

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS

Dovilė Mažuikaitė

**β -GLIUKANŲ POKYČIAI PIENO RŪGŠTIES BAKTERIJOMIS
FERMENTUOTUOSE MIEŽIŲ PRODUKTUOSE IR JŲ
PANAUDOJIMAS DUONOS GAMYBAI**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Katedros vedėja

Doc. dr. Loreta Bašinskienė

KAUNAS, 2016

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
MAISTO MOKSLO IR TECHNOLOGIJOS KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėja

Doc. dr. Loreta Bašinskienė

**β -GLIUKANŲ POKYČIAI PIENO RŪGŠTIES BAKTERIJOMIS
FERMENTUOTUOSE MIEŽIŲ PRODUKTUOSE IR JŲ
PANAUDOJIMAS DUONOS GAMYBAI**

Baigiamasis magistro darbas

Maisto mokslas ir sauga (kodas 621E40001)

Vadovas

Doc. dr. Loreta Bašinskienė

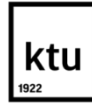
Recenzentas

Lekt. dr. Renata Žvirdauskienė

Projektą atliko

Dovilė Mažuikaitė

KAUNAS, 2016



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Cheminės technologijos fakultetas

(Fakultetas)

Dovilė Mažukaitė

(Studento vardas, pavardė)

Maisto mokslas ir sauga 621E40001

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „β-gliukanų pokyčiai pieno rūgšties bakterijomis fermentuotuose miežių produktuose ir jų panaudojimas duonos gamybai“.

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 16 m. birželio _____ d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano **Dovilės Mažukaitės** baigiamasis projektas tema „β-gliukanų pokyčiai pieno rūgšties bakterijomis fermentuotuose miežių produktuose ir jų panaudojimas duonos gamybai“ 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	1
1. LITERATŪROS APŽVALGA	3
1.1. Miežių cheminės sudėties ypatumai	3
1.2. β -gliukanai	5
1.3. β -gliukanų fiziologinis poveikis	9
1.4. β -gliukanų panaudojimas aukštesnės vertės maisto produktų gamybai	11
2. TYRIMŲ OBJEKTAI IR METODAI	15
2.1. Augalinė žaliava	15
2.2. Mikroorganizmai	15
2.3. Pieno rūgšties bakterijomis fermentuotų miežių miltų produktų gamyba	16
2.4. Miežinės duonos gamyba.....	16
2.5. Cheminės sudėties nustatymo metodai	16
2.6. Bendro titruojamojo rūgštingumo ir pH nustatymas	18
2.7. Bendro β -gliukanų ir tirpių β -gliukanų kiekio nustatymas.....	18
2.8. Fermentų aktyvumo nustatymo metodai.....	21
2.9. Klampos nustatymas reometru.....	26
2.10. Kepinių kokybės įvertinimo metodai.....	27
2.11. Duonos joslinių savybių nustatymas.....	27
2.12. Matematinis statistinis duomenų apdorojimas.....	28
3. REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS.....	29
3.1. Lietuvoje auginamų įvairių veislių miežių charakterizavimas ir parinkimas fermentuotų produktų gamybai	29
3.1.1. Miežių cheminės sudėties ypatumai	29
3.1.2. Genotipo įtaka β -gliukanų kiekiui miežiuose	30
3.1.3. β -gliukanų įtaka vandeninių miežių suspensijų klampai	31
3.2. Miežių pokyčiai fermentacijos pieno rūgšties bakterijomis metu	36
3.2.1. Bendro titruojamasis rūgštingumas ir pH	36
3.2.2. Fermentacijos įtaka β -gliukanų kiekiui ir vandeninių suspensijų klampai.....	37
3.3. Hidrolazių klasės fermentų aktyvumo kinetika fermentuotuose miežių produktuose.....	40
3.4. Fermentuotų miežių produktų įtaka duonos kokybei.....	43
3.5. β -gliukanų pokyčiai kepimo metu	48
IŠVADOS	50
LITERATŪROS SĄRAŠAS	52

Mažuikaitė, Dovilė. „β-gliukanų pokyčiai pieno rūgšties bakterijomis fermentuotuose miežių produktuose ir jų panaudojimas duonos gamybai“. *Magistro* baigiamasis projektas, vadovas doc. dr. Loreta Bašinskienė; Kauno technologijos universitetas, Cheminės technologijos fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: Technologijos mokslai, Maisto technologijos.

Reikšminiai žodžiai: β-gliukanai, pieno rūgšties bakterijos, kietafazė ir skystafazė fermentacija, duonos kokybė.

Kaunas, 2016. 61 psl.

SANTRAUKA

Darbas skirtas antimikrobiškai aktyvių pieno rūgšties bakterijų *Pediococcus acidilactici* KTU05–7 ir *Pediococcus pentosaceus* KTU05–9 iš KTU Maisto mokslo ir technologijos katedros kolekcijos pritaikymui fermentuotų miežių produktų gamybai ir jų panaudojimui duonos gamyboje. Nustatyta miežių cheminė sudėtis, bendro bei tirpių β-gliukanų kiekiai, įvertinta β-gliukanų įtaka miežių vandeninių suspensijų klampai. Nustatyti β-gliukanų ir hidrolazių klasės fermentų aktyvumo pokyčiai fermentuotuose miežių produktuose. Atlikti miežinės duonos kepimai, kuriuose 20 % kvietinių miltų buvo pakeista tiriamaisiais miežių miltais ir įvertinta duonos kokybė.

Didžiausiu β-gliukanų kiekiu, lyginant su kitomis veislėmis, išsiskyrė Christopher (3,11 %) ir Luokė (3,07 %) miežiai. Tirpių β-gliukanų kiekis skirtingų veislių miežiuose kito intervale nuo 0,43–1,49 %. Didžiausi tirpių β-gliukanų kiekiai buvo Luokė (1,49 %) ir Noja DS (1,32 %) miežiuose. Miežių produktai buvo tinkama terpė pieno rūgšties bakterijų dauginimuisi ir rūgščių gamybai. Fermentacijos tiek *P.acidilactici*, tiek *P.pentosaceus* metu β-gliukanų kiekis mažėjo ir po 72 h liko nesuskaidyti 5,5–25,5 % β-gliukanų, o tirpių – 3,4–5,4 %. Gautos vidutinės tiesinės priklausomybės tarp didžiausios klampos (mPa) ir bendro β-gliukanų kiekio bei tirpių β-gliukanų kiekio (atitinkamai $R=0,55$ ir $R=0,68$). α-Amilazės, β-ksilanazės aktyvumai fermentuotuose miežių produktuose mažėjo, proteazės ir β-gliukanazės aktyvumai didėjo. Fermentuotas miežių produktas didino kepinų rūgštingumą, savitąjį tūrį ir minkštimo aktyvumą. Fermentuoti miežių produktai reikšmingai didino kepinų kietumą, mažino elastingumą ir koheziškumą. Vartotojai geriausiai įvertino kepinus, kurie buvo pagaminti su *P.pentosaceus* fermentuotu miežių produktu. *P. pentosaceus*, taikant kietafazę fermentaciją, suskaidė mažiausiai β-gliukanų, todėl būtų galima šios bakterijos ir kietafazės fermentacijos derinį pritaikyti duonos gamyboje, siekiant išsaugoti didžiausią β-gliukanų kiekį ir pagaminti priimtinus vartotojams kepinus.

Mažuikaitė, Dovilė. „Changes of β -glucans in barley products fermented with lactic acid bacteria and their utilisation in bread production“: Master thesis in Food Science and Safety/ supervisor doc. dr. Loreta Bašinskienė. The Faculty of Chemical Technology, Kaunas University of technology.

Research area and field: Technological Sciences, Food Technology.

Key words: β -glucan, lactic acid bacteria, a solid phase and a liquid phase fermentation, bread quality.

Kaunas, 2016. 61 p.

SUMMARY

The objective of this study was to apply lactic acid bacteria such as *Pediococcus acidilactici* KTU05–7 and *Pediococcus pentosaceus* KTU05–9 from the KTU Department of Food Science and Technology collection for the production of fermented barley products and to test these products for bread baking. The chemical composition of barley as well as total and soluble β -glucan content in barley were determined, the influence of β -glucans on the viscosity of aqueous barley suspensions was evaluated. The changes of β -glucans and the activity of hydrolase class enzymes were measured in fermented barley products. The barley bread baking was done, when 20 % wheat flour was replaced by experimental barley flour, and bread quality was evaluated.

The highest β -glucan content in comparison to other varieties was in Christopher (3,11 %) and Luokė (3,07 %) barley. The soluble β -glucan content of tested different barley varieties ranged from 0,43 to 1,49 %, the highest content was in Luokė and Noja DS barley. The barley products were suitable media for lactic acid bacteria growth and acid production. Fermentation with both *P. acidilactici* and *P. pentosaceus* resulted in decreased content of β -glucans and after 72 hours of fermentation only 5,5–25,5 % of β -glucans and 3,4–5,4 % of soluble β -glucans were remained not broken. Moderate linear correlations between the maximum viscosity (mPa) and total β -glucans as well as soluble β -glucans were determined ($R = 0,55$ and $R = 0,68$, respectively). α -Amylase, β -xylanase activities in fermented barley products decreased, protease and β -glucanase activity – increased. Addition of fermented barley product increased acidity, the specific volume and crumb porosity of bread, also increased hardness of bread crumb, reduced its elasticity and adhesion. The most accepted for customers was bread baked with *P. pentosaceus* fermented barley product. The degree of β -glucan hydrolysis in barley products prepared using *P. pentosaceus* and solid state fermentation was lower, so such fermented barley product could be used in bread baking, in order to retain the maximum amount of β -glucans and make bread acceptable to consumers.

SANTRUMPOS

SF – skystafazė fermentacija;

KF – kietafazė fermentacija;

PRB – pieno rūgšties bakterijos;

FMP – fermentuotas miežių produktas;

SFMP – skystafaziniu būdu fermentuotas miežių produktas;

KFMP - kietafaziniu būdu fermentuotas miežių produktas;

BTR – bendras titruojamasis rūgštingumas;

MTL – mažo tankio lipoproteinų cholesterolio kiekis;

DTL – didelio tankio lipoproteinų cholesterolio kiekis;

KV – β -ksilanazės aktyvumo vienetai;

PV – proteazės aktyvumo vienetai;

AV – α -amilazės aktyvumo vienetai;

GV – β -gliukanazės aktyvumo vienetai.

LENTELIŲ IR PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1. **3.1 lentelė.** Skirtingų veislių miežių miltų cheminė sudėtis, (s.m. – sausosios medžiagos). 29 psl.
2. **3.2 lentelė.** Bendras ir tirpių β -gliukanų kiekis miežiuose (s.m. – sausosios medžiagos). 30 psl.
3. **3.3 lentelė.** β -gliukanų kiekis miežių miltuose ir miežinėje duonoje. 49 psl.
1. **3.1 pav.** Ryšys tarp tirpių ir bendro β -gliukanų kiekio įvairių veislių miežiuose. 31 psl.
2. **3.2 pav.** Klampos pokyčiai įvairių veislių miežių vandeninėse suspensijose, (miežių miltų ir vandens santykis 1:6), esant 25 °C temperatūrai, šlyties greičiui 147 s⁻¹. 32 psl.
3. **3.3 pav.** Ryšys tarp didžiausio vandeninių suspensijų klampos ir bendro β -gliukanų kiekio įvairių veislių miežiuose. 33 psl.
4. **3.4 pav.** Ryšys tarp didžiausios miežių vandeninių suspensijų klampos ir tirpių β -gliukanų kiekio įvairių veislių miežiuose. 33 psl.
5. **3.5 pav.** α -amilazės (a), β -ksilanazės (b), proteazės (c), β -gliukanazės (d) aktyvumas įvairių veislių miežiuose. 34 psl.
6. **3.6 pav.** Ryšys tarp didžiausios miežių vandeninių suspensijų klampos ir β -gliukanazės (a), α -amilazės (b), β -ksilanazės (c), proteazės (d) aktyvumų grūduose. 35–36 psl.
7. **3.7 pav.** Bendro titruojamojo rūgštingumo (a) ir pH (b) kitimas miežių miltų kietafazės (50 % drėgnis) ir skystafazės (75 % drėgnis) fermentacijos *P. pentosaceus* (Pp9), *P. acidilactici* (Pa7) bakterijomis metu. 37 psl.
8. **3.8 pav.** Miežių bendro ir tirpių β -gliukanų kiekio pokyčiai kietafazės (a, c) ir skystafazės (b, d) fermentacijos Pa7 (a, b) ir Pp9 (c, d) bakterijomis metu. 38 psl.
9. **3.9 pav.** Miežių vandeninės suspensijos klampos pokyčiai taikant kietafazę (a, c) ir skystafazę (b, d) fermentaciją Pa7 (a, b) ir Pp9 (c, d) bakterijomis. 40 psl.
10. **3.10 pav.** α -amilazės aktyvumo pokyčiai KF (a) ir SF (b) fermentuotuose miežių produktuose. 41 psl.
11. **3.11 pav.** β -ksilanazės aktyvumo pokyčiai KF (a) ir SF (b) fermentuotuose miežių produktuose. 41–42 psl.
12. **3.12 pav.** Proteazės aktyvumo pokyčiai KF (a) ir SF (b) fermentuotuose miežių produktuose. 42 psl.
13. **3.13 pav.** β -gliukanazės aktyvumo pokyčiai KF (a) ir SF (b) fermentuotuose miežių produktuose. 43 psl.
14. **3.14 pav.** Fermentuotų miežių produktų įtaka duonos titruojamajam rūgštingumui (a), savitajam tūriui (b) ir minkštimo aktyvumui (c). 44 psl.

15. **3.15 pav.** Fermentuotų miežių produktų įtaka duonos tekstūrai: kietumui (a), elastingumui (b), koheziškumui (c), lipnumui (d). 46 psl.
16. **3.16 pav.** Fermentuotų miežinių produktų įtaka duonos juslinėms savybėms. 46 psl.
17. **3.17 pav.** Fermentuotų miežių produktų įtaka duonos priimtinumui (a) ir pirmumui (b). 47 psl.

ĮVADAS

Pastarąjį dešimtmetį ryškėja tendencija, kad žmonės vis labiau rūpinasi savo sveikata, todėl ir mitybai, maisto produktų sudėčiai bei kokybei teikia vis daugiau dėmesio. Daugėja rekomendacijų, skatinančių ne atsisakyti vienos ar kitos rūšies maisto produktų, o valgyti saikingus kiekius įvairaus maisto, taip aprūpinant organizmą visomis reikalingomis medžiagomis [1]. Vis plačiau kalbama apie tai, kad maisto produktai svarbūs ne tik kaip energijos ir maistinių medžiagų šaltinis, bet apie tai, jog kai kurie iš jų gali stiprinti žmogaus organizmą ir veikti profilaktiškai, mažinti susirgimų riziką [2].

Didėjant paklausai, didėja ir pasiūla. Įprasta kvietinė ar ruginė duona nebepatenkina didėjančių žmonių poreikių. Pirkėjai tikisi ne tik sotumo poreikį patenkinančių produktų, bet ir ypatingu skoniu, maistine verte ar kitomis savybėmis iš konkurentų išsiskiriančių gaminių. Dėl šių priežasčių, pramonės atstovai priversti nuolat ieškoti naujų žaliavų, priedų, pagardų, technologinių ar kitokių sprendimų, kurie sumažintų gamybos kaštus arba suteiktų produktui išskirtinių savybių, kurios pritrauktų didesnę vartotojų susidomėjimą. Tokio sprendimo pavyzdžiu galėtų būti kitų varpinių javų grūdų, tokių kaip miežiai, avižos, griekiai, spelta, kurie turtingi tam tikromis biologiškai vertingomis medžiagomis, panaudojimas duonos gamyboje. Šių grūdų priedai duonos gaminiams ne tik suteiktų savitą skonį, aromatą ir tekstūrą, bet praturtintų juos įvairesnėmis maisto medžiagomis ir junginiais, naudingais žmogaus organizmui.

Mitybos specialistai siūlo daugiau dėmesio skirti grūdų produktams, kurių sudėtyje yra avižų ar miežių. Šie grūdai išsiskiria dideliu tirpių polisacharidų kiekiu, kuriuose dominuoja β -gliukanai. Žmonių mityboje β -gliukanai funkcionuoja kaip maistinės skaidulinės medžiagos ir turi teigiamą fiziologinį poveikį žmogaus organizmui. Šių medžiagų trūkumas siejamas su nutukimo atsiradimo padidėjimu, 2 tipo cukrinio diabeto ir širdies bei kraujagyslių ligomis. Mokslininkai ištyrė, kad 2 porcijų viso grūdo produktų suvartojimas per dieną, 21 % sumažina 2 tipo diabeto riziką. Įrodyta, kad β -gliukanai 20–30 % sumažina mažo tankio cholesterolio kiekį, taip pat mažina širdies ir kraujagyslių ligų riziką [3]. Nustatyta, kad klampaus maisto, kurio sudėtyje yra β -gliukanų, vartojimas turi įtaką riebalų emulgavimo lygiui virškinamajame trakte ir lemia lipazės aktyvumo sumažėjimą [4]. β -gliukanai pasižymi galimu antikancerogeniniu poveikiu, kuris susijęs su trumpos grandinės riebalų rūgščių atpalaidavimu jų fermentacijos storojoje žarnoje metu [5]. Be to, β -gliukanai yra žinomi kaip prebiotikai, skatinantys naudingų mikroorganizmų, tokių kaip bifidobakterijos, augimą [6]. 1997 metais JAV Maisto ir vaistų administracija (FDA) oficialiai pripažino funkciniais maisto produktus, pagamintus iš avižų ar avižų sėlenų, miežių ar miežių sėlenų, kuriuose yra ne mažiau kaip 0,75 g β -gliukanų kiekybiškai išreikštoje maisto produkto porcijoje.

Duonos gamyboje neišvengiamas fermentacijos procesas, kurio metu didelės molekulinės masės junginiai yra skaidomi į mažesnės molekulinės masės junginius [7], susiformuoja gaminio skonis ir aromatas. Vis plačiau tiriamos pieno rūgšties bakterijų, pasižyminčių antimikrobinio aktyvumu, pritaikymo fermentacijai galimybės, nes jos pasižymi konservuojančiomis savybėmis, paryškina specifines skonio savybes ir pakeičia tekstūros parametrus [8]. Tačiau ilga fermentacijos trukmė ir aukšta temperatūra gali aktyvuoti miltuose esančią β -gliukanazę ir sumažinti β -gliukanų kiekį [9]. Literatūroje pateikiami duomenys, kad β -gliukanų skaidymo intensyvumas taip pat priklauso nuo PRB rūšies [10].

Šio darbo tikslas buvo nustatyti miežių β -gliukanų pokyčius fermentacijos pieno rūgšties bakterijomis *P. acidilactici* ir *P. pentosaceus* metu ir įvertinti fermentuotų miežių produktų panaudojimo galimybes duonos gamyboje.

Darbo tikslui pasiekti suformuluoti šie uždaviniai:

- 1) Atlikti įvairių Lietuvoje auginamų veislių miežių cheminės sudėties tyrimus ir įvertinti genotipo įtaką β -gliukanų kiekiui ir vandeninių miežių miltų suspensijų klampai.
- 2) Nustatyti β -gliukanų ir hidrolazių klasės fermentų: α -amilazės, β -ksilanazės, β -gliukanazės ir proteazės aktyvumo pokyčius fermentacijos pieno rūgšties bakterijomis *P. acidilactici* ir *P. pentosaceus* metu.
- 3) Nustatyti fermentuotų miežių produktų priedų įtaką miežinės duonos kokybei ir tinkamumui.

1. LITERATŪROS APŽVALGA

1.1. Miežių cheminės sudėties ypatumai

Miežiai (*Hordeum vulgare vulgare L.*) yra vieni seniausių ir svarbiausių javų grūdų. Pasaulyje jie yra plačiai auginami ir užima ketvirtą vietą tarp visų pasėlių. FAO duomenimis, 2007 metais pasaulinė maistui ir pašarui auginamų miežių produkcija siekė 136 mln. tonų. Dažniausiai miežiai naudojami kaip pašaras gyvūnams, salykliui, žmonių maistui [1, 2].

Miežiai pasižymi plačia genetinė įvairove. Jie klasifikuojami į vasarinius ir žieminius, dvieilius ir šešiaeilius, lukštenamus ir belukščius, pašarinius ir salyklinius. Pagal sudėtį miežiai skirstomi į normalius ir vaškinius (turinčius didelį kiekį amilopektino, lizino, β-gliukanų ir proantocianidinų). Miežių panaudojimas priklauso nuo miežių genetinių ypatumų [11].

Per pastarąjį dešimtmetį padidėjo susidomėjimas miežiais kaip maisto medžiagų šaltiniu, dėl juose esančio didelio tirpių skaidulinių medžiagų, ypač β-gliukanų, kiekio. Miežių skaidulinės medžiagos atlieka keletą naudingų funkcijų, kurios gerina žmonių sveikatą: reguliuoja maistinių medžiagų įsisavinimą ir virškinimą, skatina tuštinimąsi. Jos pasižymi teigiamomis funkcinėmis ir technologinėmis savybėmis: gebėjimu surišti bei sulaikyti vandenį ir riebalus, padidinti klampą, sudaryti gelį.

Dažniausiai yra pateikiamos vidutinės miežių cheminės sudėties komponentų vertės (žr. 1.1 lentelė). Miežių cheminė sudėtis gali labai skirtis, priklausomai nuo genotipo, auginimo vietos ir klimato sąlygų. Krakmolas, maistinės skaidulinės medžiagos ir baltymai sudaro didžiausią grūdo dalį. Nustatytas neigiamas koreliacinis ryšys tarp krakmolo ir baltymų ($R = -0,81$) bei maistinių skaidulinių medžiagų ($R = -0,64$) [7].

