Delcroix C. ir kt., Influence of ionic strength on membrane selectivity during the ultrafiltration of sulfated pentasaccharides., *Carbohydr. Polym.*, 2015, 116, pp. 243–248. ISSN 0144–8617.
62. Taheri A. ir kt., Antioxidant activities and functional properties of protein and peptide fractions isolated from salted herring brine, *Food Chem.*, 2014, 142, pp. 318–326. ISSN: 0308–8146.
63. Gao W. ir kt., Membrane fouling control in ultrafiltration technology for drinking water production: A review, *Desalination*, 2011, 272, 1–3, pp. 1–8. ISSN 0011–9164.
64. Pouliot Y., Membrane processes in dairy technology—From a simple idea to worldwide panacea., *Int. Dairy J.*, 2008, 18, 7, pp. 735–740. ISSN 0958-6946.
65. Baldasso C., Barros T. C., Tessaro I. C., Concentration and purification of whey proteins by ultrafiltration., *Desalination*, 2011, 278, 1–3, pp. 381–386. ISSN 0011–9164.
66. García L. F., Rodríguez F. A. R., Combination of microfiltration and heat treatment for ESL milk production : Impact on shelf life., *J. Food Eng.*, 2014, 128, pp. 1–9. ISSN 0260–8774.
67. Maubois J. L., Milk and dairy products for human nutrition : contribution of technology., *Bull. L Acad. Natl. Med.*, 2008, 192, 4, pp. 703–711.
68. Van Dinther A. M. C., Schroën C. G. P. H., Boom R. M., Separation process for very concentrated emulsions and suspensions in the food industry, *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 2013, 18, pp. 177–182 ISSN 1466-8564.
69. Fuenmayor C. A. ir kt., Filtration of apple juice by nylon nanofibrous membranes, *J. Food Eng.*, 2014, 122, 1, pp. 110–116. ISSN 0260–8774.
70. Aguiar I. B. ir kt., Physicochemical and sensory properties of apple juice concentrated by reverse osmosis and osmotic evaporation, *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 2012, 16, pp. 137–142. ISSN 1466-8564.
71. Saura D. ir kt., Separation of aromatics compounds during the clarification of lemon juice by cross-flow filtration, *Ind. Crops Prod.*, 2012, 36, 1, pp. 543–548.
72. Onsekizoglu P., Bahceci K. S., Acar M. J., Clarification and the concentration of apple juice using membrane processes: A comparative quality assessment, *J. Memb. Sci.*, 2010, 352, 1–2, pp. 160–165. ISSN 0376-7388.
73. Kalasauskienė S.M., *Vaistiniai augalai. Gydymui, kosmetikai, kulinarijai*. Vilnius: ASVEJA, 2009. ISBN 9789955738213.
74. Krejcarova K., Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) as a potential source of