1.1 lentelė. Pagrindinė lukštenų ir belukščių miežių cheminė sudėtis (g/kg)

Komponentas	Lukštenti		Belukščiai	
	Vid. vertė ^a	Intervalas	Vid. vertė ^a	Intervalas
Baltymai ^b	13,7	12,5 – 15,4	14,1	12,1 – 16,6
Krakmolas	58,2	57,1 – 59,5	63,4	60,5 – 65,2
Sacharidai ^c	3,0	2,8 – 3,3	2,9	2,0 – 4,2
Lipidai	2,2	1,9 – 2,4	3,1	2,7 – 3,9
Maistinės skaidulos	20,2	18,8 – 22,6	13,8	12,6 – 15,6
Pelenai	2,7	2,3 – 3,0	2,8	2,3 – 3,5

^a n = 3.
^b N x 6,25.
^c Gliukozė, fruktozė, sacharozė ir fruktozė

Kraskmolos. Tai pagrindinis miežių energijos šaltinis. Kraskmolo kiekis miežiuose labai priklauso nuo klimato sąlygų ir kinta nuo 45 % iki 60 % branduolio sausųjų medžiagų. Miežių kraskmolas sudarytas iš dviejų struktūrinių komponentų – amilozės ir amilopektino. Amilopektinas sudaro nuo 72 iki 78 %, o amilozė – likusius 22–28 %. Yra miežių veislių, kuriose amilopektinas sudaro 95–100 % (vaškiniai), ir tokių, kur amilozės yra 40–70 %. Miežių kraskmolą sudaro didelio skersmens (15–25 μm) granulių ir mažo skersmens ($< 10 \mu\text{m}$) netaisyklingos formos granulių mišinys. Mažos granulės sudaro 80–90 % visų granulių kiekio, bet tik 10–15 % kraskmolo masės [12].

Sacharidai. Miežių branduolyje randami nedideli kiekiai paprastųjų sacharidų ir oligosacharidų. Endosperme randama monosacharidų gliukozės ir fruktozės ($< 0,2 \%$), disacharido maltozės (0,1–0,2 %). Disacharidas sacharozė sudaro 50 % visų paprastųjų miežių branduolio sacharidų.

Skaidulinių medžiagų polisacharidai. Miežių branduolio skaidulinių medžiagų polisacharidai yra ląstelių sienelių, aleurono ir endospermo audinio struktūriniai komponentai. Priešingai nei kraskmolas ir sacharidai, skaidulinių medžiagų polisacharidai nesuardomi žmogaus virškinimo sistemos, todėl nesuteikia energijos, bet yra vertingi dėl kitų priežasčių. Nors jų nesuardo žmogaus organizmo fermentai, mikrobiologinio skaidymo storojoje žarnoje metu iš jų susidaro skilimo produktai: trumpagrandės riebalų rūgštys (acto, propiono ir sviesto). Pagrindiniai miežių skaidulinių medžiagų polisacharidai yra mišrūs (1,3)(1,4)- β -D-gliukanai, arabinoksilanai ir celiuliozė. Jie pagrįdė susitelkę branduolyje ir sudaro beveik 80 % branduolio sausųjų medžiagų. Celiuliozė – ilgos grandinės polimeras iš (1,4)- β ryšiu sujungtų gliukozės liekanų. Daugiausia jos randama lukšte, mažais kiekiais aleurono sluoksnyje ir kraskmolingame endosperme. Arabinoksilanai ir β -gliukanai yra aleurono sluoksniu ir kraskmolingame endospermo ląstelių komponentai. Arabinoksilanai ir β -gliukanai sudaro, atitinkamai, 67 ir 26 % aleurono ląstelių sienelių bei 20 ir 70 % kraskmolingame endospermo ląstelių sienelių. Avižos ir miežiai yra vieninteliai javai, kuriuose randama dideli kiekiai β -gliukanų. Skirtingai nei avižose, kur β -gliukanai daugiausia susitelkę išorinėje branduolio dalyje, miežiuose jie paplitę visame aleurono ir endospermo sluoksnyje kaip struktūrinė ląstelių sudedamoji dalis [7].

Baltymai. Baltymų kiekis miežiuose gali svyruoti nuo 7 iki 25 %, dažniausiai 9–13 %. 35–50 % viso miežių azoto yra hordeinuose (miežių prolaminų frakcija). Randama 18 aminorūgščių: alanino, arginino, apsrto rūgšties, cisteino, glutamo rūgšties, glicino, histidino, izoleucino, leucino, lizino, metionino, fenilalanino, prolino, serino, treonino, triptofano, tirozino ir valino [13].

Lipidai. Daugiausiai randami miežių branduolyje ir klasifikuojami į dvi grupes: krakmolo lipidai ir ne krakmolo lipidai. 75 % visų lipidų sudaro nepoliniai lipidai, o likę – poliniai fosfolipidai ir glikolipidai. Pagrindinės miežių riebalų rūgštys yra palmitino rūgštis (16:0), oleino (18:1), linolo (18:2) ir linoleno (18:3), atitinkamai, maždaug 23, 13, 56 ir 8 %. Iš sočiųjų riebalų rūgščių, stearino rūgštis (18:0) sudaro mažiau nei 1%. Morisonas [7] pažymėjo, kad riebalų rūgščių sudėtis miežiuose yra panaši į kviečių, išskyrus tai, kad miežiai paprastai turi daugiau linoleno rūgšties nei kviečiai. Didesniuose miežių branduoliuose yra daugiau palmitino rūgšties ir mažiau linolo bei linoleno rūgščių.

Vitaminai. Miežių daiguose yra visų vitaminų, išskyrus A, D, K, B12 ir C. Pastaruoju metu ypač tiriamas miežiuose esantis vitaminas E, dėl kai kurių jo komponentų numanomo poveikio žmogaus sveikatai. Iš pagrindinių grūdų rūšių, miežiuose yra didžiausi kiekiai vitamino E. Šis miežių vitaminas ištirtas geriausiai, o apie kitus yra gerokai mažiau informacijos. Miežių branduoliuose daug B grupės vitaminų, kurie atlieka kofaktorių vaidmenį įvairiose organizmo metabolizmo reakcijose, tačiau manoma, kad apie 85–90 % šių vitaminų yra biologiškai neprieinami [14].

Mineralinės medžiagos. Miežiuose randami makroelementai – kalcis, fosforas, kalis, magnis, natris, chloras, siera ir mikroelementai – kobaltas, varis, geležis, jodas, manganas, selenas, cinkas. Kiti elementai, pavyzdžiui, chromas, nikelis ir aliuminis, miežiuose buvo nustatyti labai mažais kiekiais ir jų maistinė reikšmė yra abejotina arba nežinoma. Mineralinės medžiagos pasiskirsčiusios visame grūde, tačiau didžiausi kiekiai randami endosperme, aleurono ir perikarpio sluoksniuose. Daugiausia miežiuose yra fosforo ir kalio [7].

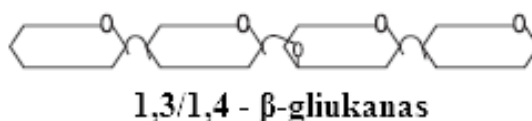
Fitochemikalai. Miežiuose daugiausia tiriami steroliai, tokotrienoliai, flavanoidai ir fenolio junginiai [15]. Didžiausios šių junginių koncentracijos yra išoriniuose branduolio sluoksniuose. Kai kurie iš miežiuose rastų fitojunginių yra pigmentai, kurie suteikia branduoliams įvairias spalvas, tokias kaip balta, mėlyna, juoda, violetinė ir raudona; tačiau plačiai auginamos tik tos veislės, kurios gamina mėlynos arba baltos spalvos pigmentus. Juoda įvairių miežių dalių pigmentacija paprastai atsiranda dėl melanino buvimo. Raudonos arba violetinės spalvos – dėl antocianinų [16].

1.2. β -gliukanai

β -gliukanai yra vieni svarbesnių komponentų, kalbant apie žmogaus mitybą ir naudą sveikatai. Jie yra sunkiai virškinami polisacharidai, natūraliai gaunami iš įvairių organinių šaltinių, pavyzdžiui, kukurūzų, varpinių javų grūdų, mielių, bakterijų, dumblių. Priešingai krakmolui ir sacharidams, β -gliukanai yra nevirškinami žmogaus virškinimo trakte, taip pat jie labai mažai ar net visai neteikia energijos. Nors ir žinduolių fermentų neskaidomi, β -gliukanų virškinimas vyksta mikrobiniu būdu storjoje žarnoje, susidarant trumpos grandinės riebalų rūgštims: acto, propiono ir sviesto [8].

Vertinant šių komponentų kiekį, mitybos specialistai didžiausią dėmesį skiria avižoms ir miežiams. Šie grūdai išsiskiria dideliu tirpių skaidulinių medžiagų polisacharidų kiekiu, kuriuose dominuoja β -gliukanai. Įvairiose miežių genotipuose β -gliukanų koncentracijos yra didesnės nei avižose. Priklausomai nuo derliaus nuėmimo ir aplinkos sąlygų, β -gliukanų kiekis miežiuose svyruoja nuo 5 iki 11 %, avižose – nuo 3 iki 7 %.

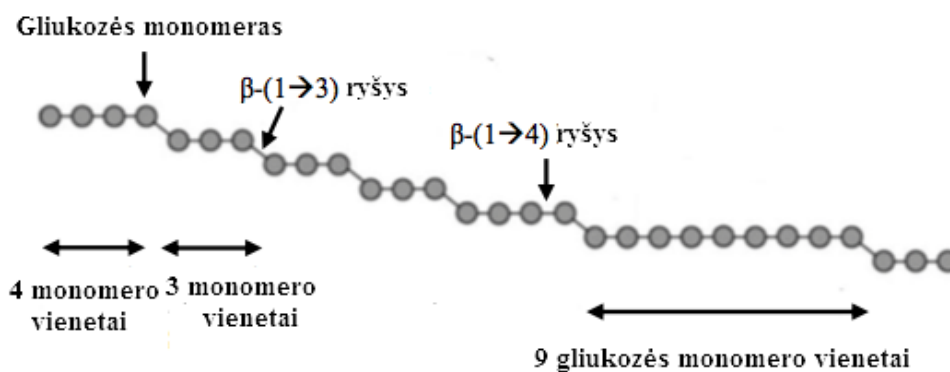
β -gliukanai – tai polisacharidai, sudaryti iš β -D-gliukopiranozės vienetų, sujungtų (1-4) ir (1-3) glikozidiniais ryšiais (1 pav.) [7].



1.1 pav. Pagrindinė β -gliukanų struktūra

β -gliukano polimeras gali būti apibūdinamas kaip mišrių ryšių polisacharidas, sudarytas iš β -D-gliukozės monomerų, sujungtų tarpusavyje β -(1-3) ir β -(1-4) glikozidiniais ryšiais (1.2 pav.). Tirpūs ir netirpūs β -gliukanai skiriasi savo struktūra. Gliukozė yra sudaryta iš (1-4) ryšiais susijungusių gliukozės monomerų, todėl yra netirpus linijinės grandinės polisacharidas, tačiau (1-3) ryšiai esantys β -gliukane suardo polimero tiesiškumą ir pakeičia jį tirpiu [17]. Mažesnis polimero tirpumas siejamas su didesniu (1-4) ryšių buvimu molekulėje.

Mokslininkai tyrė tirpių ir netirpių β -gliukanų kiekį miežiuose: netirpūs β -gliukanai sudarė 80–85 % ir tirpūs β -gliukanai – 68 % [18]. Gliukanų tirpumas priklauso ir nuo ekstrahavimo sąlygų: tirpiklio rūšies, ekstrahavimo temperatūros ir trukmės [19]. Tirpių β -gliukanų molekulinė masė yra didesnė už netirpių β -gliukanų. Miežių netirpių β -gliukanų molekulinė masė $M_r=41,00$ kDa, o tirpių β -gliukanų $M_r= 66,00$ kDa [20].



1.2 pav. β -gliukano sudaryto iš β -D-gliukozės monomerų, sujungtų dviejų tipų β -(1-3) ir β -(1-4) glikozidiniais ryšiais, sandara.

β -gliukanai yra pusiau tirpūs vandeniniuose tirpaluose. Netaisyklingai išsidėstę β -(1-3) ryšiai perskelia sąlyginai griežtos formos β -(1,4)-celiuliozės linijinę struktūrą ir suteikia β -(1-3) β -(1-4)-gliukanui lanksčią ir nereguliarią formą, kuri pasižymi tirpumu vandenyje [21].

β -gliukanų tirpumas vandenyje priklauso nuo jų struktūros ypatumų, o β -gliukanų tirpalo klampa – nuo jų grandinės ilgio – ilgesnė grandinė sąlygoja didesnę klampą. Laboratorinėmis sąlygomis β -gliukanų ekstrakto klampa gali būti panaudota β -gliukanų kiekiui nustatyti miežiuose ir miežių salykle [22, 23]. Nustatyta, kad miežių ekstrakto klampa gali pasikeisti ne tik dėl β -gliukanų kiekio, bet ir dėl eksperimentinių sąlygų (tirpiklio pH, ekstrahavimo temperatūros) bei prietaisų, naudojamų klampai nustatyti. Fermento β -gliukanazės aktyvumas mažina gryno vandeninio ekstrakto klampą, todėl ekstrahavimui dažniausiai yra naudojamos rūgštys ir šarmai, deaktyvuojantys grūdų fermentinę sistemą [24]. Izydorczyk nustatė, kad hidroterminis miežių apdorojimas neturėjo jokio poveikio β -gliukanų išskirimui, tačiau apsaugojo juos nuo fermentų hidrolizės suskaidymo ir taip pagerino jų klampą [19].

Linijinėje β -gliukano grandinėje (1,3)-ryšiai yra išsidėstę atskirai, o (1,4)-ryšiai yra daugiausiai 2 ar 3 sekose [25]. Taigi, molekulės gali būti sudarytos iš 3 monomerų ir 4 monomerų vienetų, sujungtų (1,3) ryšiais [26]. Toshas pastebėjo didelius skirtumus tarp β -gliukanų, kurie buvo gauti iš avižų, miežių ir kitų grūdų. Buvo nustatytas didesnis santykis tarp 3 monomerų ir 4 monomerų vienetų miežiuose negu avižose [27]. Nustatyta, kad β -gliukanų molekulinė masė kinta grūduose, didesnė molekulinė masė buvo β -gliukanų, išskirtų iš avižų ($0,065\text{--}3\cdot 10^6$ g/mol) lyginant su β -gliukanų, išskirtų iš miežių molekuline mase ($0,15\text{--}2,5\cdot 10^6$ g/mol) [28]. Reologinės savybės priklauso nuo daugelio veiksnių: β -gliukanų grandinės gebėjimo susijungti, 3 ir 4 monomerų vienetų proporcingo išsidėstymo, polimerizacijos laipsnio ir β -gliukanų molekulinės masės. Veiksniai, turintys įtakos β -gliukanų reologinėms savybėms, taip pat turi įtakos jų klampai ir jų maisto produktų – struktūros, tekstūros ir maistinių savybių poveikiui. Tosh ir kt. ištyrė skirtumus tarp 3 monomerų ir 4 monomerų vienetų santykio, kuris turėjo įtakos β -gliukanų sustingimo ir elastingumo savybėms. Mažesnis β -gliukanų tirpumas buvo būdingas didesniam 3 ir 4 monomerų vienetų santykiui [27].

β -gliukanų kiekio nustatymui miežiuose ir avižose (žr. 1.2 lentelė) dažniausiai taikomi fermentiniai metodai, naudojant α -amilazę, β -D-gliukanazę, β -D-gliukozidazę, celiulazę arba lichenazę [28], fiziniai (centrifugavimo – dializės filtravimo [29], siojimo [30]) arba cheminiai metodai, ekstrahuojant tirpikliais [31]. Taip pat naudojami HPLC [32], HPAEC-PAD [33], UV ar IR spektrometrijos [27, 34], Calcofluor [35] metodai.

Miežiuose β -gliukanų kiekis nustatytas 2–17 % intervale, priklausomai nuo grūdų svorio, tačiau dažniausiai svyruoja nuo 4 iki 7 %. Didesnis β -gliukanų kiekis (13–17 %) nustatytas tik tam tikruose miežių genotipuose.

Įrodyta, kad β -gliukanų kiekis priklauso nuo miežių genotipo ir agroklimatinių auginimo sąlygų. Mokslininkai turi vieningą nuomonę, kad genetinės savybės yra pats svarbiausias veiksnys, apsprendžiantis β -gliukano kiekį [36]. Nustatyta, kad didesnis β -gliukanų kiekis yra vaškiniuose miežiuose. Pašariniuose ir šešiaeiluose miežiuose β -gliukanų kiekis yra mažesnis nei dveiliuose miežiuose. Didelis amilozės kiekis miežių krakmole ir *wax* arba *amol* genai apsprendžia didenį β -gliukanų kiekį vaškiniuose miežiuose. Ajithkumar ir kt. duomenimis, ketureiliuose vaškiniuose miežiuose β -gliukanų kiekis svyravo 5,6–5,8 % ribose [37]. Fastnaught ištyrė 16 skirtingų veislių miežių ir nustatė, kad β -gliukanų kiekis vaškiniuose miežiuose buvo 32–41 % didesnis, lyginant su įprastiniais miežiais [38]. Nors miežių β -gliukanų kiekis yra genetiškai kontroliuojamas, tačiau jo koncentracija gana dažnai pasikeičia ir dėl aplinkos sąlygų. Karštos ir sausos klimatinės sąlygos grūdų brandimo metu sąlygoja didesnį β -gliukanų kiekį [39]. Mokslininkų nuomone, toks β -gliukanų kiekio padidėjimas susijęs su grūdo masės sumažėjimu, kuris įvyksta dėl lėtesnės krakmolo arba baltymų sintezės. Esant drėgnoms aplinkos sąlygoms, lietuvi, β -gliukanų kiekis grūduose sumažėja [40, 41].

Manoma, kad miežių, turinčių didelį skaidulinių medžiagų ir β -gliukanų kiekį, įtraukimas į žmogaus mitybą gali padidinti šių grūdų paklausą ateityje [42]. Tam tikros laukinių miežių rūšys su dideliu β -gliukanų kiekiu gali būti svarbus genetinis išteklius ateityje [43].

1.2 lentelė. β – gliukanų kiekis grūduose

Grūdų rūšis	β -gliukanų kiekis (g/100 g s.m.)	Nustatymo metodas	Literatūros šaltinis
Avižos	10,9-1,0 ^b	fermentinis	Lambo [18]
	4,0 ± 0,1 ^a	fermentinis + HPAEC-PAD	Johansson [44]
	4,1 ± 0,19 ^a	fermentinis	Genc [45]
	10,37 ^b	fermentinis	Dongowski [46]
	8,5 ^b	šarminė ekstrakcija	Bhatty [32]
	4,0 ^a	fermentinis	Virkki [47]
	3-5 ^a	–	Anttila [48]
	2,47-3,45 ^a	fermentinis	Weightman [49]
	1,73-5,7 ^a	fermentinis	Havrlentova ir Kraic [51]
	13,79-33,73 ^b	fermentinis	Gajdošova [20]
Miežiai	2,41-8,25 ^a	fermentinis	Holtekjolen [51]
	1,86-5,37 ^a	fermentinis	Havrlentova ir Kraic [50]
	3,24-4,62 ^a	fermentinis	Zhang [52]
	6,0-8,0 ^a	fermentinis	Lambo [18]
	3,7 ± 0,1 ^a	fermentinis + HPAEC-PAD	Johansson [33]
	3,6 ± 0,1 ^a	fermentinis	Genc [44]
	15,4 ^b	šarminė ekstrakcija	Bhatty [32]
	3,7 ^a	fermentinis	Virkki [47]
	3,91-4,95 ^a	fermentinis	Zhang [52]
	10,89-19,7 ^b	fermentinis – gravimetrinis	Gajdošova [20]

Kviečiai	0,8 ± 0,3 ^a	fermentinis	Genc [44]
	0,31-0,9 ^a	fermentinis	Grausgruber [53]
	0,19-0,67 ^a	fermentinis	Havrlentova ir Kraic [50]
	8,48-16,19 ^a	fermentinis – gravimetrinis	Gajdošova [20]
Ryžiai	1,20-2,90 ^a	fermentinis	Genc [44]
	2,26 ^a	fermentinis – gravimetrinis	Gajdošova [20]
	3,0-6,9 ^b	fermentinis + HPAEC–PAD	Roubroeks [39]
	7,45 ^b	fermentinis – gravimetrinis	Gajdošova [20]
	2,21 ^a	fermentinis	Grausgruber [53]
Grikliai	0,02-0,15 ^a	fermentinis	Havrlentova ir Kraic [50]
Burnočiai	0,03-0,11 ^a	fermentinis	Havrlentova ir Kraic [50]
Soros	0,01-0,11 ^a	fermentinis	Havrlentova ir Kraic [50]
Čia: ^a tirpių β–gliukanų kiekis; ^b bendras β–gliukanų kiekis;			

1.3. β-gliukanų fiziologinis poveikis

Maistinių skaidulinių medžiagų, kaip dalies subalansuotos mitybos svarba sveikatai buvo pripažinta dešimtmečiais. Norint įrodyti β-gliukanų teigiamą poveikį sveikatai, atlikta nemažai tyrimų tiek su gyvūnais, tiek ir su žmonėmis. Tyrimais įrodyta, kad β-gliukanai mažina bendrojo cholesterolio ir mažo tankio lipoproteinų cholesterolio kiekį (MTL) bei bendrojo ir didelio tankio lipoproteinų (DTL) cholesterolio santykį [29, 54], kartu mažindami širdies vainikinių ir išeminių širdies ligų riziką. Atlikus klinikinius tyrimus, Juntunen įrodė, kad po 4 savaičių miežių dietos grupėje vidutinė (MTL) cholesterolio vertė buvo 7 % mažesnė nei kviečių dietos grupėje [55].

Nustatyta, kad β-gliukanai gali sumažinti storosios žarnos vėžio išsivystymo tikimybę [57]. β-gliukanai stabdo cholesterolio patekimą į žmogaus organizmą. Dėl to suaktyvinama kepenyse tulžies rūgščių sintezė oksiduojantis cholesteroliui. Iš organizmo cholesterolis pašalinamas kartu su tulžies rūgštimis. Be to, β-gliukanai mažina bendrą cholesterolio kiekį, didindami jo išsiskyrimą. Jie sumažina mažo tankio lipoproteinų, kurie perneša cholesterolį į audinius, koncentraciją kraujo plazmoje. Veikiant β-gliukanams, sulėtėja taip pat cholesterolio sintezė kepenyse. Tai vyksta, veikiant specifiniams fermentams per medžiagų apykaitą kepenų ląstelėse. Tyrimų duomenimis, β-gliukanų gebėjimas mažinti cholesterolio kiekį pastebimas jau po dviejų savaičių, kasdien suvartojant po 3 gramus šių medžiagų. β-gliukanus rekomenduojama vartoti ne tik širdies ir kraujagyslių ligų profilaktikai, bet ir sergant II tipo cukriniu diabetu bei esant hipercholesterolemijai [58]. Tačiau kai kurių mokslininkų nuomone, didesnis grūdų skaidulinių medžiagų vartojimas nesusijęs su reikšmingais cholesterolio kiekio pokyčiais [59, 60].