- nutraceuticals and its therapeutic possibilities - a review, *Vet. Sci.*, 2015, 84, 3, pp. 257–268. ISSN: 0034–5288.
75. Mane M. C., Loonis M., Juhel C., Dufour C. Food grade lingonberry extract: polyphenolic composition and in vivo protective effect against oxidative stress, *J. Agric. Food Chem.*, 2011. ISSN 1520–5118
 76. Bandzaitienė R. D., Z., Labokas J., Bruknės, *Valstiečių laikraštis*, Vilnius, 2002, pp. 2–7.
 77. Puišo J. ir kt., Biosynthesis of silver nanoparticles using lingonberry and cranberry juices and their antimicrobial activity, *Colloids Surfaces Biointerfaces*, 2014, 121, pp. 214–221. ISSN 0927–7765.
 78. Kylli P. ir kt., Lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea*) and European cranberry (*Vaccinium microcarpon*) proanthocyanidins: Isolation, identification, and bioactivities, *J. Agric. Food Chem.*, 2011, 59, pp. 3373–3384. ISSN 1520-5118.
 79. Kivimäki A. S. ir kt., Lingonberry juice lowers blood pressure of spontaneously hypertensive rats (SHR), *J. Funct. Foods*, 2013, 5, pp. 1432–1440. ISSN 1756–4646
 80. Ek S. ir kt., Characterization of phenolic compounds from lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea*), *J. Agric. Food Chem.*, 2006, 54, 26, pp. 9834–42. ISSN 1520–5118.
 81. Lee J., Finn C. E., Lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) grown in the Pacific Northwest of North America: Anthocyanin and free amino acid composition, *J. Funct. Foods*, 2012, 4, 1, pp. 213–218. ISSN 1756–4646.
 82. Rihinen K., Phenolic compounds in berries, *J. Nat. Environ. Sci.*, 2005, 187, pp. 1–97. ISSN 1001–0742.
 83. Vyas P. ir kt., Chemical analysis and effect of blueberry and lingonberry fruits and leaves against glutamate-mediated excitotoxicity, *J. Agric. Food Chem.*, 2013, 61, pp. 7769–7776. ISSN 1520–5118.
 84. Hakkinen S. H. ir kt., Ellagic acid content in berries: Influence of domestic processing and storage, *Eur. Food Res. Technol.*, 2000, 212, pp. 75–80. ISSN 1438–2385.
 85. Szakiel A., Pączkowski C., Huttunen S., Triterpenoid content of berries and leaves of bilberry *Vaccinium myrtillus* from Finland and Poland, *J. Agric. Food Chem.*, 2012, 60, pp. 11839–11849. ISSN 1520–5118.
 86. Ting H.-C. ir kt., The in vitro and in vivo antioxidant properties of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) seed oil, *Food Chem.*, 2011, 125, 2, pp. 652–659. ISSN 0308-8146.
 87. Seglina D., The effect of processing on the composition of sea buckthorn juice, *J. Fruit Ornam. Plant Res.*, 2006, 14, pp. 257–264. ISSN 1231–0948.
 88. Araya-Farias M., Makhoulouf J., Ratti C., Berry: Impact of Dehydration Methods on Kinetics and Quality, *Dry. Technol.*, 2015, 29, pp. 351–359. ISSN 1532–2300.

89. Ragažinskienė O., Rimkienė S., *Vaistinių augalų enciklopedija*. Kaunas: Lututė, 2005. ISBN 9955-575-73-5
90. Suryakumar G., Gupta A., Medicinal and therapeutic potential of Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.), *J. Ethnopharmacol.*, 2011, 138, 2, pp. 268–78. ISSN 0378–8741
91. Korekar G. ir kt., Variability and the genotypic effect on antioxidant activity, total phenolics, carotenoids and ascorbic acid content in seventeen natural population of Seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) from trans-Himalaya, *LWT - Food Sci. Technol.*, 2014, 55, 1, pp. 157–162. ISSN 0023–6438.
92. Korekar G. ir kt., Variability and the genotypic effect on antioxidant activity, total phenolics, carotenoids and ascorbic acid content in seventeen natural population of Seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) from trans-Himalaya, *LWT - Food Sci. Technol.*, 2014, 55, 1, pp. 157–162.
93. Hosseinian F. S. ir kt., Proanthocyanidin profile and ORAC values of Manitoba berries, Chokecherries, and Seabuckthorn, *J. Agric. Food Chem.*, 2007, 55, pp. 6970–6976. ISSN 1520–5118.
94. Raluca Maria Pop V. ir kt., UHPLC/PDA–ESI/MS Analysis of the Main Berry and Leaf Flavonol Glycosides from Different Carpathian *Hippophaë rhamnoides* L. Varieties, *Phytochem. Anal.*, 2013, 24, 5, pp. 484–492. ISSN 1099–1565.
95. Socaci A. P. S. A., Socaci C., Tofană M., In-tube Extraction and GC–MS Analysis of Volatile Components from Wild and Cultivated sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L. ssp. *Carpatica*) Berry Varieties and Juice, *Phytochem. Anal.*, 2013, 24, 4, pp. 319–328. ISSN 1099–1565.
96. Thomas T. H. J. B., Li S. C., *Sea Buckthorn (Hippophae Rhamnoides L.)*, *Production and Utilization*. 2003, Summerland, Canada: NRC Research Press.
97. Šaltalankių produkcijos vidaus ir užsienio rinkų tyrimas, Lietuvos šaltalankių augintojų asociacija, 2013, [interaktyvus] [žiūrėta 2016–05–08]. Prieiga per internetą: <http://saltalankiai.lt/wp-content/uploads/2012/03/Studija-%C5%A1altalanki%C5%B3-rinkos-tyrimas-rinka.pdf>
98. Guliyev V. B., Gul M., Yildirim A., *Hippophae rhamnoides* L.: chromatographic methods to determine chemical composition, use in traditional medicine and pharmacological effects., *J. Chromatogr. B. Analyt. Technol. Biomed. Life Sci.*, 2004, 812, 1–2, pp. 291–307. ISSN 1570–0232.
99. Harrison J. E., Beveridge T. H. J., Pectinesterase Activity and Proximate Analyses of Sea Buckthorn Juices, *J. Food Sci.*, 2006, 71, 1, pp. 23–27. ISSN 0975–8402.