β-gliukanai geba padidinti žarnų turinio klampą [61]. Buvo pasiūlyta didinti didelės klampos β-gliukanų kiekį maiste ir taip sulėtinti gliukozės rezorbciją bei sumažinti insulino poreikį diabetikams [62, 63]. Tokie rezultatai buvo pastebėti vartojant iš miežių ar avižų pagamintus maisto

produktus, kurių sudėtyje buvo padidintas β -gliukanų kiekis [64, 65]. Mokslininkai ištyrė, kad gliukozės kiekio sumažėjimas taip pat gali būti pasiektas, vartojant pieno produktus su 10 % avižų β -gliukanų priedu [21, 66]. Kita vertus, Lovergrove [60], Juntunen [30], Li [57] atlikti moksliniai tyrimai rodo, kad miežiai ir avižos neturi didelės įtakos gliukozės kiekiui žmonių, kurie normaliai toleruoja gliukozę, kraujyje.

Fagocitozės stimuliacijos eksperimentai parodė, kad β -gliukanai yra svarbūs junginiai kai kurių kraujo biocheminių rodiklių palaikymui. Atlikta keletas tyrimų, siekiant įsitikinti, ar β -gliukanai yra veiksmingi kovojant su infekcija [21]. Cheol-Heui ištyrė avižų β -gliukanų atsparumą *Staphylococcus aureus* ir *Eimeria vermiformis* sukeltai infekcijai pelėse. *In vitro* tyrimai, kai makrofagai buvo išskirti nuo pilvaplėvės ertmės, parodė, kad β -gliukanai žymiai padidino fagocitozės aktyvumą [67].

Ištirta, kad β -gliukanai veikia kaip imunostimuliatoriai ir yra efektyvūs kovoje prieš infekcines ligas ir vėžį [68]. Šie gliukozės polimerai yra tam tikrų patogeninių bakterijų ir grybelių ląstelės sienelės sudedamoji dalis. Šių grybų sudėtyje yra biologiškai aktyvių polisacharidų, kurie priklauso daugiausia β -gliukanų grupei. Šios medžiagos didina imuninę apsaugą, aktyvindamos komplemento sistemą, stiprindamos makrofagų ir natūralių ląstelių – žudikių funkciją. Grybų ir kitų β -gliukanų ląsteliniai efektai sukelti sąveikaujant jiems su tam tikrais ląstelių paviršiuje esančiais receptoriais, t. y. komplemento receptoriais (CR3; CD11b/CD18), laktozilceramidu, dektinu-1, kuris vadinamas β -gliukanų receptoriais (betaGR). β -gliukanai turi ir priešcancerogeninį poveikį. Dėl protekcinio veikimo prieš potencialius kancerogenus jie gali užkirsti kelią onkogenezei. Kaip imuninę sistemą stimuliuojantis veiksnys, kuris veikia aktyvinančiai makrofagų ir natūralių ląstelių-žudikių citotoksiškumą, β -gliukanai gali inhibuoti naviko augimą. [69].

Daug skaidulinių medžiagų turintis maistas padeda sulieknėti. Tyrimais įrodyta, kad didesnio skaidulinių medžiagų, ypač esančių grūdinėse kultūrose, suvartojimas padedama numesti svorio. Daug skaidulinių medžiagų turinčius maisto produktus reikia ilgiau kramtyti, o ilgiau kramtant maistą, greičiau pajuntamas sotumas, todėl mažiau suvalgoma. Pasirinkus daugiau skaidulinių medžiagų turintį maistą, ilgiau užtrunka tokio maisto virškinimas. Be to, daugiau skaidulinių medžiagų turintis maistas paprastai turi mažiau kalorijų, nei toks pat kiekis mažiau skaidulinių medžiagų turinčio maisto.

Per didelis maistinių skaidulų vartojimas gali turėti ir neigiamą poveikį žmogaus sveikatai. Neabsorbuojami angliavandeniai pasižymi vidurius laisvinančiu poveikiu didindami žarnyne esančių bakterijų kiekį ir sukeldami osmosinį efektą bei prisijungdami vandenį prie nesuvirškintų skaidulų. Kai skaidulinių medžiagų suvartojama daug (75–80 g per dieną), gali atsirasti pilvo pūtimas ir pilnumo jausmas. Kartais žmonės jaučia diskomfortą, turintys dirgliosios žarnos sindromą ir suvartojantys didelį kiekį skaidulinių medžiagų. Per didelis suvartojamų skaidulinių medžiagų kiekis

taip pat gali sutrikdyti kai kurių mineralinių medžiagų, pvz., geležies, kalcio, magnio ir cinko įsisavinimą [70].

1.4. β -gliukanų panaudojimas aukštesnės vertės maisto produktų gamybai

Avižų ir miežių β -gliukanai yra dažnai naudojami kaip funkciniai maisto ingredientai. Daugeliu atveju β -gliukanai pasižymi vandens rišlumo geba, tirpumu, atsparumu kaitinimui, šaldymui, yra atsparumu rūgštims, todėl tiek maisto produktų technologijoms, tiek pačiai produktų sudėčiai, vartojant šias maistines skaidulas, ypatingi reikalavimai nėra keliami. Kaip funkcinis priedas maistinės skaidulos tinka tiek skystųjų, tiek kietųjų maisto produktų gamybai. β -gliukanų pridėjimas į įvairius maisto produktus: kepinius, pyragus, makaronus, javainius, pieno produktus, sriubas, salotų padažus, gėrimus ir mažesnio riebumo pieno ir mėsos produktus – atlieka ir tam tikras technologines funkcijas: turi įtakos vandens ryšiams produkte, emulsijos stabilizavimui, gaminio išvaizdai ir tekstūrai, struktūrai [71, 28]. Be maistinės vertės didinimo, gliukanai gali pagerinti produkto juslines savybes ir priimtinumą. Buvo įrodyta, kad β -gliukanai yra svarbūs ne tik maistiniu, bet ir technologiniu požiūriu. Jie gali būti panaudojami kaip stabilizuojantis priedas sūrių ir ledų gamyboje, kaip riebalų pakaitalas pieno produktuose, kaip gelio formavimo komponentas [72].

Europos Komisijos Reglamente (ES) 432/2012 dėl tam tikrų leidžiamų vartoti teiginių apie maisto produktų sveikumą, išskyrus teiginius apie susirgimo rizikos mažinimą, vaikų vystymąsi ir sveikatą, sąrašo sudarymo, paminėti teiginiai apie β -gliukanus [73] :

1) β -gliukanai padeda palaikyti normalią cholesterolio koncentraciją kraujyje; (Teiginys gali būti vartojamas kalbant tik apie tą maisto produktą, kuriame yra ne mažiau kaip 1 g β -gliukanų, gautų iš avižų, avižų sėlenų, miežių, miežių sėlenų ar jų mišinių, kiekybiškai išreikštoje porcijoje. Norint vartoti teiginį, vartotojui turi būti pateikiama informacija, kad teigiamas poveikis pasireiškia suvartojant per parą 3 g β -gliukanų, gautų iš avižų, avižų sėlenų, miežių, miežių sėlenų ar šių β -gliukanų mišinių);

2) β -gliukanų iš avižų ar miežių vartojimas su maistu padeda mažinti padidėjusią gliukozės koncentraciją kraujyje iš karto pavalgus; (Teiginys gali būti vartojamas kalbant tik apie maisto produktą, kuriame yra ne mažiau kaip 4 g β -gliukanų iš avižų ar miežių kiekvienuose 30 gramų angliavandenių, esančių kiekybiškai išreikštoje maisto produkto porcijoje. Norint vartoti teiginį, vartotojui turi būti pateikiama informacija, kad teigiamas poveikis pasireiškia vartojant su maistu β -gliukanus, gautus iš avižų ar miežių).

Avižų ir miežių β -gliukanų panaudojimas maisto produktų gamybai nagrinėjamas gana plačiai. Symons ir Brennan tyrė iš Sunrise vaškinių miežių išskirtos β -gliukanų frakcijos panaudojimą duonos gamybai. 2,5 % ir 5 % priedo, kuriame buvo 70 % β -gliukanų, mažino, lyginant su kontroline duona,

tešlos lipnumą ir kepinio tūrį, didino tešlos plastiškumą ir minkštimo trupumą [74]. Pridėjus 20 % β -gliukanų priedą į kvietinius miltus, pagerėjo vermišėlių ir makaronų virimo ir juslinės savybės, nepaisant sumažėjusio gaminio ryškumo ir geltonumo bei padidėjusio grublėtumo [75, 76].

Tirpios ir netirpios maistinės skaidulinės medžiagos gali tvirtai surišti didelį vandens kiekį, tai sąlygoja mažesnę glitimo tinklų prieinamumą ir mažesnę garų kiekį kepimo metu [77]. Norint gauti geros kokybės, avižomis ir miežiais praturtintą kvietinę duoną yra labai svarbus didelis β -gliukanų vandens rišlumas [78]. Maistinės skaidulinės medžiagos turi teigiamą poveikį tešlos reologijai ir duonos kokybei. Vandenyje ekstrahuojami arabinoksilanai turi teigiamą poveikį kvietinės duonos tūriui, nes didina tešlos skystosios fazės klampą ir stabilizuoja dujų ląsteles [79].

Tyrimų duomenimis, β -gliukanų molekulinė masė taip pat turi įtaką duonos gamybos efektyvumui. Dviejų skirtingų molekulinės masės miežių β -gliukanų izoliatai buvo išbandyti kvietinės duonos gamyboje. Didesnės molekulinės masės β -gliukanai padidino kepinio tūrinę apimtį daugiau nei mažesnės molekulinės masės β -gliukanai. Cleary tyrė mažos ir didelės molekulinės masės β -gliukanų komercinių preparatų priedų (4,5 g/100 g duonos) įtaką duonos gamybai. Abiem atvejais β -gliukanų priedas kietino tešlą ir mažino kepinio tūrinę apimtį. Su didesnės molekulinės masės β -gliukanų priedu tešla buvo kiečiausia ir kepinio tūris mažiausias. Visi eksperimentiniai kepiniai virškinimo metu sumažino gliukozės išskyrimą. Cleary nuomone, mažos molekulinės masės β -gliukanų priedas yra labiau tinkantis duonos gamybai [80].

Andersson tyrė β -gliukanų, išgautų iš lukštentų miežių, savybes tešloje ir duonoje. Tirtos keturios švediškos miežių veislės. Nustatyta, kad β -gliukanų vidutinė molekulinė masė mažėjo, ilgėjant maišymo ir fermentacijos trukmei. Tam įtaką turėjo endogeninė β -gliukanazė. Mokslininko nuomone, norint išlaikyti didelės molekulinės masės β -gliukanus, reikalinga trumpa tešlos maišymo ir fermentacijos trukmė [81].

Knuckles tyrė lukštentų miežių ir išekstrahuotos β -gliukanų frakcijos panaudojimą duonos gamybai. Miežių miltai buvo pakeista 20 % ir 40 % kvietinių miltų ir buvo pridėta 5 % β -gliukanų priedo. Visuose kepinuose β -gliukanų priedas didino vandens absorbciją ir mažino kepinio tūrį. Duona su 40 % miežių miltų buvo mažo tūrio ir nepriimtina vartotojui. Duoną, kurių sudėtyje buvo 20 % miežių miltų ir 5 % β -gliukano, vartotojai įvertino kaip tinkamos išvaizdos, spalvos, tekstūros ir aromato, nepaisant to, kad ji buvo tamsesnės spalvos ir mažesnio tūrio [82].

Marklinder ir Johansson miežinės duonos gamybai panaudojo dvi pieno rūgšties bakterijų *Lactobacillus* kultūras. Buvo nustatyta, kad fermentacijos metu β -gliukanų kiekis sumažėjo skirtingai, priklausomai nuo naudotos pieno rūgšties bakterijų padermės: nuo 18 iki 31 % ir nuo 10 iki 20 % [83].

Angelov analizavo pieno rūgšties bakterijų ir mielių padermių poveikį avižų β -gliukanų kiekio pokyčiams fermentacijos metu. Prieš fermentaciją β -gliukanų kiekis avižinių miltų suspensijoje su pieno rūgšties bakterijomis ir mielėmis buvo 0,3-0,36 %. Po 10 h fermentacijos β -gliukanų kiekis avižinėje suspensijoje nepasikeitė, naudojant tirtas bakterijas. Šie rezultatai patvirtino faktą, kad dauguma *Lactobacillus* ir mielių rūšių nefermentuoja β -gliukanų. Žinoma, kad β -gliukanai fermentuojami bifidobakterijomis [83]. Martensson pastebėjo, kad fermentuojant avižinę suspensiją *Bifidobacterium bifidum* bakterija, β -gliukanų kiekis sumažėjo. Taip pat buvo nustatyta, kad β -gliukanų kiekis avižinėje suspensijoje, fermentuotoje su pasirinktomis pieno rūgšties bakterijomis ir mielių padermėmis, gali turėti teigiamą funkcinį poveikį žmogaus organizmui – mažinti cholesterolio kiekį. Dėl to yra rekomenduojama vartojami avižinius gėrimus [84].

Bhatty nustatė, kad 10-30 % β -gliukanų priedas duonoje su mielėmis turėjo įtaką didesniajam vandens kiekio sulaikymui, taip pat tamsesnei galutinio produkto spalvai ir neigiamam poveikui duonos tekstūrai ir kepinio tūriui [85].

Knuckles ir Chiu atliko tyrimus, siekdami nustatyti miežių apdoravimo šiluma ir cheminėmis medžiagomis poveikį β -gliukanazės aktyvumui ir β -gliukanų molekulinei masei. β -gliukanazės aktyvumą mažino terminis apdorojimas ir veikimas alkoholiu, o druskos rūgštis ir trichloracto rūgštis sumažino β -gliukanų išskyrimą ir jų molekulinę masę [86].

Izydorczyk ir kt. tyrė šiluminį, fizinį ir fermentinį poveikį bendram ir tirpiam β -gliukanų kiekiui belukščių miežių miltuose. β -gliukanų išskyrimas iš didelį kiekį amilozės turinčių miežių buvo santykinai mažas, palyginus su įprastos sudėties miežiais, ir vaškiniais miežiais, neturinčiais amilozės. Dalis tirpių β -gliukanų, β -gliukanazės aktyvumas ir β -gliukanų molekulinė masė turėjo įtaką miežinių miltų suspensijų klampai. Hidroterminis veikimas neturėjo įtaką β -gliukanų išskyrimui, tačiau sumažino β -gliukanazės aktyvumą, išsaugant β -gliukanų molekulinei masei ir klampai [19].

Symons ir Brennan įvertino ekstrahavimo būdą ir našumą, bei miežių frakcijų sudėtį ir frakcijų elgesį krakmolo kleisterizavimosi metu. Ekstrakcijos su termostabilia α -amilaze metu buvo gauta gryniausia β -gliukano frakcija. Frakcijos įtraukimas krakmolo ir vandens dispersijose reikšmingai pakeitė β -gliukano sulipimo savybes susijusias su klampa. Poveikis sumažėjo pakeitus frakcijas 5 % kviečių krakmolu ir tai iš dalies sumažino krakmolo kleisterizavimosi entalpiją [87].

Literatūroje pateikiami duomenys ir apie teigiamą β -gliukanų įtaką kepinų kokybei ir duonos tinkamumo vartoti trukmei. Vandenyje tirpūs polisacharidai mažina duonos kietumą ir duonos minkštimo dehidrataciją laikymo metu. Khoury duomenimis, duona su β -gliukanų ir glitimo priedu kietėjo lėčiau, lyginant su kontroliniu kepinu. Nustatyta, kad kepinio žiedėjimo procesas vyko lėčiau dėl vandens judrumo pasikeitimo ir dėl padidėjusio baltymų ir β -gliukanų kiekio duonoje [88]. Rieder

ištyrė, kad β -gliukanai turėjo įtaką duonos tešlos klampumui, taip pagerino kvietinės duonos tūrį. Kuomet vandens kiekis tešloje yra pakankamas, susidaro ryšiai tarp β -gliukanų ir vandens. β -gliukanai pagerino kepinių kokybę ir teigiamai veikė kepinių reologiją [10]. Nustatyta, kad pakeitus 10 % kvietinių miltų avižiniais miltais, pagerėjo produkto kokybė – kepinio spalva, duonos minkštumas ir skonis [89]. Avižų ir miežių β -gliukanai gali padidinti tešlos klampą ir duonos tūrį [90]. Manoma, kad β -gliukanai gerina duonos minkštimo struktūrą, stabilizuoja oro ląsteles tešloje ir apsaugo nuo koalescencijos [91].

Išanalizavus rezultatus, galima sakyti, kad β -gliukanų priedai gali pagerinti maistinę duonos vertę, reikšmingai nepaveikiant kepinio juslinių savybių [92].

2. TYRIMŲ OBJEKTAI IR METODAI

2.1. Augalinė žaliava

Tyrimams buvo naudoti įvairių Lietuvoje apleistų veislių (Christopher, Luokė, Arka DS, Aura DS, Noja DS, Kirsna DS, Ema DS) vasariniai miežiai, išauginti 2013 m. Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro Žemdirbystės instituto bandomajame ūkyje.

Trumpa miežių veislių charakteristika [93] :

Christopher veislės grūdai stambūs (1000 grūdų vidutinė masė – 46,71 g), turi vidutiniškai 12,3 % baltymų, vidutinė hektolitro masė buvo 64,26 kg/hl⁻¹. Pasižymi atsparumu ligoms.

Luokė veislės miežių grūdai stambūs (1000 grūdų vidutinė masė – 47,3 g), turi 13,9 % baltymų ir 57,8 % krakmolo. Atsparesnis lapų ligoms rudamėtei dryžligei, septoriozei.

Arka DS veislės grūdai vidutinio stambumo (1000 grūdų vidutinė masė – 41,61 g), turi 12,4 % baltymų, vidutinė hektolitro masė – 64,69 kg/hl⁻¹. Veislė atspari dryžligei, miltligei.

Noja DS veislės grūdai vidutinio stambumo (1000 grūdų vidutinė masė – 44,30 g), baltymų kiekis – 12,8 %. Veislė atspari miltligei, rudadėmei dryžligei ir rinchosporiozei.

Kirsna DS veislės grūdai vidutinio stambumo (1000 grūdų vidutinė masė – 48,05 g), hektolitro masė – 67,8 kg/hl⁻¹, baltymų kiekis – vidutiniškai 11,6 %. Mažiau atsparūs rinchosporiozei, rudadėmei dryžligei.

Ema DS veislės grūdai vidutinio stambumo (1000 grūdų vidutinė masė – 49,71 g), hektolitro masė – 67,8 kg/hl⁻¹, baltymų kiekis – (11,1–14,1 %). Ši veislė atspari miltligei.

Tyrimams grūdai buvo sumalti laboratoriniu malūnu „MIAG Braunschweig“ (Vokietija) ir persijoti per 1 mm skersmens akučių sietą.

2.2. Mikroorganizmai

Miežių miltų fermentacijai naudotos pieno rūgšties bakterijų (PRB) kultūros *Pediococcus acidilactici* KTU05-7 (Pa7) ir *Pediococcus pentosaceus* KTU05-9 (Pp9) iš KTU mokslo grupės „Grūdai ir grūdų produktai“ kolekcijos, pasižymintys antimikrobiniu poveikiu mikroskopiniams grybams ir bakterijoms [94]. Kultūros laikytos esant minusinei 70 °C temperatūrai apsauginėje terpėje (*Mikrobank* sistemoje), atgaivintos ir padaugintos MRS terpėje išlaikant 72 val. 35 °C temperatūroje. MRS sultinys ruoštas ištirpinus 1 l distiliuoto vandens 52 g MRS Broth preparato po 7 g fruktozės ir maltozės, po 2 g natrio glutamato (L-glutamato rūgšties) ir amonio citrato (C₈H₁₇O₇N₃), 0,5 g cisteino chlorido. Paruošta terpė sterilizuota 15 min 121 °C temperatūroje.

2.3. Pieno rūgšties bakterijomis fermentuotų miežių miltų produktų gamyba

Fermentuotų miežių miltų produktų gamybai buvo taikyta kietafazė (KF) ir skystafazė skystafazė (SF) fermentacija. KF produkto drėgnis – 50 %, SF – 75 %. Fermentuota pridėjus 1 ml PRB (Pa7 arba Pp9) suspensijos optimalioje jų auginimo temperatūroje – 35 °C. Fermentacijos trukmė 72 h. Mėginiai imti po 3, 6, 9, 24, 48, 72 h fermentacijos ir iki tyrimų laikyti – 18 °C temperatūroje.

2.4. Miežinės duonos gamyba

Tiriamieji miežinės duonos kepimai atlikti KTU Maisto mokslo ir technologijos kompetencijos centro laboratorijoje. Kepimams parinkta miežinės duonos receptūra, kurioje 20 % kvietinių miltų buvo pakeista tiriamaisiais miežių miltais (žr. 2.1 lentelę). Kontrolinė tešla ruošta iš 320 g kvietinių miltų 550 D ir 80 g miežių miltų, tiriamosios – iš 320 g kvietinių miltų ir 6 h fermentuoto miežių produkto apskaičiuoto kiekio: 140 g KF produkto ir ir 280 g SF produkto. Tešla ruošta vienfaziu būdu, maišymo trukmė – 10 min. Suformuoti po 300 g kepinių ruošiniai kildinti 40 min 40 °C temperatūroje ir kepti 20 min 200 °C temperatūroje kepimo krosnyje „MIWE Condo“ (Vokietija). Tyrimams ataušinti iki patalpos temperatūros (trukmė – 3 h).

2.1 lentelė. Miežinės duonos receptūra

Žaliavos	Kiekis, % nuo miltų masės		
	Kontrolinis	Su KF produktu	Su SF produktu
Kvietiniai miltai 550 D	80	80	80
Nefermentuoti miežiniai miltai	20	-	-
KF fermentuotas produktas	-	35	-
SF fermentuotas produktas	-	-	70
Presuotos mielės	2	2	2
Druska	1,5	1,5	1,5
Vanduo	54,75	50,25	38,50

2.5. Cheminės sudėties nustatymo metodai

Drėgmės kiekis nustatytas pagal LST EN ISO 712:2010 [95], džiovinant mėginį 130 °C temperatūroje iki pastovios masės. Mėginio drėgmės kiekis, procentais, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$D = \frac{(m_1 - m_2) \cdot 100}{(m_1 - m)}, (\%) \quad (1)$$

čia: m – biukso svoris, g; m₁ – biukso svoris su mėginiu iki džiovinimo, g; m₂ – biukso svoris su mėginiu po džiovinimo, g

Bendras baltymų kiekis nustatytas Kjeldalio metodu pagal LST 1523:1998 [96]. Mineralizacija vykdoma, kaitinant tiriamąją ėminio dalį su koncentruota sieros rūgštimi. Išsiskyres NH_3 reaguoja su koncentruotos sieros rūgšties likučiu, sudarydamas amonio sulfatą. Amonio sulfatas titruojamas 0,01 N HCl. Azoto kiekis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$N = \frac{(V_1 - V_0) \cdot T \cdot 0,014 \cdot 100}{m}, (\%) \quad (2)$$

čia: V_0 – tuščiajam tyrimui sunaudotas 0,1 N HCl tirpalo tūris, ml; V_1 – tiriamajai ėminio daliai titruoti sunaudotas 0,1 HCl tirpalo tūris, ml; 0,014 – azoto kiekio, ekvivalentiško 1 ml 0,1 N HCl tirpalo vertė, g; T – titravimui naudoto HCl tirpalo molinė ekvivalentų koncentracija (0,1 N); m – tiriamosios ėminio dalies masė, g.

Baltymų kiekis sausosiose medžiagose apskaičiuojamas, padauginant nustatytą azoto kiekį iš perskaičiavimo koeficiento, kuris miežiams yra 6,25.

$$B = N \cdot 6,25 \cdot \frac{100}{100 - D}, (\%) \quad (3)$$

čia: N – bendras azoto kiekis, (%), D – tiriamosios mėginio dalies drėgmės kiekis, (%)

Riebalų kiekis nustatytas Soksleto metodu, pagal LST 1944:2003 [97]. Mėginys ekstrahuojamas (trukmė 4–6 h) leidžiant heksano tirpalą 5–6 lašų per sekundę greičiu. Nuriebalintas mėginys, kad nugaruotų likęs tirpiklis, laikomas 2 paras kambario temperatūroje, o po to džiovinamas iki pastovaus svorio.

Riebalų kiekis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$R = \frac{100 \cdot (a - b)}{m} \cdot \frac{100}{100 - D}, (\%) \quad (4)$$

čia: a – tiriamosios mėginio dalies su filtro popieriu masė prieš ekstrahavimą; b – tiriamosios mėginio dalies su filtro popieriu masė po ekstrahavimo; m – analizei paimta mėginio dalies masė, D – tiriamosios mėginio dalies drėgmės kiekis, (%).

Pelenų kiekis nustatytas pagal LST EN ISO 2171:2010 [98], deginant mufelinėje krosnyje 5–6 h 600 °C temperatūroje. Pelenų kiekis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$P = \frac{100 \cdot (a - b)}{m} \cdot \frac{100}{100 - D}, \% \quad (5)$$

čia: a – tuščio tiglio masė, g; b – tiglio masė su pelenų kiekiu, g; m – tiriamosios mėginio dalies masė, g; D – tiriamosios mėginio dalies drėgmės kiekis, (%).

2.6. Bendro titruojamojo rūgštingumo ir pH nustatymas

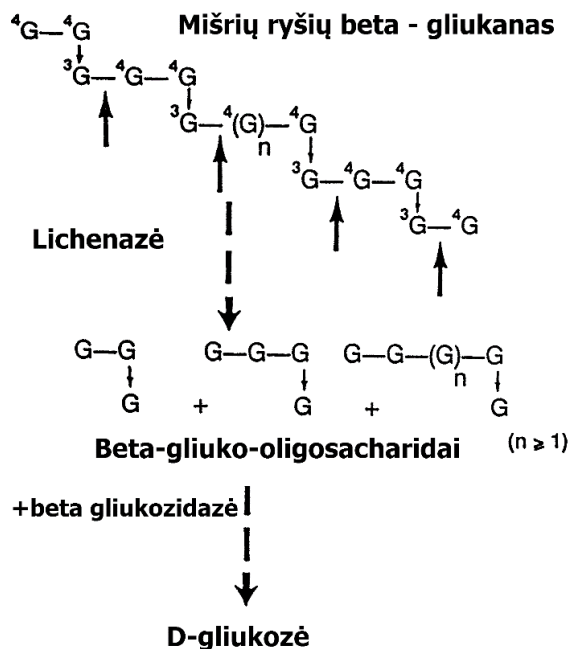
Bendras titruojamasis rūgštingumas (BTR) nustatytas pagal LST 1553:1998 [99], titruojant 0,1 N NaOH tirpalu, naudojant raudono fenolftaleino indikatorių. Išreiškiamas 1 N NaOH ml skaičiumi, reikalingu 100 ml tirpalo neutralizuoti. Fermentuotų produktų pH matavimui buvo naudotas pH-metru (HANNA instruments, pH211, JAV).

2.7. Bendro β -gliukanų ir tirpių β -gliukanų kiekio nustatymas

Bendras β -gliukanų ir tirpių β -gliukanų kiekis miežių miltuose ir fermentuotuose miežių produktuose buvo nustatytas pagal mišrių ryšių β -gliukanų nustatymo metodiką [100], naudojant „Megazyme International Ireland“ (Airija) reagentų rinkinį.

Metodo esmė: miežių produktų mėginiai yra suspenduojami ir hidratuojami buferiniame tirpale, kurio pH = 6,5, po to hidrolizuojami su lichenaze ir nufiltruojami. Filtratas hidrolizuojamas β -gliukoksidaze. D-gliukozės kiekis nustatomas, naudojant gliukozės oksidazės/peroksidazės reagentą (2.1 pav.).

Tirpių β -gliukanų kiekio nustatymui prieš tai jie ekstrahuojami, išlaikant mėginį 30 min 25 °C temperatūros vandens vonioje purtant.



2.1 pav. Pagrindinė β -gliukanų tyrimo schema

Megazyme reagentų rinkinį sudaro:

1. Lichenazės suspencija.
2. β -gliukozidazės suspencija.

3. Gopod reagento buferis (pH 7,4), p-hidroksibenzoinė rūgštis ir natrio azidas.
4. Gopod reagentas: gliukozės oksidazė, peroksidazė ir 4-aminoantipirinas.
5. D-gliukozės etaloninis tirpalas (1,0 mg/ml) 0,2 % benzenkarboksirūgštyje.
6. Etaloninis miežių miltų mėginys (10,9 % drėgnio, 4,1 % β-gliukanų).

Bendro β-gliukanų kiekio nustatymas miežių miltuose (EBC Metodas 3.11.1).

Pasveriami mėgintuvėliuose po 1 g žinomo drėgnio miežių miltų mėginio. Įpilama 1,0 ml etanolio (50 %), po to 5 ml natrio fosfato buferio (20 mM, pH 6,5) ir sumaišoma. Mėginiai laikomi verdančio vandens vonioje 2 min, tada išimami, gerai sumaišomi, ir dar išlaikomi 3 min verdančio vandens vonioje. Atšaldžius iki 40 °C temperatūros, į juos pridėdama po 0,2 ml lichenazės ir išlaikoma 1 h 40 °C temperatūroje. Po reakcijos su lichenaze mėgintuvėlių turinys atskiedžiamas distiliuotu vandeniu iki 30 ml ir filtruojami arba centrifuguojami 10 min 3000 aps./min greičiu. Atsargiai iš kiekvieno mėgintuvėlio po 0,1 ml filtrato perkeliama į 3 naujus mėgintuvėlius. Į vieną – tuščiąjį mėginį pridėdama 0,1 ml natrio acetato buferio (50 mM, pH 4,0), o į kitus du po 0,1 ml gliukozidazės ir išlaikoma 40° C temperatūroje 15 min. Po to į kiekvieną mėgintuvėlį įpilama Gopod reagento ir išlaikoma 40° C temperatūroje 20 min. Tyrimo pabaigoje spektrofotometru išmatuojama kiekvieno mėginio ir tuščiojo mėginio absorbcija, esant bangos ilgiui λ=510 nm.

β-gliukanų kiekis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\beta\text{-gliukanų kiekis, (\% s.m.)} = \Delta A \cdot F \cdot 300 \cdot \frac{1}{1000} \cdot \frac{100}{W} \cdot \frac{162}{180} = \Delta A \cdot \frac{F}{W} \cdot 27, (\%) \quad (6)$$

čia: ΔA – tiriamojo mėginio absorbcija minus tuščiojo mėginio absorbcija;

F – koeficientas, įvertinantis absorbcijos verčių perskaičiavimą į gliukozės μg

$$F = \frac{100 (D \text{ gliukozė } \mu\text{g})}{100 \mu\text{g } D \text{ gliukozės absorbcijos vertė}};$$

300 – koeficientas tūrio koregavimui (0,1 ml paimta iš 30,0 ml);

$$\frac{1}{1000} \text{ – koeficientas perskaičiavimui iš } \mu\text{g į mg};$$

$$\frac{100}{W} \text{ – koeficientas, } \beta\text{-gliukanų kiekio perskaičiavimui į sausiasias medžiagas, (\%);}$$

W – sausųjų medžiagų masė mėginyje, mg (sausųjų medžiagų masė = mėginio masė * ((100 – drėgmės kiekis)/100));

$$\frac{162}{180} \text{ – koeficientas, įvertinantis D-gliukozės perskaičiavimui į anhidro-D-gliukozę.}$$

Bendro β-gliukanų kiekio nustatymas fermentuotuose miežių produktuose

Į 1,76 g (KF) ir 3,5 g (SF) produkto įpilama 5 ml etanolio tirpalo (50 %) ir laikoma verdančio vandens vonioje 5 min. Sumaišoma ir dar įpilama 5 ml etanolio tirpalo (50 %). Vėl sumaišoma ir centrifuguojama 10 min 3000 aps./min greičiu. Skystis atsargiai nupilamas, nuosėdos ištirpinamos 5 ml natrio fosfato buferio tirpalu (20 mM, pH 6,5). Mėginiai išlaikomi verdančio vandens vonioje 2 min, tada išimami, gerai sumaišomi, ir dar įdedami pakaitinti 3 min verdančio vandens vonioje. Po to mėginiai atšaldomi iki 40 °C temperatūros, į juos pridėdama po 0,2 ml lichenazės. Uždengiama ir išlaikoma 1 h 40 °C temperatūroje. Tyrimas tęsiamas pagal bendro β-gliukanų kiekio nustatymo miežių miltuose, metodiką.

Tirpių β-gliukanų kiekio nustatymas (EBC Metodas 8.11.1)

Pasveriami 1 g miežių miltų arba 1,76 g (KF), 3,52 g (SF) fermentuoto produkto. Įpilama 5 ml distiliuoto vandens ir išlaikoma 30 min purtant 25 °C temperatūros vandens vonioje. Centrifuguojama 20 min 3000 aps./min greičiu. Skystis (5 ml) pernešamas į mėgintuvėlį pridedama 2,5 g susmulkintų amonio sulfato kristalų, uždengiami plėvele. Atsargiai vartant mėgintuvėlį ištirpinami amonio sulfato kristalai (vengiant mėginio putojimo). Mėginiai išlaikomi 20 h 4 °C temperatūroje. Centrifuguojama 10 min 3000 aps./min greičiu. Nupilamas skystis. Po to įpilama po 11 ml etanolio tirpalo (50 %) ir gerai purtant išmaišoma. Centrifuguojama 10 min 3000 aps./min greičiu. Vėl nupilamas skystis. Pakartojama etanolio plovimo procedūra. Nuosėdos ištirpinamos 1,8 ml natrio fosfato buferyje (20 mM, pH 6,5). Įpilama 0,2 ml lichenazės ir išlaikoma 5 min, 40 °C temperatūroje. Mėgintuvėlių turinys praskiedžiamas iki 30 ml distiliuotu vandeniu. Centrifuguojama 10 min 3000 aps./min greičiu. Tyrimas tęsiamas pagal bendro β-gliukanų kiekio nustatymo miežių miltuose metodiką. Tirpių β-gliukanų kiekis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\beta\text{-gliukanų kiekis, (\% s.m.)} = \Delta A \cdot F \cdot 50 \cdot \frac{1}{1000} \cdot \frac{100}{W} \cdot \frac{162}{180} \cdot \frac{2}{5} \quad (7)$$

čia: ΔA – tiriamojo mėginio ir tuščiojo mėginio absorbcijos skirtumas;

F – koeficientas, įvertinantis absorbcijos verčių perskaičiavimą į gliukozės μg

$$F = \frac{100 (D \text{ gliukozė } \mu\text{g})}{100 \mu\text{g } D \text{ gliukozės absorbcijos vertė}};$$

$\frac{1}{1000}$ – perskaičiavimo iš μg į mg koeficientas;

$\frac{162}{180}$ – koeficientas, įvertinantis D-gliukozės perskaičiavimą į anhidro-D-gliukozę;

$\frac{2}{5}$ – tūrio koregavimo koeficientas;

W – sausųjų medžiagų kiekis mėginyje, mg ; $W = (\text{miežių mėginio masė, mg}) \cdot \frac{(100 - \text{drėgmės kiekis, (\%)})}{100}$.

2.8. Fermentų aktyvumo nustatymo metodai

α -amilazės aktyvumui nustatyti taikytas modifikuotas krakmolo/jodo metodas [101].

Metodo esmė. Veikiant α -amilazei, tirpus krakmolas hidrolizuojamas iki įvairios molekulinės masės dekstrinų. Likusio nehidrolizuoto krakmolo kiekis nustatomas kolorimetriniu metodu pagal spalvoto tirpalo, susidariusio reaguojant krakmolui su jodo tirpalu, optinį tankį.

α -amilazės aktyvumo vienetas (AV) – tai fermento kiekis, kuris sugeba suskaidyti 1 g tirpaus krakmolo iki įvairios molekulinės masės dekstrinų, vykdant hidrolizę nustatytais sąlygomis (10 min, 30 °C temperatūra, terpės pH 4,7). Kaip substraktas naudojamas 1 % tirpaus krakmolo tirpalas.

Medžiagos. Ledinė acto rūgštis, acetatinis buferis (0,2 M, pH 4,7), 1 % krakmolo tirpalas, etaloninis jodo tirpalas (0,5 g J₂ + 5 g KJ/200 ml distiliuoto vandens), CaCl₂ (0,1 g/l, pH 6,0), 0,5 M HCl.

Miežių miltų arba fermentuoto miežių produkto ekstrakto paruošimas. Sumaišoma 5 ± 0,01 g tiriamojo mėginio su 40 ml distiliuoto vandens ir homogenizuojama 10 min. Gautas homogenizatas centrifuguojamas 10 min 3000 aps./min greičiu ir nustatomas centrifugato tūris.

Analizės atlikimas. Į mėgintuvėlius įpilama po 10 ml 1 % krakmolo tirpalo ir išlaikoma 10 min 30 °C temperatūros vandens vonioje. Tada įpilama 5 ml tiriamojo miežių miltų arba fermentuoto miežių produkto ekstrakto, o į tuščiojo tyrimo mėgintuvėlį – 5 ml CaCl₂ tirpalo. Gerai išmaišoma ir vėl laikoma 10 min 30 °C temperatūros vandens vonioje. Iš kiekvieno mėgintuvėlio imama po 0,5 ml tiriamojo mišinio, sumaišoma su 50 ml praskiesto jodo tirpalo (2 ml etaloninio jodo tirpalo/100 ml 0,5 M HCl) ir po 5 min spektrofotometru ($\lambda = 670$ nm) išmatuojamas gauto tirpalo optinis tankis. Vidutinė absorbcijos vertė naudojama fermento aktyvumui apskaičiuoti.

α -amilazės aktyvumas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$AV = \frac{7,264 \cdot m + 0,03766}{m_1} \cdot 1000, AV/g \quad (8)$$

čia: m – hidrolizuoto krakmolo kiekis, g; m₁ – miežių miltų masė, paimta tiriamajam 5 ml ekstraktui paruošti, g,

Hidrolizuoto krakmolo kiekis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$m = \frac{D_1 - D_2}{D_1} \cdot 0,1, g \quad (9)$$

čia: D₁ – tuščiojo mėginio optinis tankis; D₂ – tiriamojo mėginio optinis tankis, 0,1 – krakmolo kiekis, paimtas tyrimui, g.

β -ksilanazės aktyvumui nustatyti taikytas kolorimetrinis metodas, naudojant 3,5-dinitrosalicilo rūgšties (DNS) reagentą [102].

Metodo esmė. Veikiant β -ksilanazei, ksilanas suskaldomas iki redukuojančių sacharidų (daugiausiai ksilozės) ir jų kiekis nustatomas kolorimetriniu metodu pagal spalvoto tirpalo, susidariusio reaguojant ksilozei su (DNS) reagentu, optinį tankį, išmatuotą, esant $\lambda = 540$ nm.

β -ksinalazės aktyvumo vienetu (KV) laikomas toks fermento kiekis, kuris nustatytais sąlygomis veikdamas ksilaną (40 °C temperatūra, terpės pH 4,5) per 1 min sugeba atsukti 1 μ mol ksilozės. Kaip substratas naudojamas 1 % beržo medienos 4-O-metilo-D-gliukurono-D-ksilano tirpalas.

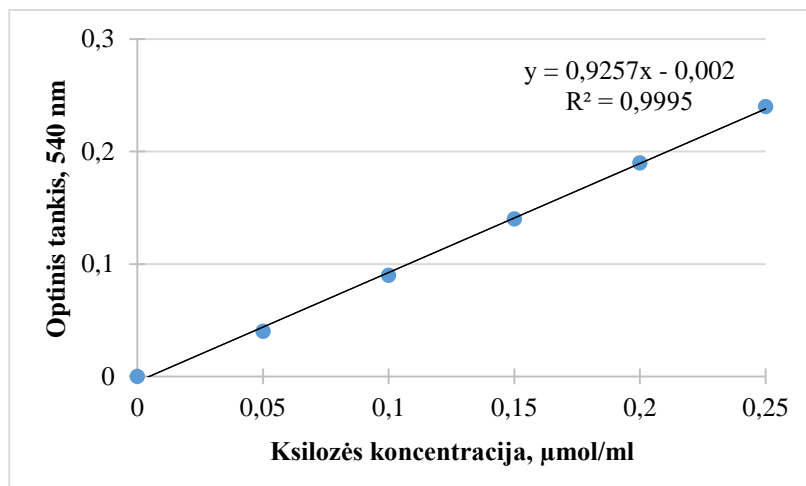
Medžiagos: D-ksilozė, etaloninis tirpalas (2,5 μ mol/l 0,1 M natrio acetato buferio), ledinė acto rūgštis, 0,4 M NaOH, DNS reagentas (3,5-dinitrosalicilo rūgštis ($1 \pm 0,01$ g) + natrio – kalio tartratas ($30 \pm 0,01$ g))/(100 ml 0,4 M NaOH), beržo ksilano tirpalas (5 mg/ml 0,1 M natrio acetato buferio, 50 °C temperatūroje).

Miežių miltų arba fermentuoto miežių produkto ekstrakto paruošimas. Sumaišius $5 \pm 0,01$ g tiriamojo mėginio ir 40 ml distiliuoto vandens, homogenizuojama 10 min, gautas homogenizatas centrifuguojamas 10 min 3000 aps./min greičiu ir nustatomas centrifugato tūris.

Ksilozės kalibracinės kreivės sudarymas. Ksilozės kalibracinei kreivei sudaryti naudotas etaloninis 2,5 mM D-ksilozės tirpalas 0,1 M natrio acetato buferyje (pH 4,5).

Nuo 0 iki 0,25 μ mol/l koncentracijos ksilozės darbinio tirpalo sumaišoma su 500 μ l DNS reagento, gauti tirpalai praskiedžiami iki 2 ml. Mėgintuvėliai kaitinami tiksliai 5 min vandens vonioje 100 °C temperatūroje. Atlikus redukciją DNS reagentu, tirpalai atšaldyti iki kambario temperatūros ir, įpylus 3 ml distiliuoto vandens, tirpalų intensyvumas išmatuojamas spektrofotometru ($\lambda = 540$ nm).

Tarp absorbcijos verčių ir ksilozės koncentracijos tirpale nustatyta stipri tiesinė priklausomybė, kurios lygtis: $y = 0,9257x - 0,002$ (čia: y – ksilozės koncentracija, μ mol/ml; x – ją atitinkanti vidutinė absorbcijos vertė) (2.2 pav.). Gauti rezultatai parodė, kad kalibracinė tiesė yra pakankamai tiksli ($R^2 = 0,9995$) ir gali būti naudojama ksilozės kiekiui nustatyti.



2.2 pav. Ksilozės kalibracinė kreivė

Analizės atlikimas. Reakcijos mišinys (1 ml), sudarytas iš 200 μl tiriamojo miežių miltų tiriamojo mėginio ekstrakto, 50 μl ksilano tirpalo ir 750 μl natrio acetatinio buferio (0,1 M, pH 4,5) inkubuojamas 30 min 40 °C temperatūroje. Praėjus 30 min nustatomas redukuojančių sacharidų kiekis. Tam ekvivalentiškai tiriamo mėginio ekstrakto ir DNS reagento kiekiai (500 μl) sumaišomi, gautas mišinys kaitinamas 5 min 100 °C temperatūroje vandens vonioje, po to atvėsinaamas iki kambario temperatūros ir praskiedžiamas distiliuotu vandeniu santykiu 1:10. Gauto tirpalo optinis tankis išmatuojamas spektrofotometru ($\lambda = 540 \text{ nm}$). Vidutinė absorbcijos vertė naudojama fermento aktyvumui apskaičiuoti. Lygiagrečiai tiriamas etaloninis mėginys ($A_{\text{ekstrakto}}$) (1 ml), sudarytas iš 50 μl ksilano ir 950 μl acetatinio buferio.