100. Hashemi H., Hadi M., Mesbahi G., Scientific and technical aspects of yogurt fortification : A review, *Food Sci. Hum. Wellness*, 2015, 4, 1, pp. 1–8. ISSN 2213–4530.
101. Dairy Australia, Permeate – everything you need to know about milk standardisation, 2012, [interaktyvus] [žiūrėta 2016–05–10]. Prieiga per internetą: <http://www.nutritionaustralia.org/national/resource/permeate-%E2%80%93-everything-you-need-know-about-milk-standardisation>
102. Astrup A., Yogurt and dairy product consumption to prevent cardiometabolic diseases: epidemiologic and experimental studies, *Am. J. Clin. Nutr.*, 2014, 99, 5, p. ISSN 1235–1242.
103. Haug A., Høstmark A. T., Harstad O. M, Bovine milk in human nutrition – a review, *Lipids Health Dis.*, 2007, 6, 1, p. 25. ISSN 1476–511X.
104. Kandyli P. ir kt., ScienceDirect Dairy and non-dairy probiotic beverages, *Curr. Opin. Food Sci.*, 2016, 7, pp. 58–63. ISSN 2214–7993.
105. Ehala S., Vaher M., Kaljurand M., Characterization of phenolic profiles of Northern European berries by capillary electrophoresis and determination of their antioxidant activity, *J. Agric. Food Chem.*, 2005, 53, pp. 6484–6490. ISSN 1520–5118.
106. Kiros E. ir kt., LWT - Food Science and Technology Effect of carrot juice and stabilizer on the physicochemical and microbiological properties of yoghurt, *LWT - Food Sci. Technol.*, 2016, 69, pp. 191–196. ISSN 0975–8402.
107. Servilia M. ir kt., Functional milk beverage fortified with phenolic compounds extracted from olive vegetation water, and fermented with functional lactic acid bacteria, *Int. J. Food Microbiol.*, 2011, 147, 1, pp. 45–52. ISSN 0168–1605.
108. Chouchouli V. ir kt., Fortification of yoghurts with grape (*Vitis vinifera*) seed extracts, *LWT – Food Sci. Technol.*, 2013, 53, 2, pp. 522–529. ISSN 0975–8402.
109. Caleja C. ir kt., Fortification of yogurts with different antioxidant preservatives: A comparative study between natural and synthetic additives, *Food Chem.*, 2016, 210, pp. 262–268. ISSN 0308–8146.
110. Bertolino M. ir kt., Influence of the addition of different hazelnut skins on the physicochemical, antioxidant, polyphenol and sensory properties of yogurt, *LWT – Food Sci. Technol.*, 2014, 63, 2, pp. 1145–1154. ISSN 0975–8402.
111. Coda R. ir kt. Yogurt-like beverages made of a mixture of cereals, soy and grape must: microbiology, texture, nutritional and sensory properties., *Int. J. Food Microbiol.*, 2012, 155, 3, pp. 120–7. ISSN 0168–1605.
112. Penney P. J. G. V., Henderson G., Blumb C., The potential of phytopreservatives and nisin to control microbial spoilage of minimally processed fruit yogurts, *Innov. Food Sci. Emerg.*