Ksilanazės aktyvumas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$KV = \frac{a \cdot PF \cdot \Delta A \cdot V}{b \cdot s \cdot \Delta t \cdot m}, KV/g \quad (10)$$

čia: a – reakcijos mišinio tūris, ml; b – tiriamojo ekstrakto kiekis reakcijos mišinyje, ml; s – ksilozės standartinės tiesės polinkis, μmol/ml; PF – praskiedimo faktorius; Δt – reakcijos trukmė, min; m – tiriamo mėginio masė, naudota ekstraktui paruošti, g; V – tiriamojo mėginio ekstrakto tūris, ml; ΔA – absorbcijos pokytis ($\Delta A = A_{\text{r-jos mišinio}} - A_{\text{ekstrakto}}$).

Proteazės aktyvumas nustatytas pagal Sigma – Aldrich SSCASE01.001 protokolą [103].

Metodo esmė. Veikiant proteazei, kazeinas suskaldomas iki aminorūgščių, o jų kiekis nustatomas kolorimetriniu metodu pagal spalvoto tirpalo, susidariusio joms reaguojant su Folin-Ciocalteu fenoliniu reagentu, optinį tankį.

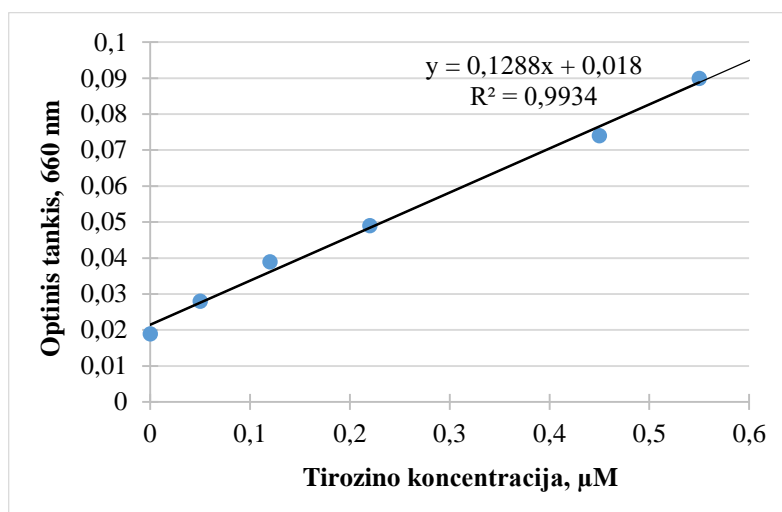
Proteazės aktyvumo vienetas (PV) – tai fermento kiekis, kuris sugeba suskaidyti 1 g kazeino iki aminorūgščių, vykdant hidrolizę nustatytomis sąlygomis (10 min 37 °C temperatūra, terpės pH 7,5). Kaip substratas naudojamas 0,65 % kazeino (Sigma ALDRICH, Vokietija) tirpalas.

Medžiagos. 0,05 M kalio fosfato buferinis tirpalas; (pH 7,5), 0,65 % kazeino tirpalas (pH 7,5) kalio fosfato buferyje, 0,11 M trichloracetato rūgšties (TCA) reagentas, Folin-Ciocalteu fenolinis reagentas (10/100 ml vandens), kalcio acetato (0,005 M) ir natrio acetato (0,01 M) buferinis tirpalas, 0,5 M natrio karbonato tirpalas, 0,0011 M etaloninis tirozino tirpalas.

Miežių miltų arba fermentuoto miežių produkto ekstrakto paruošimas. 3 g ± 0,01 g tiriamojo mėginio ir 30 ml 0,01 M natrio acetato bei 0,005 M kalcio acetato buferio tirpalo homogenizuojama 10 min. Gautas homogenizatas centrifuguojamas 10 min 3000 aps./min greičiu ir nustatomas centrifugato tūris.

Kalibracinės kreivės sudarymas. 0; 0,05; 0,11; 0,22; 0,44, 0,55 ml etaloninio tirozino tirpalo (0,0011 M) praskiedžiama vandeniu iki 2 ml. Paruošti darbiniai tirozino tirpalai sumaišomi su 5 ml 0,5 M natrio karbonato tirpalo, 1 ml Folin-Ciocalteu fenolinio reagento ir, išlaikius 30 min 37 °C temperatūros vandens vonioje, spektrofotometru ($\lambda = 660$ nm) išmatuojamas jų optinis tankis.

Sudarant kalibracinę tirozino kreivę (2.3 pav.) nustatyta, kad tarp tirozino koncentracijos tirpale ir jo optinio tankio yra stipri tiesinė priklausomybė, kuri aprašyta lygtimi $y = 0,1288x + 0,018$ (čia: y – optinis tankis, x – tirozino tirpalo koncentracija, μM). Determinacijos koeficientas R^2 tarp šių dydžių yra lygus 0,9934. Tai rodo, kad kalibracinė kreivė yra tiksli ir gali būti taikoma tirozino kiekiui nustatyti.



2.3 pav. Tirozino kalibracinė kreivė

Analizės atlikimas. Į mėgintuvėlį įpilama 5 ml kazeino tirpalo ir 1 ml tiriamojo ekstrakto. Gerai sumaišius, išlaikoma 10 min 37 °C temperatūros vandens vonioje. Lygiagrečiai atliekamas tuščiasis tyrimas, reikalingas tirozino koncentracijai iš kalibracinės kreivės apskaičiuoti. Po to į kiekvieną mėgintuvėlį įpilama po 5 ml 0,11 M trichloracetato rūgšties, į tuščiąjį mėginį – papildomai 1 ml

tiriamąjį miežių ekstraktą mėginio ir gerai išmaišius, išlaikoma 30 min 37 °C temperatūros vandens vonioje. Po to filtruojama per 0,45 µm popierinį filtrą. Sumaišoma 2 ml filtrato, 5 ml 0,5 M natrio karbonato tirpalo, 1 ml Folin-Ciocalteu fenolinio reagento ir, išlaikius 30 min 37 °C temperatūros vandens vonioje, filtruojama per 0,45 µm popierinį filtrą. Filtrato optinis tankis išmatuojamas spektrofotometru ($\lambda = 660$ nm). Vidutinė absorbcijos vertė naudojama tirozino kiekiui nustatyti ir proteazės aktyvumui apskaičiuoti.

Iš kalibracinės kreivės, nustačius tirozino kiekį (T), proteazės aktyvumas tiriamąjį mėginio ekstrakte apskaičiuojamas pagal formulę:

$$PV = \frac{T \cdot 11}{1 \cdot 10 \cdot 2}, PV/ml \quad (11)$$

čia: T – tirozino kiekis, µM, 11 – bendras reakcijos mišinio tūris, ml; 10 – hidrolizės 37 °C temperatūroje trukmė, min; 1 – tiriamąjį ekstraktą tūris, ml; 2 – reakcijos mišinio tūris, paimtas kolorimetrinei analizei, ml.

Proteazės aktyvumas tiriamajame mėginyje (PV/g) apskaičiuojamas, žinant tiriamąjį mėginio masę, paimtą ekstraktui paruošti, ir gauti ekstraktą tūrį.

Gliukanazės aktyvumas.

Metodo esmė. Veikiant β-gliukanazei, β-gliukano substratas skaidomas į mažesnės molekulinės masės fragmentus, kurie tirpsta nusodinimo tirpale. Gautą tirpalo spalvos intensyvumas išmatuojamas spektrofotometru ir yra tiesiogiai proporcingas β-gliukanazės aktyvumui [104].

Gliukanazės aktyvumo vienetas (GV) – fermento kiekis, reikalingas išlaisvinti 1 µmol redukuojančių sacharidų ekvivalentą per 1 minutę.

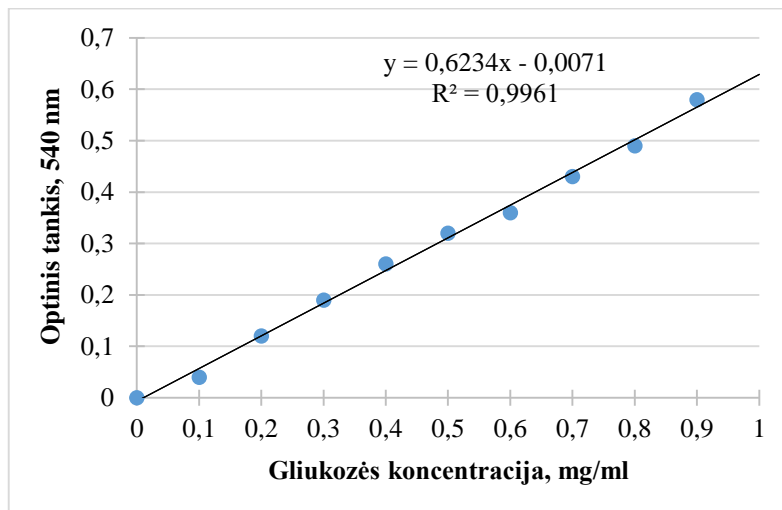
Medžiagos. 1 % β-gliukano tirpalas (0,25 g/25 ml 0,1 M natrio acetato buferyje 30 °C temperatūroje), DNS reagentas (3,5-dinitrosalicilo rūgštis ($1 \pm 0,01$ g) + natrio-kalio tartratas ($30 \pm 0,01$ g))/(100 ml 0,4 M NaOH), natrio acetato buferis (0,1 M; pH 4,5), ledinė acto rūgštis, 0,4 M natrio hidroksido tirpalas, gliukozė.

Miežių miltų arba fermentuoto miežių produkto ekstrakto paruošimas. Sumaišius $2 \pm 0,01$ g tiriamąjį mėginio ir 10 ml 0,1 M natrio acetato buferio, homogenizuojama 20 min. Gautas homogenizatas centrifuguojamas 10 min 3000 aps./min greičiu ir nustatomas centrifugato tūris.

Kalibracinės kreivės sudarymas. Kalibracinės kreivės sudarymui naudoti etaloniniai gliukozės tirpalai, kurių koncentracija 0,1–0,9 mg/ml. 0,5 ml kiekvieno etaloninio gliukozės tirpalo sumaišoma su 0,5 ml DNS reagento ir, išlaikius 5 min 100 °C temperatūroje, atšaldoma. Gautų spalvotų tirpalų optinis tankis išmatuojamas spektrofotometru ($\lambda = 540$ nm).

Sudarant kalibracinę gliukozės kreivę (2.4 pav.), nustatyta, kad tarp gliukozės koncentracijos tirpale ir jo optinio tankio yra stipri tiesinė priklausomybė, kuri aprašyta lygtimi $y=0,6234x - 0,0071$

(čia: y – optinis tankis, x – gliukozės tirpalo koncentracija, mg/ml). Determinacijos koeficientas R^2 tarp šių dydžių yra lygus 0,99. Tai rodo, kad kalibracinė kreivė yra tiksli ir gali būti taikoma gliukozės kiekiui nustatyti.



2.4 pav. Gliukozės kalibracinė kreivė

Fermentinė hidrolizė. Reakcijos mišinys (300 μ l), sudarytas iš 100 μ l tiriamojo mėginio ekstrakto, 50 μ l 1 % β -gliukano tirpalo ir 150 μ l acetatinio buferio (0,1 M pH 4,5) inkubuojamas 30 min 30 $^{\circ}$ C temperatūroje vandens vonioje. Ekvivalentiškai tiriamojo ekstrakto (300 μ l) ir DNS reagento kiekiai (300 μ l) sumaišomi, gautas mišinys kaitinamas 5 min 100 $^{\circ}$ C temperatūroje vandens vonioje, po to atvėsinaamas iki kambario temperatūros ir praskiedžiamas distiliuotu vandeniu santykiu 1:5. Lygiagrečiai tiriami etaloniniai mėginiai – (T.1) sudarytas iš (100 μ l tiriamojo mėginio ekstrakto + 200 μ l 0,1 M natrio acetato buferio ir (T.2) sudarytas iš (50 μ l 1 % β -gliukano tirpalo + 250 μ l 0,1 M natrio acetato buferio. Gauta tirpalo optinis tankis išmatuojamas spektrofotometru ($\lambda = 540$ nm). Vidutinė absorbcijos vertė naudojama fermento aktyvumui apskaičiuoti.

Gliukanazės aktyvumas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$GV = \frac{Red. ekv \cdot PF \cdot V}{b \cdot 180 \cdot \Delta t \cdot m}, GV/ml \quad (12)$$

čia: Red. ekv – redukuojančių sacharidų ekvivalentas, iš gliukozės kalibracinės kreivės, μ mol; b – tiriamojo ekstrakto kiekis reakcijos mišinyje, ml; PF – praskiedimo faktorius; Δt – reakcijos trukmė, min.; m – tiriamų miežių miltų arba fermentuoto miežių produkto masė, naudota ekstraktui paruošti, g; V – tiriamojo ekstrakto tūris, ml; 180 – gliukozės molekulinė masė, g/mol.

2.9. Klampos nustatymas reometru

Miežių vandeninės suspensijos klampa nustatyta reometru Anton Paar (Austrija). Tyrimui naudotas geometrinis matavimo cilindras, kurio matmenys: D=24 mm, L=25 mm. Vandeninių

suspensijų ruošimui, miežių miltų ir fermentuotų miežių produktų mėginiai buvo suspenduojami distiliuotame vandenyje santykiu 1:6. Suspensijų klampa matuota 70 min, esant 25 °C temperatūrai ir šlyties greičiui 147 s⁻¹[19].

2.10. Kepinių kokybės įvertinimo metodai

Kepiniai tirti praėjus 3 h po kepimo. Naudoti tyrimo metodai pateikti (žr. 2.2. lentelė). Kepinių kokybė buvo vertinama pagal kepinio savitąjį tūrį, minkštimo rūgštingumą ir akytumą bei minkštimo tekstūros mechanines savybes.

2.2 lentelė. Tešlos ir gatavų kepinų kokybės įvertinimo metodai

Rodiklis	Metodo esmė	Literatūra
Kepinio savitasis tūris	Kepinio tūris nustatomas pagal jo išstumtą rapsų sėklų tūrį (cm ³). Po to kepinys pasveriamas 0,1 g tikslumu ir savitasis tūris apskaičiuojamas pagal kepinio tūrio ir masės santykį, cm ³ /g.	ICC 131:1995 [105]
Minkštimo titruojamasis rūgštingumas	Susmulkinto duonos minkštimo ir vandens suspensija titruojama 0,1 N NaOH tirpalu. Rūgštingumas išreiškiamas Neimano laipsniais (N°).	LST 1553:1998 [106]
Minkštimo akytumas	Žuravlio cilindru išpjaunami žinomo tūrio 3 minkštimo mėginiai ir pasveriami. Apskaičiuojamas akytumas %.	LST 1442:1996 [107]
Minkštimo tekstūros savybės	Tekstūros analizatoriumi TA. XT-plus (Didžioji Britanija) duonos mėginiai (30 mm diametro ir 20 mm aukščio) buvo spaudžiami 100 mm skersmens plokšte D/100 iki 50 % suspaudimo (spaudimo greitis 1 mm/s). Iš gautų jėgos – laiko kreivių nustatytos šios tekstūros savybės: kietumas, koheziškumas, elastingumas, lipnumas.	[108]

2.11. Duonos juslinių savybių nustatymas

Tyrimo dalyvavo 20 vertintojų, kurių amžius nuo 21 iki 25 metų. Juslinio vertinimo metu iškeptų duonų mėginiai buvo pateikti vertintojams vienodomis sąlygomis: 20 °C temperatūroje,

atsitiktine tvarka, koduotuose induose. Juslinis vertinimas atliktas KTU Maisto mokslo ir technologijų kompetencijų centro laboratorijoje. Juslinei analizei sudaryta anketa, kurioje vertintojai turėjo įvertinti penkias juslines duonos savybes: spalvą, kvapą, minkštimo rūgštumą, drėgnumą ir vienalytiškumą. Taip pat buvo įvertintas bendras kepinio priimtinumas ir pirmumas. Parinkti duonos savybių deskriptoriai, jų apibūdinimas pateiktas (žr. 2.4 lentelė). Juslinių savybių intensyvumui vertinti taikyta 7 kategorijų intensyvumo skalė. Priimtinumas vertintas 7 kategorijų hedoninėje skalėje (labai nepatinka → labai patinka).

2.3 lentelė. Duonos juslinių savybių deskriptoriai ir jų apibūdinimai

Juslinė savybė	Skalė	Aprašymas
Spalva	Šviesi → Tamsi	Duonos spalva vertinama žiūrint
Bendras kvapo intensyvumas	Labai silpnas → Labai stiprus	Uodžiant duoną vertinamas jos kvapo intensyvumas
Minkštimo rūgštumas	Labai silpnai rūgštus → Labai stipriai rūgštus	Burnoje laikant ir kramtant mėginį, išsiskiriant seilėms jaučiamas gaminio rūgštumas
Minkštimo drėgnumas	Sausas → Drėgnas	Įsidėjus gaminį į burną ir kramtant, jaučiamas jo drėgnumas
Tekstūros vienalytiškumas	Maža (nevienalytė) → Didelė (vienalytė)	Įsidėjus gaminį į burną ir kramtant, jaučiamas jo vienalytiškumas

Atliekant duomenų analizę, vertintojų pajautam ir suvoktam juslinės savybės intensyvumui, pažymėtam kategorijų skalėje, priskirta santykinė skaitmeninė išraiška. Ši skaitmeninė išraiška toliau naudota rezultatų statistinei analizei.

2.12. Matematinis statistinis duomenų apdorojimas

Tirtų rodiklių vidutinės vertės ir standartinio nuokrypio vertės apskaičiuotos panaudojant MS Exel programą.

Nustatant fermentų aktyvumą, atlikti 3 lygiagretūs tyrimai. Nustatant miežių miltų cheminę sudėtį (baltymų kiekį, riebalų kiekį, pelenų kiekį, sausųjų medžiagų kiekį), fermentuotų miežių produktų ir kepinų titruojamąjį rūgštingumą, pH, tekstūros tyrimus, miežių vandeninių suspensijų klampą, duonos kokybės rodiklius, β -gliukanų pokyčius miežių miltuose ir jų fermentuotuose produktuose, eksperimentai kartoti 2 kartus.

3. REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

3.1. Lietuvoje auginamų įvairių veislių miežių charakterizavimas ir parinkimas fermentuotų produktų gamybai

3.1.1. Miežių cheminės sudėties ypatumai

Šiame skyriuje pateikti Lietuvoje auginamų įvairių veislių miežių miltų cheminės sudėties tyrimo rezultatai (žr. 3.1 lentelė). Nustatyta, kad baltymų kiekis miežiuose kito intervale nuo 10,14 iki 12,67 % s.m. Didžiausiu baltymų kiekiu pasižymėjo Aura DS, o mažiausiu – Luokės veislės miežiai. Literatūros šaltiniuose pateikiamas labai įvairus baltymų kiekis miežiuose. Pagal USDA atliktus tyrimus, kurių metu buvo iširta 10 000 miežių genotipų, jis svyruoja nuo 7 iki 25 % [109]. Eksperimento metu gauti rezultatai atitinka Duffus, Cocrane ir Newman pateiktus duomenis, kad baltymų kiekis lukštentuose miežiuose svyruoja 9–13 % s.m. ribose [110].

Angliavandeniai sudaro didžiausią miežių grūdų dalį, literatūros duomenimis – apie 70 % [14]. Tirtuose miežiuose nustatytas jų kiekis svyravo nuo 73–75,5 % s.m.

Riebalai miežiuose sudarė 0,88–1,23 % s.m. Tyrimai parodė, kad riebalų kiekis kito panašiai visų veislių miežiuose, tik šiek tiek mažesnis jų kiekis nustatytas Ema DS veislės grūduose (0,88 %).

Nustatyta, kad pelenų kiekis tirtų veislių miežių miltuose buvo labai panašus, svyravo nuo 1,40 iki 1,69 %. Didžiausias kiekis iširtas Kirsna DS ir Luokė veislių miežių miltuose (1,66–1,69 % s.m.). Literatūros duomenimis pelenų kiekis miežių grūduose svyruoja 2,0–3,0 % s.m. ribose, o miežių lukštuose yra maždaug 6,0 % pelenų [15]. Mažesni pelenų kiekį nustatytą eksperimento metu, galima pagrįsti miežių grūdų paruošimo tyrimams specifika – sijojant buvo pašalinti lukštai ir dalis mineralinių medžiagų.

Drėgnis yra labai svarbus parametras grūdų kokybės išsaugojimui laikymo metu ir neturėtų viršyti 14 %. Iš Lietuvos agrarinių ir miškų mokslo centro Žemdirbystės instituto bandomajame ūkio gautuose miežių mėginiuose drėgnis svyravo nuo 10,73–12,02 %, kas neviršijo saugaus laikymo ribinės vertės.

3.1 lentelė. Skirtingų veislių miežių miltų cheminė sudėtis, (s.m. – sausosios medžiagos)

Miežių veislė	Angliavandenių kiekis, % s.m.	Baltymų kiekis, % s.m.	Riebalų kiekis, % s.m.	Pelenų kiekis, % s.m.	Drėgnis, %
Christopher	74,98 ± 0,36	11,17 ± 0,50	0,97 ± 0,01	1,50 ± 0,08	11,38 ± 0,10
Luokė	75,50 ± 0,39	10,14 ± 0,03	0,97 ± 0,01	1,66 ± 0,04	11,73 ± 0,14
Aura DS	73,01 ± 0,40	12,67 ± 0,23	1,23 ± 0,01	1,40 ± 0,03	11,69 ± 0,45
Noja DS	74,53 ± 0,35	12,10 ± 0,18	1,05 ± 0,10	1,60 ± 0,02	10,73 ± 0,38
Kirsna	74,45 ± 0,37	10,74 ± 0,65	1,10 ± 0,04	1,69 ± 0,05	12,02 ± 0,01
Ema DS	74,42 ± 0,37	11,57 ± 0,11	0,88 ± 0,02	1,52 ± 0,02	11,61 ± 0,00
Vidutinė vertė	74,48 ± 0,38	11,40 ± 0,73	1,03 ± 0,12	1,56 ± 0,11	11,53 ± 0,44

3.1.2. Genotipo įtaka β-gliukanų kiekiui miežiuose

β-gliukanai pasižymi naudingomis sveikatai fiziologinėmis savybėmis. β-gliukanai dėl didelio hidratacinio pajėgumo geba sudaryti labai klampus tirpalus gerindami žarnyno peristaltiką, ekskrementų formavimąsi, skatina tulžies pūslės susitraukimus ir jos sekreciją, apsaugo nuo storosios žarnos vėžio, reguliuoja kraujo serumo lipidų kiekį ir gliukozės apykaitą organizme [16]. Todėl šiame darbe didžiausias dėmesys buvo skiriamas šių junginių analizei miežiuose ir jų perdirbimo metu. Miežių β-gliukanų ypatumas – jie yra dalinai tirpūs vandenyje. Be to, tirpūs β-gliukanai sudaro labai klampus tirpalus ir yra atsakingi už šių polimerų biologinį aktyvumą.

Atlikta nemažai tyrimų, nustatant β-gliukanų kiekį įvairiuose grūduose. MacGregor ir Fincher duomenimis miežių grūduose β-gliukanai gali sudaryti 2–11%, bet dažniausiai svyruoja apie 4–7 % [73]. Ajithkumar nustatė 5,6–5,75 % β-gliukanų kiekį miežiuose su dideliu amilopektino kiekiu [3].

β-gliukanų kiekiai, nustatyti Lietuvoje auginamų veislių miežiuose, pateikti (žr. 3.2 lentelėje). Tyrimų rezultatai parodė, kad β-gliukanų kiekis tirtuose miežiuose nebuvo didelis – 2,15–3,11 % s.m. Didžiausiu β-gliukanų kiekiu, lyginant su kitomis veislėmis, pasižymėjo Christopher (3,11 %) ir Luokė (3,07 %) grūdai. Mažiausiu β-gliukanų kiekiu išsiskyrė Kirsna (2,15 %) ir Aura DS (2,23 %) miežiai.

3.2 lentelė. Bendras ir tirpių β-gliukanų kiekis miežiuose (s.m. – sausosios medžiagos)

Miežių veislė	Bendras β-gliukanų kiekis, % s.m.	Tirpių β-gliukanų kiekis, % s.m.	β-gliukanų ekstraktyvumas, %
Christopher	3,11 ± 0,05	0,91 ± 0,02	29,26
Luokė	3,07 ± 0,01	1,49 ± 0,18	48,53
Aura DS	2,23 ± 0,02	0,43 ± 0,07	19,28
Noja DS	2,87 ± 0,01	1,32 ± 0,03	45,99
Kirsna	2,15 ± 0,05	0,63 ± 0,06	29,30
Ema DS	2,57 ± 0,01	0,69 ± 0,06	26,85
Vidutinė vertė	2,68 ± 0,03	1,08 ± 0,07	40,29

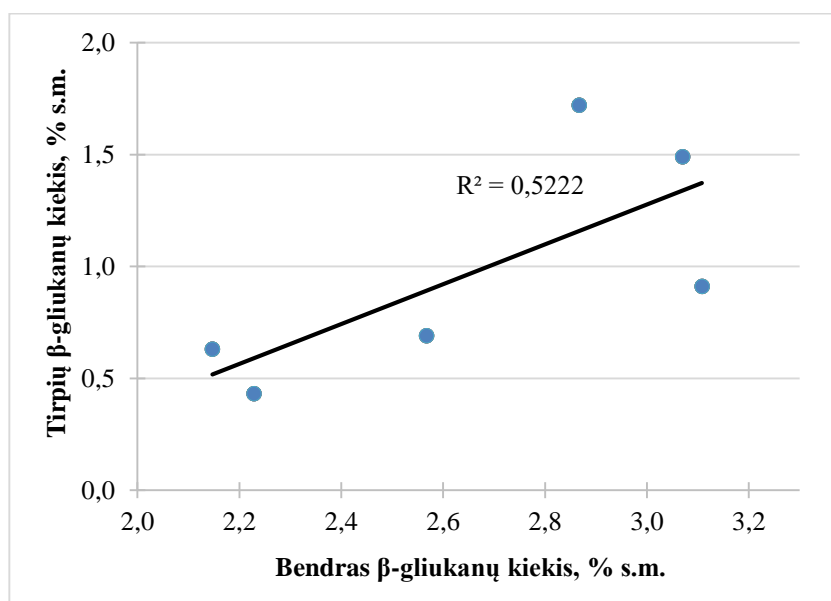
Nustatyta, kad teigiama nauda sveikatai – cholesterolio ir gliukozės kiekio kraujyje mažinimas susijęs su tirpiaisiais β-gliukanų komponentais, todėl parenkant tinkamiausias žmonių mitybai miežių veisles yra svarbu įvertinti ir tirpių β-gliukanų kiekį jose.

Eksperimento metu nustatytas tirpių β-gliukanų kiekis skirtingų veislių miežiuose kito intervale nuo 0,43–1,49 %. Literatūroje pateikiami įvairūs tirpių β-gliukanų kiekio analizės rezultatai. Holtekjolen fermentiniu metodu, nustatė, kad tirpių β-gliukanų kiekis įvairių veislių miežiuose gali svyruoti nuo 2,41–8,25 % s.m. [111]. Havrlentova ir Kraic taip pat analizavo miežių tirpiuosius β-

gliukanus fermentiniu metodu ir nustatė jų kiekį – 1,86–5,37 % s.m. [50]. Zhango duomenimis, tirpių β -gliukanų kiekis miežiuose yra 3,91–4,95 % s.m. [6], Knuckles ir Chiu – 0,41–9,51 % [4]. Galime teigti, kad nustatyti β -gliukanų kiekiai sutampa su literatūroje pateiktais jų kiekiais. Taip pat gauti rezultatai patvirtina literatūros duomenis, kad β -gliukanų kiekis priklauso nuo veislės ypatumų [3].

Vertinant β -gliukanų ekstraktyvumą įvairių veislių miežiuose, šis rodiklis kito intervale nuo 19,28 % iki 48,53 %. Iš visų tirtų veislių mažiausiu ekstraktyvumu išsiskyrė Ema DS (26,85) ir Aura DS (19,28), o didžiausiu – Luokė (48,53) miežiai. Didesnis β -gliukanų ekstraktyvumas yra naudingesnis žmonių sveikatai. Literatūroje teigiama, kad tirpių ir netirpių maistinių skaidulinių medžiagų santykis labai priklauso ir nuo β -gliukanų ekstrakcijos sąlygų: tokių kaip tirpiklio rūšies, temperatūros ir ekstrakcijos trukmės [9].

Dėl skirtingo β -gliukanų ekstraktyvumo, tarp tirpių β -gliukanų ir bendro β -gliukanų kiekio nustatyta vidutinė tiesinė priklausomybė ($R=0,72$). Ši priklausomybė gali kisti nuo miežių genotipo ypatumų. M. S. Izydorczyk nustatė silpną tiesinę priklausomybę tarp tirpių β -gliukanų ir bendro β -gliukanų kiekio ($R=0,45$). Jo nuomone, nepaisant didelio bendro β -gliukanų kiekio, miežiai nėra geriausias tirpių polisacharidų šaltinis [19].



3.1 pav. Ryšys tarp tirpių ir bendro β -gliukanų kiekio įvairių veislių miežiuose

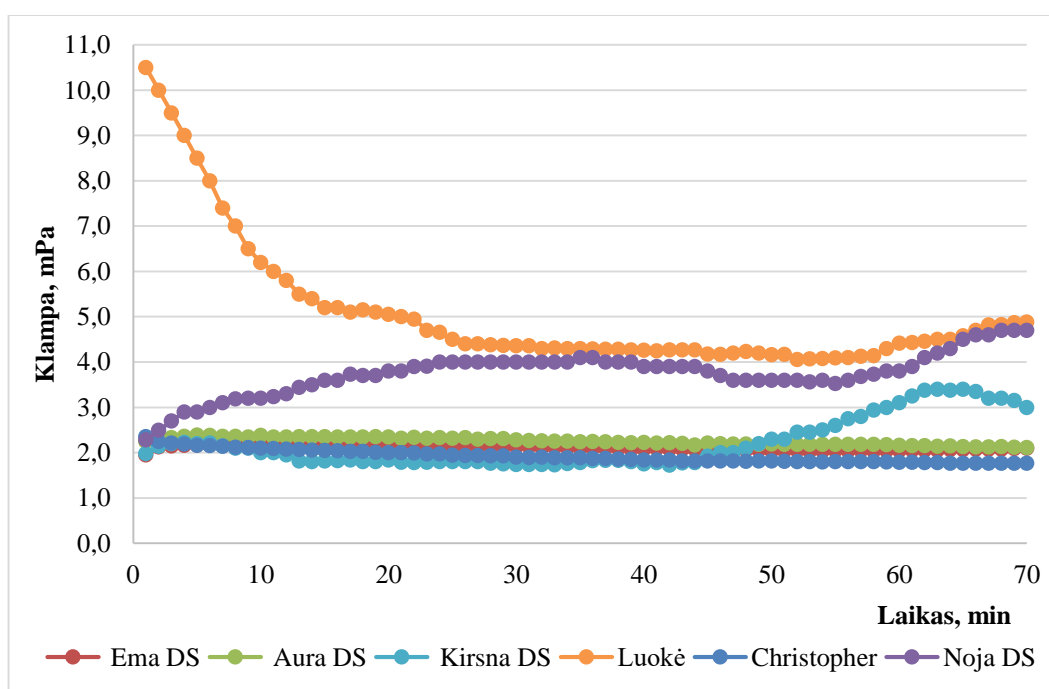
3.1.3. β -gliukanų įtaka vandeninių miežių suspensijų klampai

Literatūros duomenimis tirpių β -gliukanų biologinis aktyvumas susijęs su jų pajėgumu sudaryti labai klampus vandeninius tirpalus, todėl svarbu įvertinti šią β -gliukanų savybę. Klampa taip pat yra svarbi maisto komponentų fizikinė charakteristika, turinti įtaką jų funkcinėms savybėms [114]. Tradiciškai miežių ekstraktų klampa matuojama rūgštiniuose tirpaluose, norint išvengti endogeninės

β -gliukanazės poveikio. Stiprios priklausomybės gautos tarp rūgštinių ekstraktų klamos ir bendro bei tirpių β -gliukanų kiekio miežiuose, todėl dažnai miežių ekstraktų klampa naudojama β -gliukanų kiekiui nustatyti. Aastrup [115] nustatė stiprią logaritminę priklausomybę tarp maltų miežių ekstraktų klamos ir tirpių β -gliukanų kiekio ($R=0,99$), bei bendro β -gliukanų kiekio ($R=0,94$). Bhatta [116] išanalizavo 13 belukščių miežių veislių ir nustatė logaritminę priklausomybę tarp rūgštinių miežių miltų ekstraktų klamos ir bendro β -gliukanų kiekio ($R=0,94$). Tačiau literatūroje pateikiami duomenys ir apie vandeninių miežių suspensijų klamos tyrimus. Izydorczyk ir kt. tyrė vandeninių miežių miltų suspensijų klampą ir nustatė, kad ji priklausė nuo tirpių β -gliukanų kiekio, β -gliukanazės aktyvumo ir β -gliukanų molekulinės masės [19].

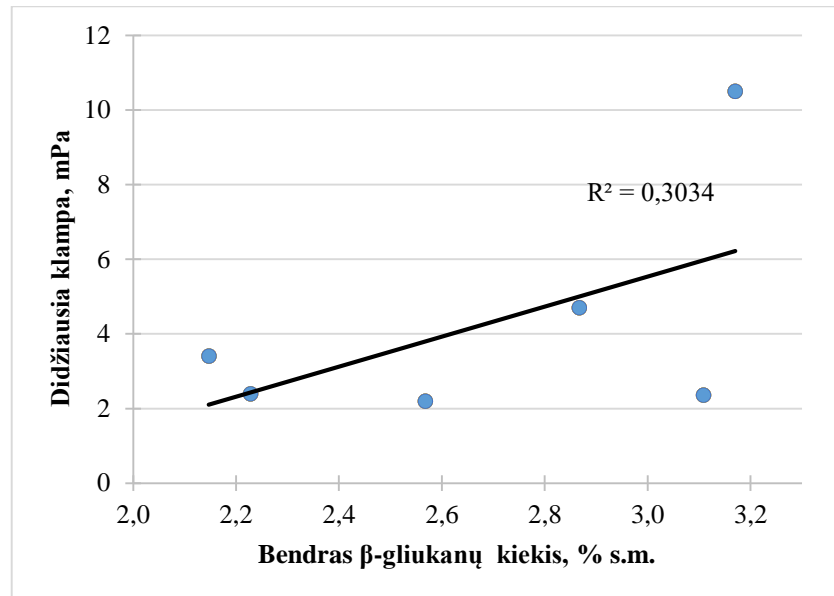
Šiame darbe taip pat buvo tiriama vandeninių miežių suspensijų klamos pokyčiai 70 min laikotarpyje, esant pastoviam šlyties greičiui (147 s^{-1}). Gauti rezultatai (3.2 pav.) parodė, kad tirti mėginiai skyrėsi ne tik didžiausia klampa, bet ir jos stabilumu tyrimo metu. Didžiausia vandeninių suspensijų klampa pasižymėjo Luokė ir Noja DS miežių miltai. Didžiausia Luokė miltų vandeninių suspensijos klampa pasiekta eksperimento pradžioje – 10,5 mPa, po 70 min sumažėjo apie 2,3 karto iki 4,9 mPa. Noja DS vandeninės suspensijos klampa didėjo nuo 0 iki 23 min, nuo 23 iki 45 min išliko stabili, ir nuo 45 min vėl pastebimas jos padidėjimas, pasiekiant didžiausią vertę 70 min – 4,7 mPa.

Ema DS, Aura DS, Christopher, Kirsna DS vandeninės suspensijos buvo stabilios viso tyrimo metu, vidutinė klampa – 2,15 mPa.

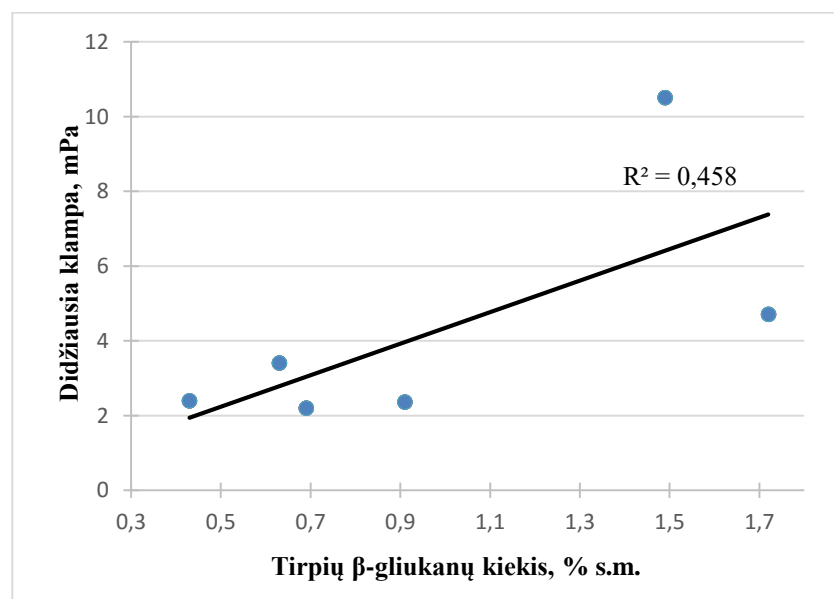


3.2 pav. Klamos pokyčiai įvairių veislių miežių vandeninėse suspensijose (miežių miltų ir vandens santykis 1:6), esant $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūrai, šlyties greičiui 147 s^{-1} .

Norint išsiaiškinti pastebėtus klamos skirtumus, buvo ieškoma koreliacijos tarp miežių miltų suspensijos klamos ir bendro bei tirpių β -gliukano kiekių. Iš eksperimento rezultatų (3.3 pav.) ir (3.4 pav.) matyti, kad tarp didžiausios klamos (mPa) ir bendro β -gliukanų kiekio bei tarp didžiausios klamos (mPa) ir tirpių β -gliukanų kiekio – nustatytos vidutinės tiesinės priklausomybės, (atitinkamai, $R=0,55$ ir $R=0,68$).



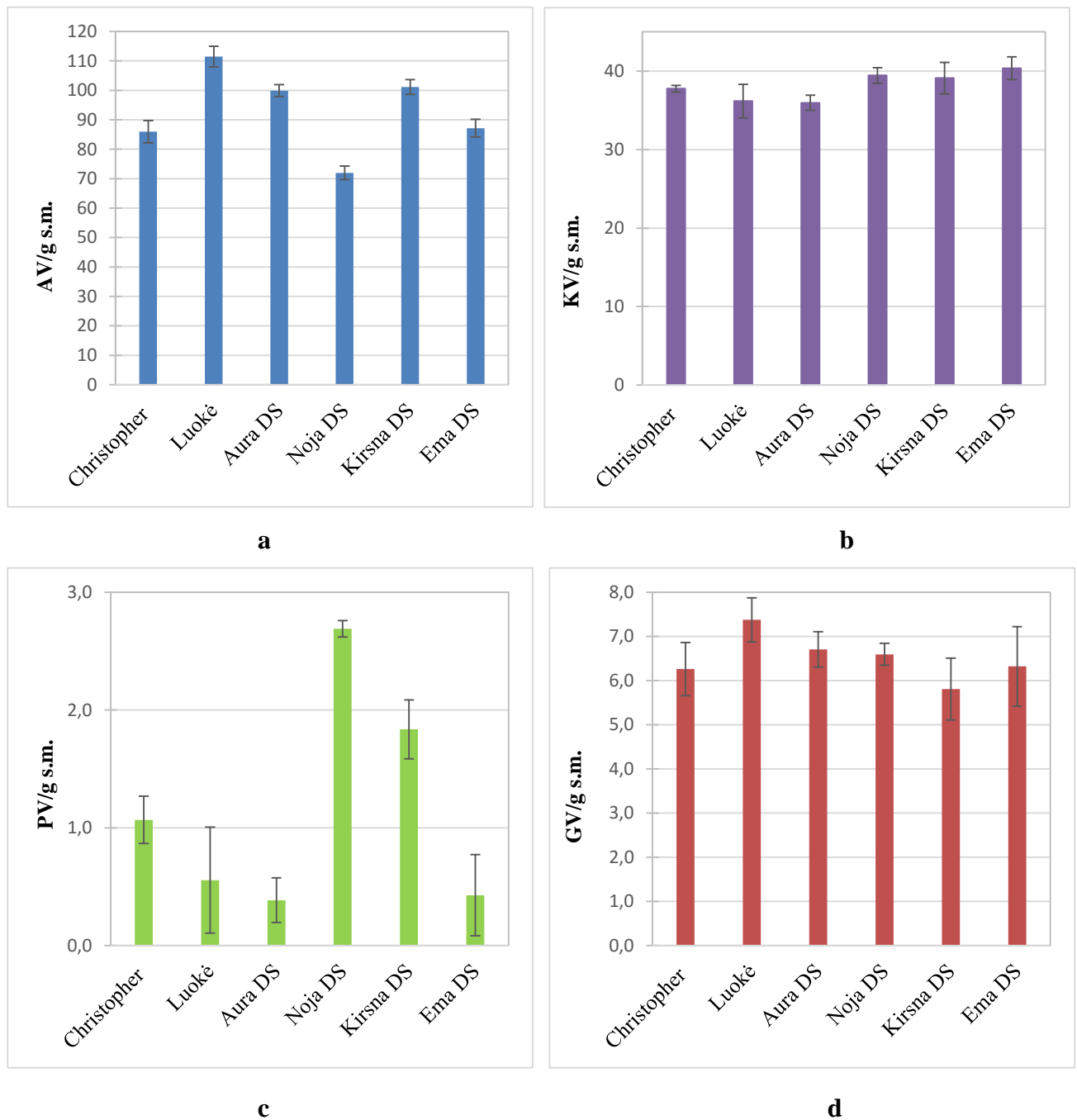
3.3 pav. Ryšys tarp didžiausio vandeninių suspensijų klamos ir bendro β -gliukanų kiekio įvairių veislių miežiuose.



3.4 pav. Ryšys tarp didžiausios miežių vandeninių suspensijų klamos ir tirpių β -gliukanų kiekio įvairių veislių miežiuose.

M. S. Izydorczyk, tirdamas belukščių miežių miltų vandeninių suspensijų klampą taip pat nenustatė stiprių priklausomybių tarp klampos ir bendro bei tirpių β -gliukanų kiekio, (atitinkamai, $R=0,70$ ir $R=0,49$). Buvo padaryta išvada, kad ir kiti veiksniai, tokie kaip miltuose esančių fermentų aktyvumas, taip pat gali turėti įtaką suspensijų klampai.

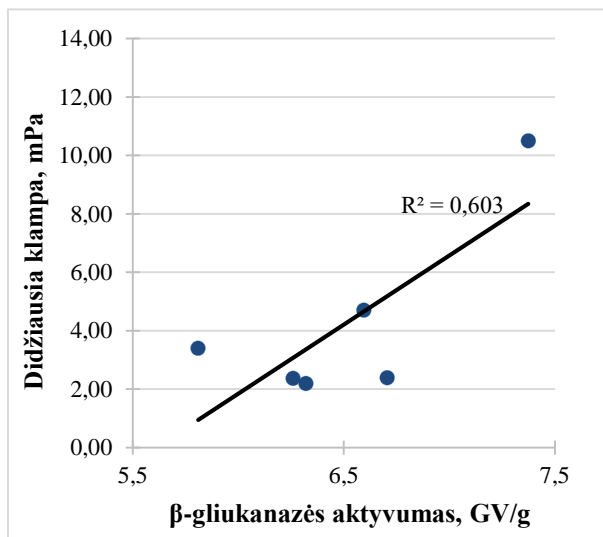
Todėl, papildomai buvo ieškomas ryšys tarp įvairių hidrolazių klasės fermentų (α -amilazės, β -ksilanazės, proteazės, β -gliukanazės) aktyvumų tirtuose miežių mėginiuose ir jų suspensijų klampos.



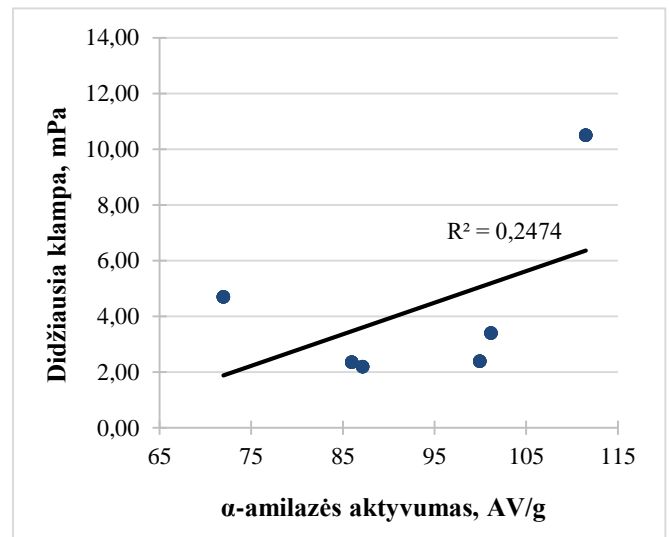
3.5 pav. α -amilazės (a), β -ksilanazės (b), proteazės (c), β -gliukanazės (d) aktyvumas įvairių veislių miežiuose.