- Technol.*, 2004, 5, 3, pp. 369–375. ISSN 1466-8564.
113. Ranadheera C. S. ir kt., Probiotic viability and physico-chemical and sensory properties of plain and stirred fruit yogurts made from goat's milk, *Food Chem.*, 2012, 135, 3, pp. 1411–1418. ISSN 0308-8146.
 114. Leskauskaitė D., Jasutiene I., Fortification of dairy products with vitamin D₃ *International Journal of Dairy Technology*, 2016, 69, 2, pp. 177–183. ISSN 1471–0307.
 115. Muniandy P., Shori A. B., Baba A. S., Comparison of the effect of green, white and black tea on *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus* spp. in yogurt during refrigerated storage, *J. Assoc. Arab Univ. Basic Appl. Sci.*, 2015, 8, pp. 1–8. ISSN 2090–424x.
 116. Yang B ir kt., Flavonol glycosides in wild and cultivated berries of three major subspecies of *Hippophaë rhamnoides* and changes during harvesting period, *Food Chem.*, 2009, 115, 2, pp. 657–664. ISSN 0308–8146
 117. Singh G., Muthukumarappan K., Influence of calcium fortification on sensory, physical and rheological characteristics of fruit yogurt, *LWT – Food Sci. Technol.*, 2008, 41, 7, pp. 1145–1152 ISSN 0023–6438.
 118. Boeneke K. J. A. C.A., Effect of folic acid fortification on the characteristics of lemon yogurt, *Food Sci. Technol.*, 2007, 71, 7, pp. 1335–1343. ISSN 0023–6438.
 119. Stankevičius M. ir kt., Comparative analysis of radical scavenging and antioxidant activity of phenolic compounds present in everyday use spice plants by means of spectrophotometric and chromatographic methods, *J. Sep. Sci.*, 2011, 34, pp. 1261–1267. ISSN 1615–9314.
 120. Brand-Williams, Cuvelier M. E, Berset C., Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity, *Leb. u.-Technol.*, 1995, 28, p. S. 25–30. ISSN 0023–6438.
 121. Sun-Waterhouse D., Zhou J., Wadhwa S. S, Drinking yoghurts with berry polyphenols added before and after fermentation, *Food Control*, 2013, 32, 2, pp. 450–460. ISSN 0956–7135.
 122. LST ISO 4121:2004 Juslinė analizė. Kiekybinių atsakų skalių taikymo nurodymai (tapatus ISO 4121:2003). Turi Lietuvos standarto statusą, Lietuvos Standartizacijos Departamentas, Vilnius, 2004.
 123. LST ISO 6611:2004 Pienas ir pieno produktai. Mielių ir (arba) pelėsinų grybų kolonijas sudarančių vienetų skaičiavimas. Kolonijų skaičiavimo 25 °C temperatūroje metodas (tpapatus ISO 6611:2004) Milk and milk products. Numeration of colony-forming units of yeast.” Turi Lietuvos standarto statusą, Lietuvos Standartizacijos Departamentas, Vilnius, 2004.
 124. Arimboor R., Integrated processing of fresh Indian sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*