Iš 3.5 pav. rezultatų matyti, kad didžiausiu α -amilazės aktyvumu pasižymėjo Luokė veislės miežiai (111,48 AV/g), mažiausiu – Noja DS (71,97 AV/g). Tyrimai parodė, kad β -ksilanazės aktyvumas kito panašiai visų veislių miežiuose – nuo 35,96 iki 40,38 KV/g. Didžiausias fermentų, skaidančių baltymus, aktyvumas nustatytas Christopher ir Kirsna DS veislėse (atitinkamai, 2,18 PV/g ir 1,84 PV/g), mažiausias – Aura DS ir Ema DS (atitinkamai, 0,38 ir 0,43 PV/g). β -gliukanazės aktyvumas kito nuo 5,81 GV/g iki 7,37 GV/g. Didžiausiu šio fermento aktyvumu pasižymėjo Luokė (7,37 GV/g), mažiausiu – Kirsna DS (5,81 GV/g). Galime teigti, kad miežių fermentiniai aktyvumai taip pat susiję su miežių veislės ypatumais.

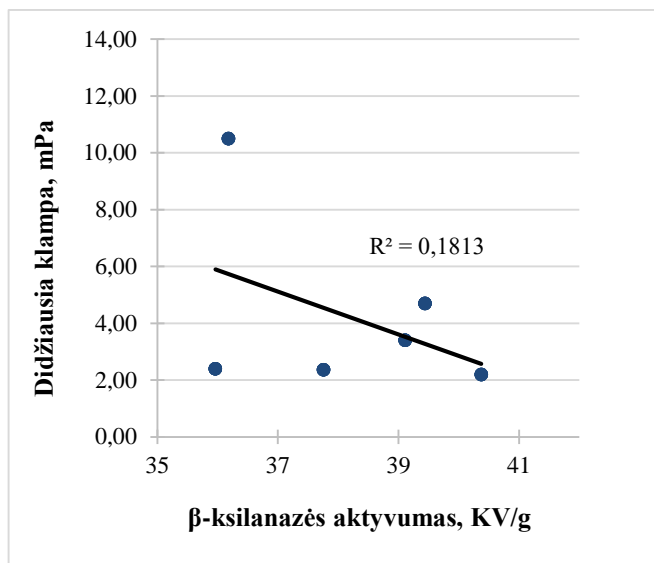
Iš 3.6 pav. pateiktų priklausomybių tarp tirtų fermentų aktyvumų ir miežių vandeninių suspensijų klamos matyti, kad tarp miežių suspensijos klamos ir β -gliukanazės aktyvumo nustatyta stipri tiesinė priklausomybė ($R=0,78$). Veikiant β -gliukanazei didėjo β -gliukanų tirpių hidrolizės produktų kiekis, kas didino suspensijos klampą. Tarp α -amilazės aktyvumo ir suspensijos klamos nustatytas vidutinio stiprumo ryšys ($R=0,50$). Fermentai, priklausantys krakmolą skaidančiųjų grupei hidrolizavo krakmolą, papildomai didindami miežių vandeninių suspensijų klampą. β -ksilanazės ir proteazės aktyvumas turėjo mažą įtaką klampai, nes nustatytas silpnas ryšys tarp šių fermentų aktyvumų ir miežių vandeninės suspensijos klamos (atitinkamai $R=0,42$ ir $R=0,30$).



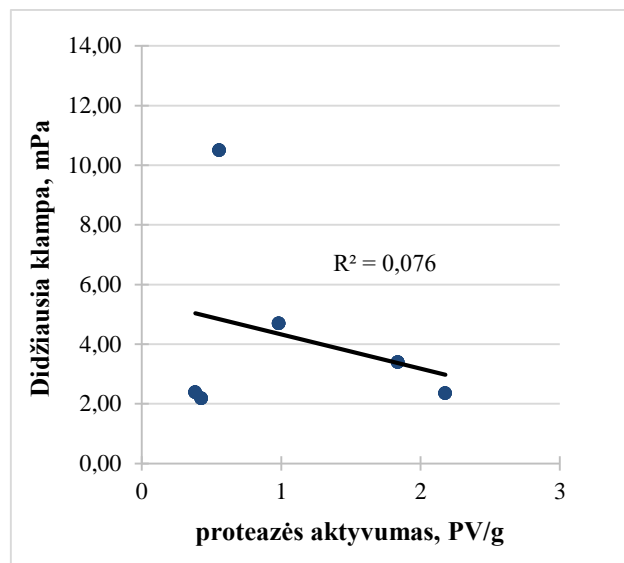
a



b



c



d

3.6 pav. Ryšys tarp didžiausios miežių vandeninių suspensijų klamos ir β-gliukanazės (a), α-amilazės (b), β-ksilanazės (c), proteazės (d) aktyvumų grūduose.

Įvertinus β-gliukanų ir jų vandeninių suspensijų klamos tyrimo rezultatus, tolimesniems fermentacijos įtaką β-gliukanų kiekiui ir ekstraktyvumui tyrimams pasirinkti Luokės veislės miežiai, kuriuose buvo vienas didžiausių bendras β-gliukanų kiekis ir tirpių β-gliukanų kiekis, (atitinkamai 3,07 ir 1,49 % s.m.). Be to šių miežių suspensija išsiskyrė didžiausia klampa. Atlikti palyginamieji kietafazės (KF) ir skystafazės (SF) miežių fermentacijos pieno rūgšties bakterijomis (PRB) tyrimai, (produkto drėgnis, atitinkamai 50 % ir 75 %).

3.2. Miežių pokyčiai fermentacijos pieno rūgšties bakterijomis metu

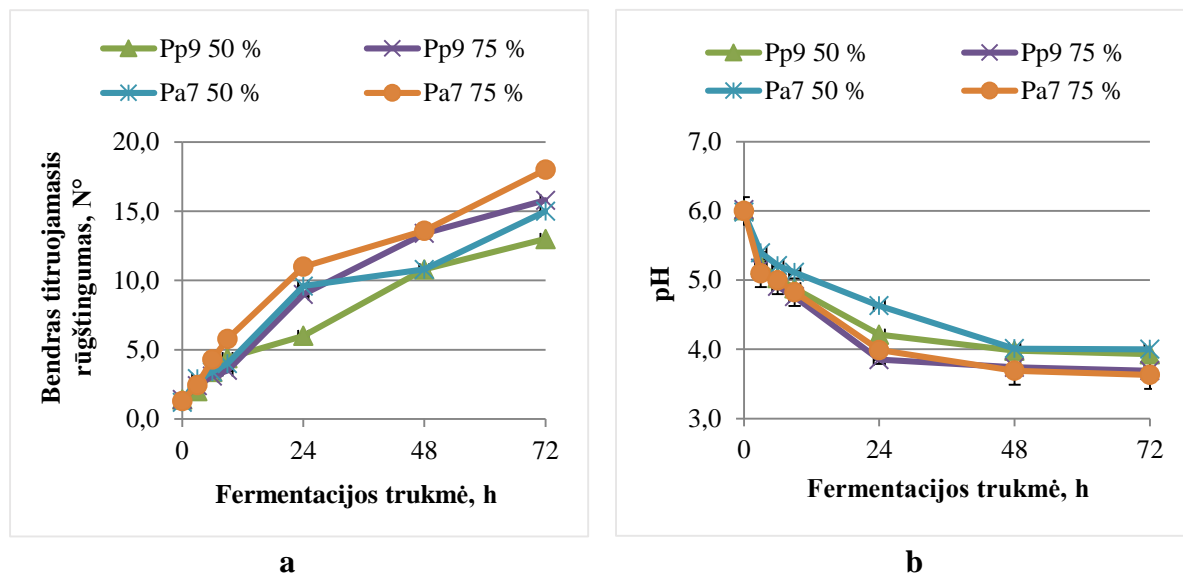
3.2.1. Bendro titruojamasis rūgštingumas ir pH

Apie PRB fermentacijos intensyvumą buvo sprendžiama pagal bendrojo titruojamojo rūgštingumo (BTR) ir pH kitimą fermentacijos metu (3.7 pav.).

Žinoma, kad rūgščių susidarymo intensyvumas fermentacijos metu priklauso nuo žaliavos ir terpės drėgnio bei naudojamų mikroorganizmų [117]. Tyrimo metu nustatyta, kad miežių produktai buvo tinkama terpė PRB ląstelių sintezei ir rūgščių gamybai. Abi tirtos PRB – *P. acidilactici* ir *P. pentosaceus* gerai adaptavosi šioje terpėje. Per 72 h BTR padidėjo nuo 1,28 iki 18,00 N°, o pH sumažėjo vidutiniškai nuo 6,02 iki 3,63 N°.

Iš 3.7 pav. pateiktų kreivių matyti, kad intensyviau procesas vyko SF fermentacijos metu. Šiuo atveju, fermentuojant miežius *P. pentosaceus* ir *P. acidilactici*, BTR padidėjo 91,14–92,78 %, o pH sumažėjo, atitinkamai 38,7–39,5 %. Tuo tarpu, taikant KF fermentaciją šiomis PRB, BTR padidėjo,

atitinkamai 89,2-92 %, o pH sumažėjo, atitinkamai 33,11–34,6 %. Intensyviausiai fermentacijos procesas vyko pirmas 24 h – pH sumažėjo nuo 6,02 iki 4,14, tolesnės fermentacijos metu pH sumažėjo tik nuo 4,5 iki 4,2.



3.7 pav. Bendro titruojamojo rūgštingumo (a) ir pH (b) kitimas miežių miltų kietafazės (50 % drėgnis) ir skystafazės fermentacijos (75 % drėgnis) *P. pentosaceus* (Pp9), *P. acidilactici* (Pa7) bakterijomis metu.

3.2.2. Fermentacijos įtaka β-gliukanų kiekiui ir vandeninių suspensijų klampai

Fermentacijos *P. acidilactici* ir *P. pentosaceus* bakterijomis metu nustatyti β-gliukanų kiekio pokyčiai miežių produktuose, pateikti 3.8 (a-d) pav.

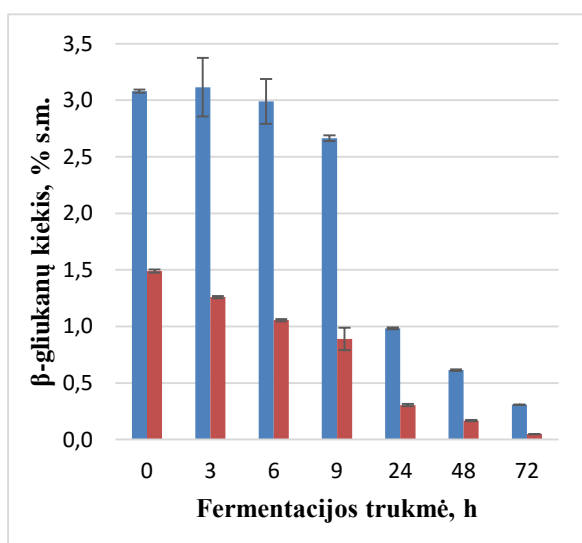
Analizuojant ilgą trukmės (72 h) fermentaciją, nustatyta neigiama jos įtaka β-gliukanų kiekiui. Jau po 24 h fermentacijos buvo suskaidyti beveik visi miežių miltuose esantys β-gliukanai. Bendras β-gliukanų kiekis 24 h fermentuotuose produktuose buvo 50,94–93,86 % mažesnis nei nefermentuotuose produktuose, tirpių β-gliukanų kiekis – 56,18–79,19 % mažesnis. Po 72 h fermentacijos nesuskaidyti liko 5,5–25,5 % β-gliukanų, o tirpių – 3,4–5,4 %, priklausomai nuo fermentacijos sąlygų ir naudotos PRB. Didesni β-gliukanų (tiek bendro, tiek ir tirpių) nuostoliai buvo, taikant SF fermentaciją ir *P. acidilactici* bakterijas.

Rezultatai sutampa su literatūroje pateiktais duomenimis, kad fermentacijos PRB metu β-gliukanų kiekis mažėja, o jų pokyčių intensyvumas priklauso nuo naudojamų mikroorganizmų. Didesnis β-gliukanų kiekio sumažėjimas siejamas su ilgesne PRB lag faze [118].

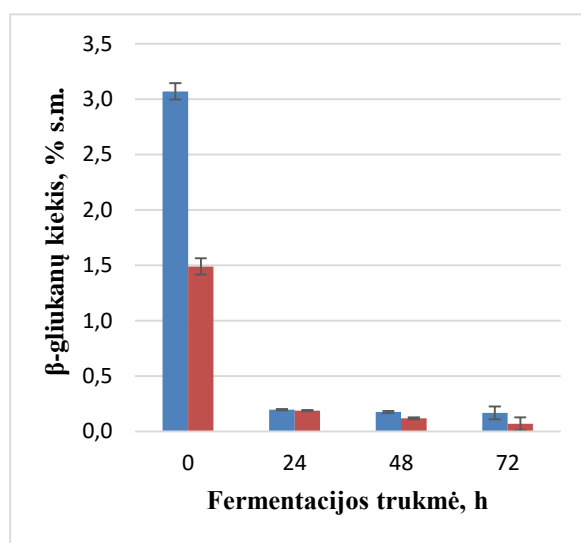
Įvertinus didelius β-gliukanų nuostolius ilgą fermentacijos metu, papildomai analizuoti šių junginių pokyčiai trumpą KF metu (0–9 h). Nustatyta, kad per pirmas 3 h fermentacijos, bendras β-gliukanų kiekis nekito, po to prasidėjo jų skaidymas tiek miežiuose, tiek PRB esančiomis β-

gliukozidazėmis. Po 9 h fermentacijos *P. acidilactici* bakterijomis bendras β -gliukanų kiekis sumažėjo – 13,63 %, *P. pentosaceus* – 12,6 %. Didesnis tirpių β -gliukanų kiekis liko produkte, fermentuotame *P. pentosaceus* (1,11 % s.m.), o mažiau - *P. acidilactici* (0,89 % s.m.).

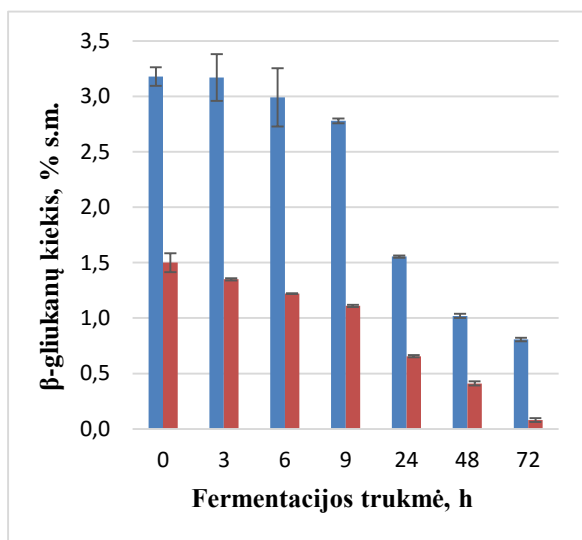
Pažymėtina, kad KF *P. pentosaceus* geriau tinka fermentuotų miežių produktų gamybai, nes gaunami mažesni β -gliukanų nuostoliai, todėl šias PRB būtų galima taikyti duonos gamyboje. Gauti rezultatai patvirtina literatūros duomenis, kad norint išsaugoti didesnę β -gliukanų kiekį, svarbu naudoti trumpą fermentaciją [119].



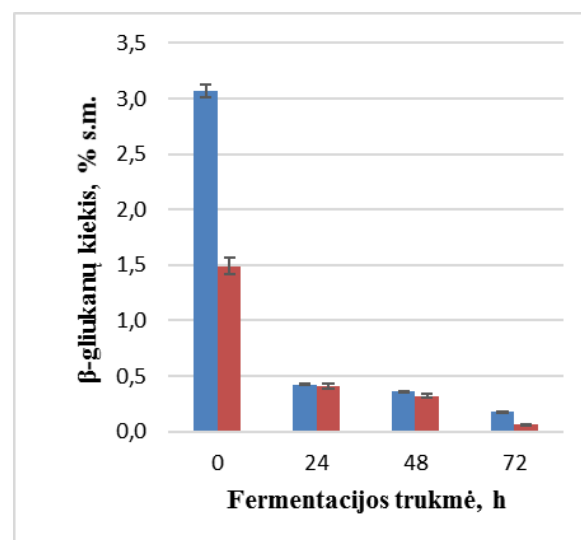
a



b



c



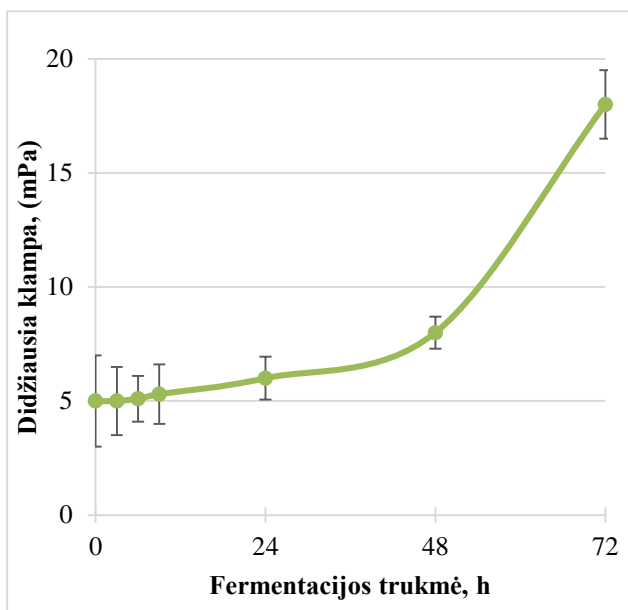
d

3.8 pav. Miežių bendro (■) ir tirpių (■) β -gliukanų kiekio pokyčiai kietafazės (a, c) ir skystafazės (b, d) fermentacijos Pa7 (a, b) ir Pp9 (c, d) bakterijomis metu.

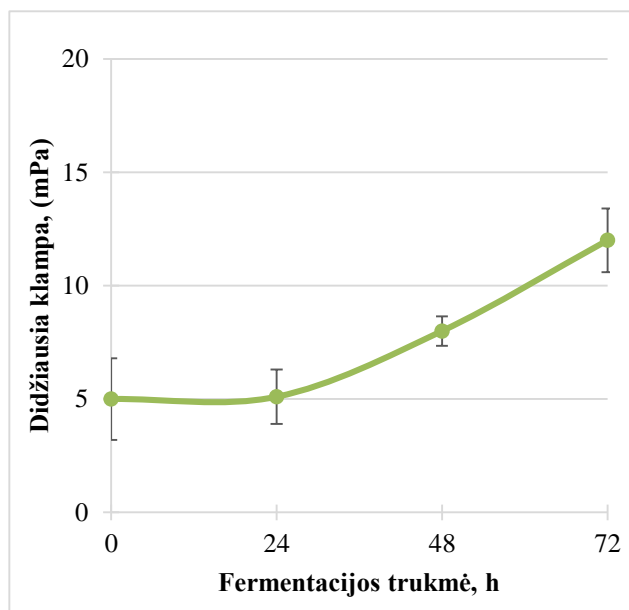
Kadangi, kaip jau buvo minėta, β -gliukanų biologinis aktyvumas susijęs su jų pajėgumu sudaryti klampus tirpalus, todėl papildomai įvertinta fermentacijos įtaka šiam rodikliui. Tyrimo rezultatai pateikti 3.9 pav.

Eksperimento metu, išryškėjo skirtinga tirtų PRB įtaka miežių suspensijų klampai. Fermentacijos *P. acidilactici* metu, suspensijų klamos pokyčiai pirmas 24 h buvo nežymūs, toliau fermentuojant iki 72 h klampa padidėjo: SF atveju – 51 %, KF – 71 %.