-) berries and chemical evaluation of products, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2006, 2353, 10, pp. 2345–2353. ISSN 1520–5118.
125. Sharma P., Sarkar B., Prediction of Permeate Flux During Ultrafiltration of Polysaccharide in a Stirred Batch Cell, *Journal of Food Engineering* 2013, 116 (2), pp. 3634–3643. ISSN 0260–8774.
 126. Vladisavljevi G. T., Vukosavljevi P., Food and Bioproducts Processing Clarification of red raspberry juice using microfiltration with gas backwashing : A viable strategy to maximize permeate flux and minimize a loss of anthocyanins, *Food and Bioproducts Processing*, 2013, 91, 4, pp. 473–480. ISSN 0960–3085.
 127. Viljanen K., Relation of sensory perception with chemical composition of bioprocessed lingonberry, *Food Chemistry.*, 2014, 157, pp. 148–156. ISSN 0308–8146
 128. Suomela J. ir kt., Children’s hedonic response to berry products : Effect of chemical composition of berries and hTAS2R38 genotype on liking, *Food Chemistry*, 2012, 135, 3, pp. 1210–1219. ISSN 0308–8146.
 129. Bandzaitienė J., Daubaras Z., Labokas R., *Bruknė (Vaccinium vitis-idaea L.)*. Vilnius: Botanikos instituto leidykla, 2007.
 130. Bagci P. O., Effective clarification of pomegranate juice: A comparative study of pretreatment methods and their influence on ultrafiltration flux, *J. Food Eng.*, 2014, 141, pp. 58–64.
 131. Neifar M. ir kt., Effective clarification of pomegranate juice using laccase treatment optimized by response surface methodology followed by ultrafiltration, *J. Food Process Eng.*, 2011, 34, 4, pp. 1199–1219. ISSN 1745–4530.
 132. Gao V. T. X. ir kt., Changes in Antioxidant Effects and Their Relationship to Phytonutrients in Fruits of Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides L.*) during Maturation, *J. Agric. Food Chem*, 2000, 48, 5, pp. 1485–1490. ISSN 1520–5118.
 133. PubChem duomenų bazė [interaktyvus] [žiūrėta 2016–03–16]. Prieiga per internetą: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/search/>
 134. Spreng A. L., Comparative Study of the Leaf Volatiles of Ericaceae, *Molecules*, 2010 15, 9, pp. 6168–6185. ISSN 1420–3049.
 135. Lee O. M., Shin Y., Aroma–active components of Lycii fructus (kukija), *J. Food Sci.*, 2008, 73, 6, pp. 300–718. ISSN 0975–8402.
 136. Riihinen K. R. ir kt. Fitoterapia The antibiofi lm activity of lingonberry flavonoids against oral pathogens is a case connected to residual complexity, *Fitoterapia*, 2014, 97, pp. 78–86 ISSN 0367-326X.
 137. Zadernowski R. ir kt., Composition of Phenolic Acids in Sea Buckthorn (*Hippophae*

- rhamnoides L.) Berries, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 2005, 82, pp 175–179. ISSN 1558–9331.
138. Vitova, E. ir kt., Comparison of selected aroma compounds in cultivars of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides L.*), *Chemical Papers.*, 2015, 69, 6, pp. 881–888. ISSN 1336–9075.
139. Leung, G.S., Marriott, R., Year to year variation in sea buckthorn juice volatiles using headspace solid phase microextraction, *Flavour and Fragrance Journal.*, 2016, 31, 2, pp. 124–136. ISSN 1099–1026.
140. Sah B. N. P. ir kt., Physicochemical, textural and rheological properties of probiotic yogurt forti fi ed with fibre–rich pineapple peel powder during refrigerated storage, *LWT – Food Science and Technology*, 2016, 65, pp. 978–986. ISSN 0023–6438.
141. Jäger P. M. A. K. ir kt., Short communication: Influence of pasteurization on the active compounds in medicinal plants to be used in dairy products, *Journal of Dairy Science.*, 2010, 93, 6, pp. 2351–3. ISSN 1958–5594.
142. Sendra E. ir kt., Viscoelastic properties of orange fiber enriched yogurt as a function of fiber dose, size and thermal treatment, *LWT – Food Science and Technology*, 2010, 43, 4, pp. 708–714. ISSN 0023–6438.
143. Savova I, Nikolova M., Isolation and taxonomic study of yeast strains from Bulgarian dairy products, *Journal of Culture Collections*, 2002, 3, pp. 59–65. ISSN 1310–8360.

GYVENIMO APRAŠYMAS (CV)

Vardas, pavardė: Radvilė Kunšinskienė

Gimimo data: 1990–10–26

Gimimo vieta: Radviliškio rajonas, Lietuva

IŠSILAVINIMAS

Vidurinis išsilavinimas:

2000 – 2009 m. Panevėžio rajono Smilgių gimnazija

Aukštasis išsilavinimas:

2009 – 2013 m. Kauno technologijos universitetas,

Cheminės technologijos fakultetas,

Chemijos inžinerijos bakalauro kvalifikacinis laipsnis

Specializacija – maisto produktų technologija

2009 – 2016 m. Kauno technologijos universitetas,

Cheminės technologijos fakultetas,

Maisto mokslas ir sauga, magistro dieninės studijos

2014 09 – 2014 12 mėn. Stažuotė Estijos Gamtos Mokslų universitete pagal Erasmus programą (Tartu, Estija).

MOKSLINĖS KONFERENCIJOS

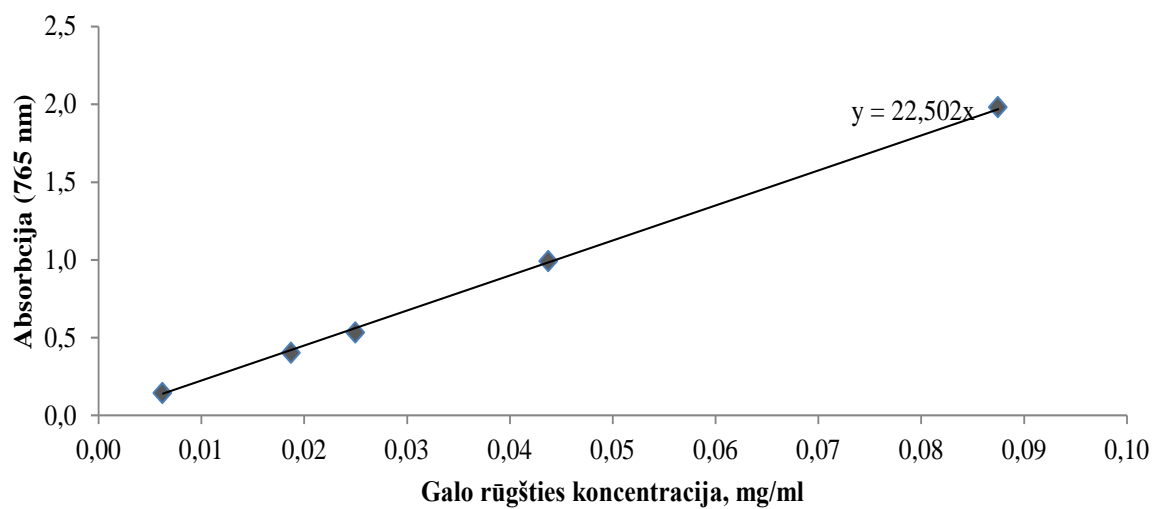
R. Staišiūnaitė, D. Tamulionienė, E. Damašienė, V. Kaškonienė, J. Damašius. The use of membrane filtration process for pumpkin juice fractionation. The Vital Nature Sign 8th international scientific conference. 15-17 May, 2014. Abstract book and program. Vytautas Magnus University, Kaunas, Lithuania, ISSN 2335-8653, p.89.

PADĖKA

Nuoširdžiai dėkoju magistrinio darbo vadovui doc. dr. Jonui Damašiui už darbo temos idėją, pastabas, pasiūlymus, konsultacijas ir supratingumą. Dėkoju doc. dr. Vilmai Kaškonienei už bendradarbiavimą, pagalbą bei konsultacijas vykdant tiriamuosius darbus. Taip pat dėkoju Kauno Technologijos Universiteto dėstytojams už suteiktas žinias ir Maisto mokslo ir technologijos katedrai už suteiktas darbo sąlygas ir materialinę bazę atlikti mokslinį tiriamąjį darbą,

Nuoširdžiai dėkoju savo šeimai ir draugams už palaikymą, kantrybę ir pasitikėjimą.

Standartinė galo rūgšties kalibravimo kreivė



20 pav. Standartinė galo rūgšties kalibravimo kreivė