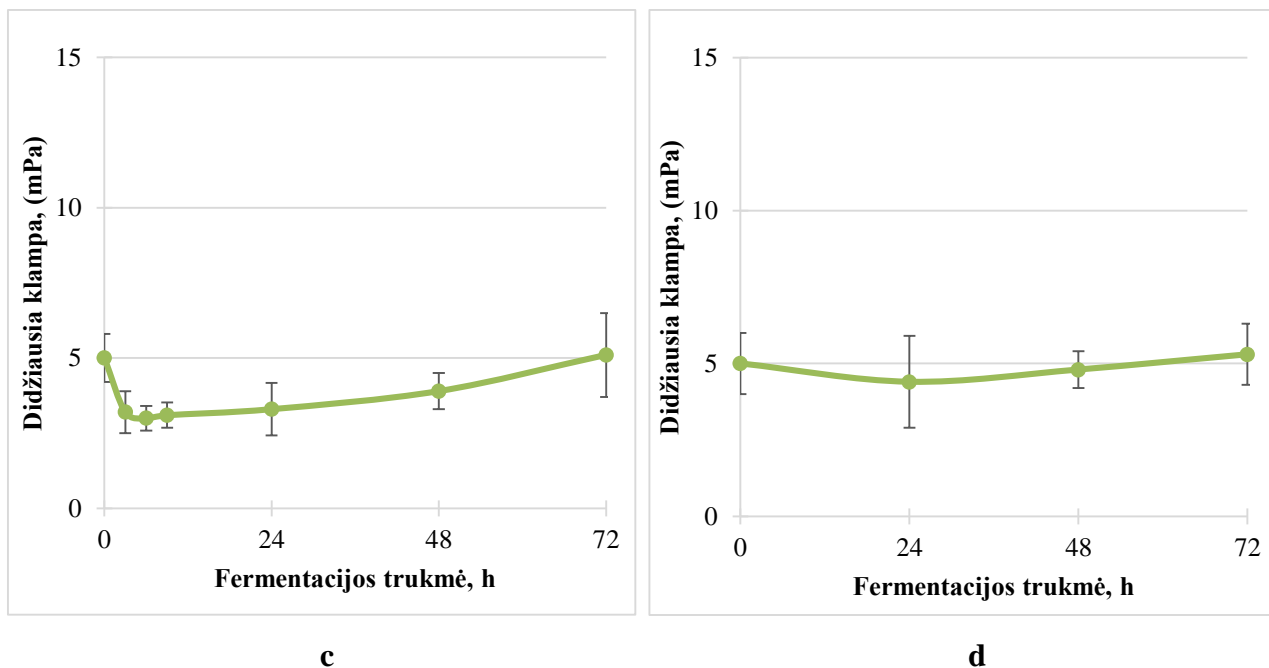
Skirtingos tendencijos pastebėtos, tiriant fermentacijos *P. pentosaceus* įtaką suspensijos klampai. Pradiniame fermentacijos etape (iki 24 h) miežių suspensijų klampa sumažėjo, taikant SF – 14 %, KF – 40 %, Tolesniame fermentacijos etape (iki 72 h) klampa didėjo, kaip ir fermentuojant *P. acidilactici*. SF metu suspensijos klampa padidėjo 18 %, o KF – 41 %. Nors β -gliukanų kiekis mažėjo viso fermentacijos proceso metu, galima daryti prielaidą, kad suspensijos klamos padidėjimas galėtų būti susijęs su kitų grūdų cheminės sudėties komponentų pokyčiais veikiant PRB fermentiniam kompleksui. Todėl sekančiame darbo etape buvo analizuota hidrolazių klasės fermentų aktyvumo kinetika miežių produktų fermentacijos metu.



a



b



3.9 pav. Miežių vandeninės suspensijos klamos pokyčiai taikant kietafazę (a, c) ir skystafazę (b, d) fermentaciją Pa7 (a, b) ir Pp9 (c, d) bakterijomis

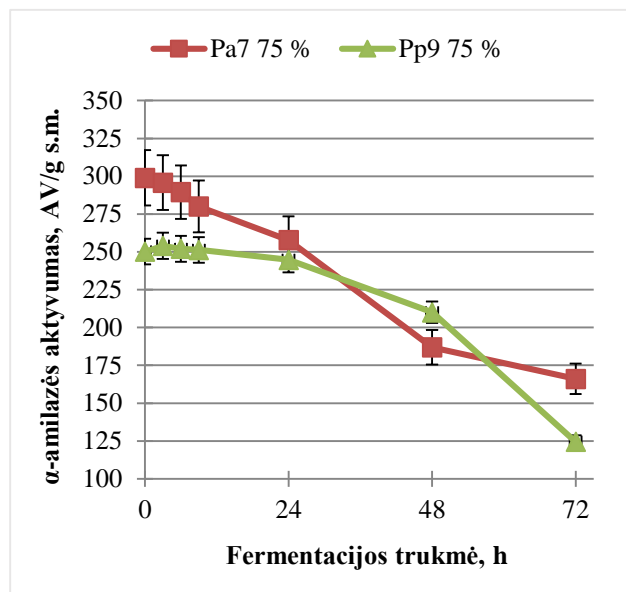
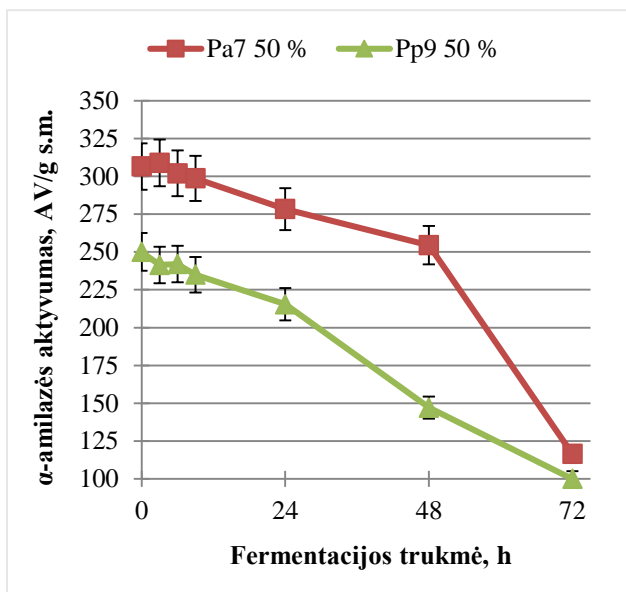
3.3. Hidrolazių klasės fermentų aktyvumo kinetika fermentuotuose miežių produktuose

Fermentų aktyvumo tyrimai aktualūs, siekiant pritaikyti fermentuotus miežių produktus duonos gamybai.

1) α -amilazė. α -amilazės yra svarbiausi angliavandenius hidrolizuojantys fermentai, plačiai naudojami miltų, tešlos ir duonos kokybei gerinti bei žiedėjimui lėtinti. Rezultatai, pateikti 3.10 pav., parodė, kad fermentacijos pradžioje didesniu amilaziniu aktyvumu išsiskyrė *P. acidilactici* bakterijos (306,54 AV/g), lyginant su *P. pentosaceus* (250 AV/g)

KF fermentacijos *P. acidilactici* ir *P. pentosaceus* metu α -amilazės aktyvumas intensyviai mažėjo ir po 72 h siekė, atitinkamai 116,54 AV/g ir 100,03 AV/g. SF fermentacijos metu pastebėta tokia pati α -amilazės aktyvumo mažėjimo tendencija, po 72 h *P. acidilactici* ir *P. pentosaceus* fermentuotuose produktuose jos aktyvumo vertės buvo, atitinkamai, 1,8 ir 2 kartus mažesnės už pradines vertes.

Apibendrinant rezultatus, pažymėtina, kad esant padidintam aktyvumui α -amilazės aktyvumui, krakmolo hidrolizė vyksta per daug intensyviai, kas turi neigiamą įtaką tešlos ir duonos kokybei. Ši neigiamą poveikį galima paaiškinti tuo, kad krakmolo hidrolizės metu susidaro per didelis kiekis dekstrinų, todėl didėja tešlos lipnumas, mažėja dujų susidarymo pajėgumas, taip pat blogėja kepinų kokybė, mažėja savitasis tūris ir akytumas, minkštimas įgauna lipnumo. Todėl būtina į tai atsižvelgti, renkantis miltus duonos gamybai.



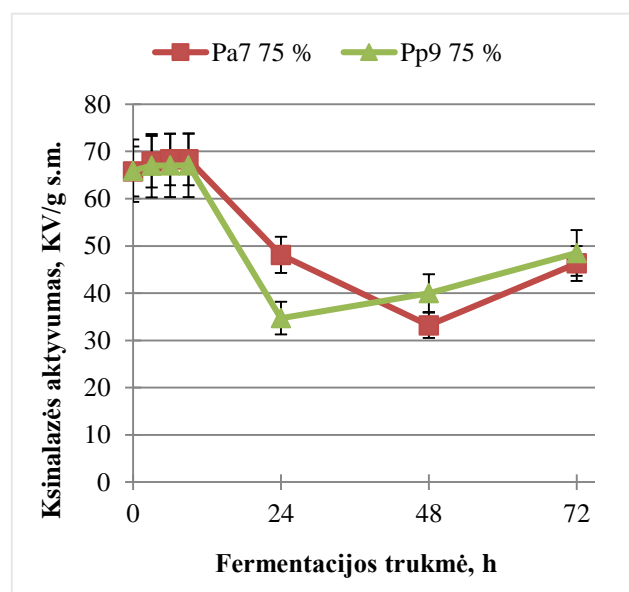
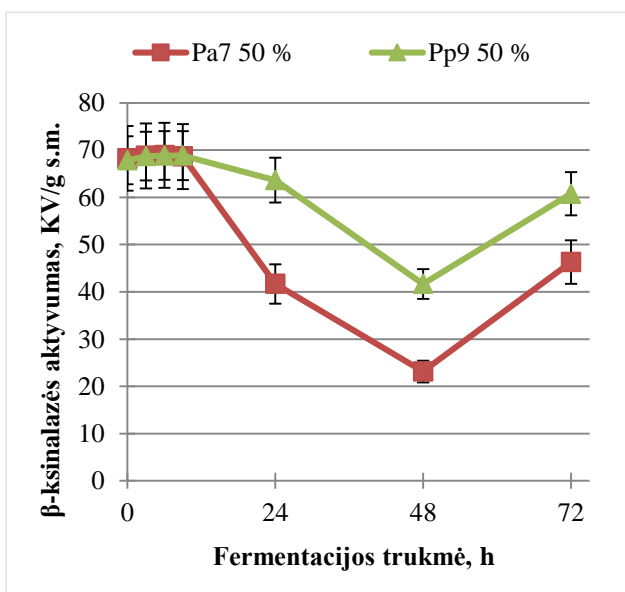
a

b

3.10 pav. α -amilazės aktyvumo pokyčiai KF (a) ir SF (b) fermentuotuose miežių produktuose.

2) β -ksilanazė. β -ksilanazės yra plačiai naudojamos kaip priedai tešlos formavimui ir stabilumui pagerinti, duonos tūriui ir minkštimo aktyvumui padidinti bei duonos šviežumui pailginti.

Tiriant β -ksilanazės aktyvumo kinetiką (3.11 pav.) nustatyta, kad PRB ksilanazinis aktyvumas fermentuojant iki 48 h mažėjo. Tolesnės fermentacijos iki 72 h metu – ėmė didėti. KF atveju *P. pentosaceus* išsiskyrė didesniu šio fermento aktyvumu nei *P. acidilactici*, o SF metu abiejų PRB ksinalazinis aktyvumas buvo analogiškas. Pažymėtina, kad pradiniam fermentacijos etape β -ksilanazės aktyvumo pokyčiai buvo nežymūs.

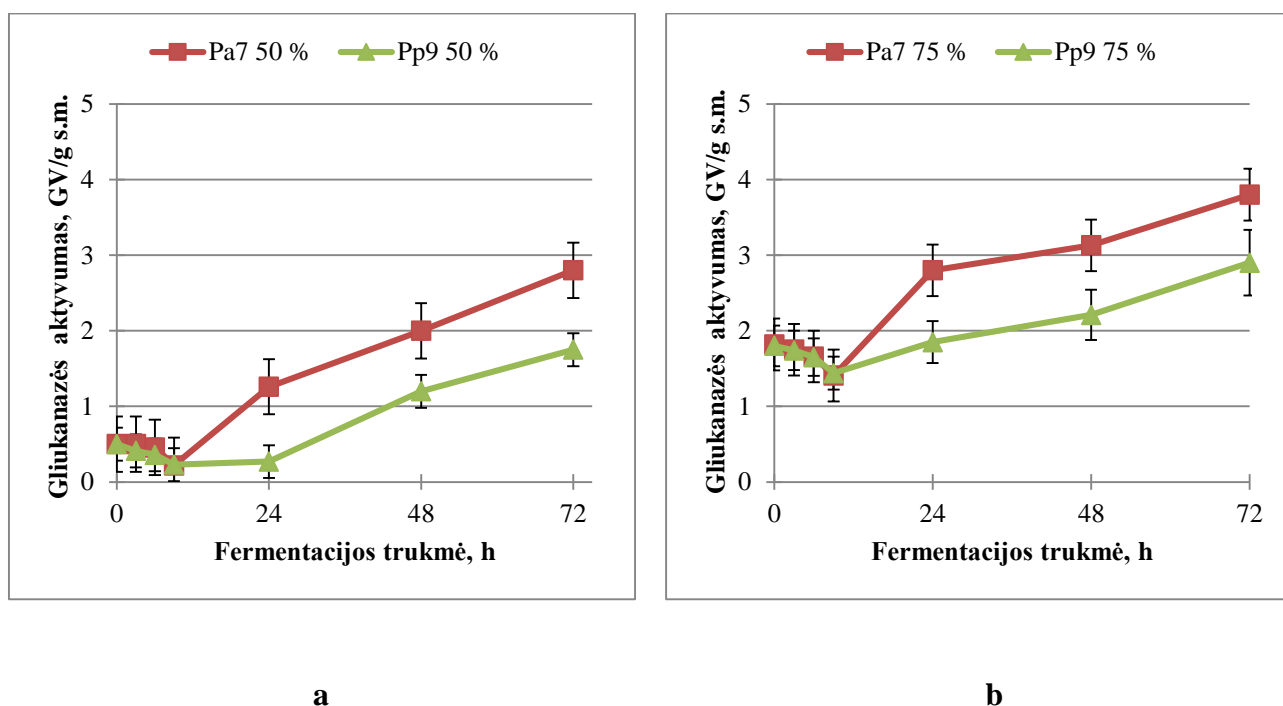


a

b

3.11 pav. β -ksilanazės aktyvumo pokyčiai KF (a) ir SF (b) fermentuotuose miežių produktuose.

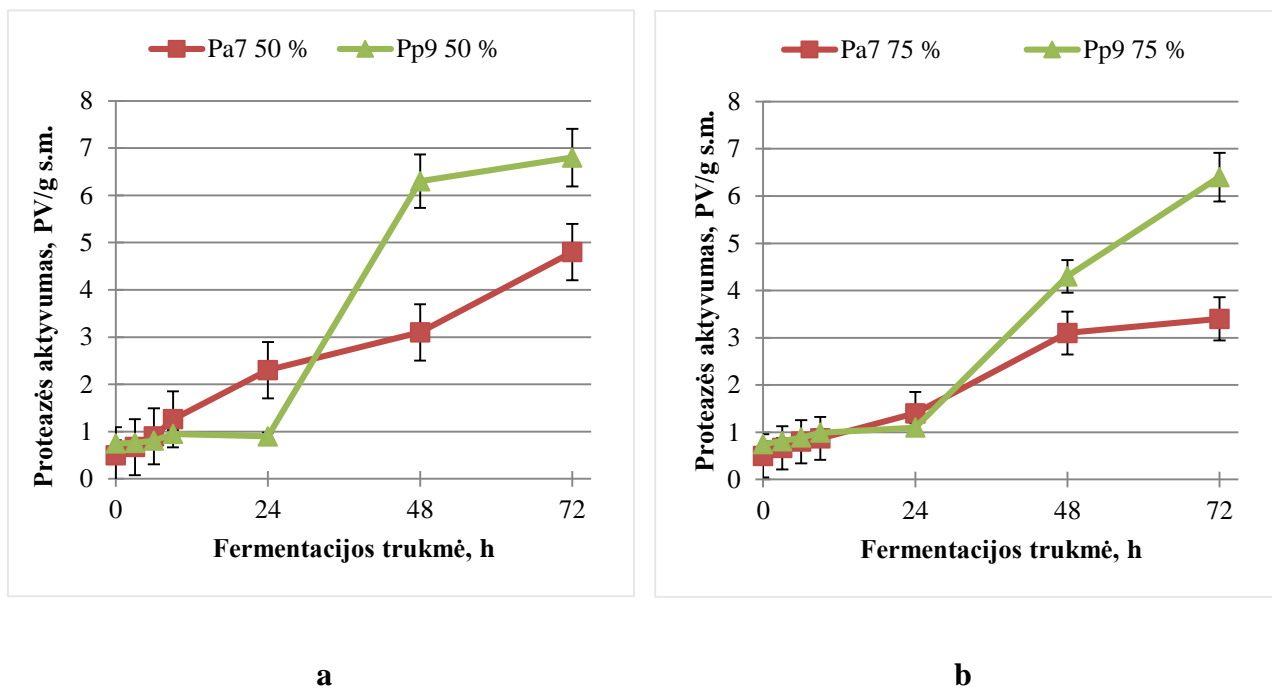
3) β -gliukanazė. Tiek KF, tiek ir SF fermentacijos atveju gliukanazės aktyvumo kinetika fermentuotuose miežių produktuose buvo panaši (3.12 pav.). Pirmomis fermentacijos valandomis (0–9 h) β -gliukanazės aktyvumo pokyčiai buvo nežymūs, toliau vykstant fermentacijai, jos aktyvumas didėjo ir po 72 h pasiekė: KF atveju – 1,86–2,9 GV/g. SF atveju – 2,9–3,9 GV/g. Esant didesniai terpės drėgnei SF, β -gliukozidazės pokyčiai buvo didesni. Lyginant tirtų PRB β -gliukanazės aktyvumą *P. acidilactici* išsiskyrė didesniu šio fermento aktyvumu nei *P. pentosaceus*.



3.12 pav. β -gliukanazės aktyvumo pokyčiai KF (a) ir SF (b) fermentuotuose miežių produktuose

4) Proteazė. Proteazės duonos gamyboje mažina energiją, reikalingą tešlos maišymui ir tešlos ruošimo trukmę, lėtina duonos žiedėjimą, gerina kepinų juslines savybes [120].

Iš eksperimento rezultatų, pateiktų 3.13 pav. matyti, kad *P. pentosaceus* ir *P. acidilactici* panašiai adaptavosi tirtoje miežių sistemoje, jų proteazinis aktyvumas fermentacijos metu didėjo. Didesni proteazės aktyvumo pokyčiai pastebėti *P. pentosaceus* fermentuotuose produktuose: proceso metu šio fermento aktyvumas padidėjo nuo 0,78 iki 6,80 PV/g KF atveju ir nuo 0,75 iki 6,4 PV/g SF atveju. Gauti rezultatai yra svarbūs pritaikant fermentuotus miežių produktus maisto pramonėje, kur padidintas proteazės aktyvumas gali sąlygoti baltymų hidrolizę ir sukelti su sauga susijusias problemas.



3.13 pav. Proteazės aktyvumo pokyčiai KF (a) ir SF (b) fermentuotuose miežių produktuose

3.4. Fermentuotų miežių produktų įtaka duonos kokybei

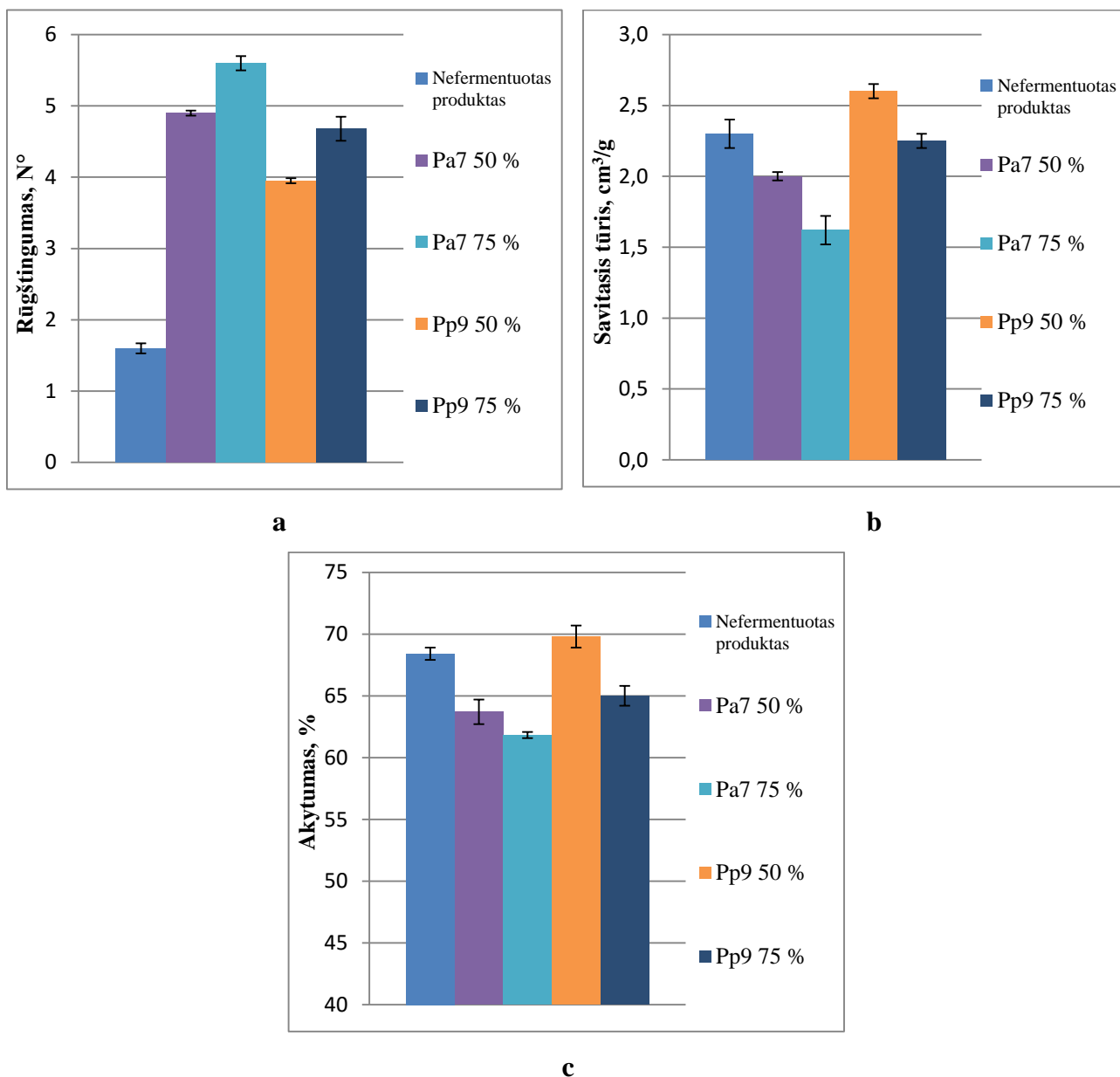
Didinant kvietinių kepinų maistinę vertę, siekiama juos praturtinti skaidulinėmis medžiagomis ir jų komponentais. Dalies kvietinių miltų keitimas miežiniais būtų vienas iš būdų padidinti šių medžiagų suvartojimą. Pakeitus 20 % kvietinių miltų miežiniais, tokį kepinį galima vadinti miežine duona. Tačiau mažinant kvietinių miltų kiekį receptūroje dažnai susiduriama su technologinėmis problemomis: sumažėja glitimo baltymų kiekis, blogėja dujų sulaikymo pajėgumas, kepinio minkštimo struktūra. Todėl, ieškant technologinių priemonių šias problemas spręsti, PRB fermentuoti miežių produktai (FMP), pagaminti tiek kietafazės, tiek skystafazės fermentacijos būdu (KFMP ir SFMP) buvo išbandyti miežinės duonos gamyboje jos kokybei pagerinti.

Eksperimento metu buvo tiriama fermentuotų miežių miltų, kuriais buvo pakeista 20 % kvietinių miltų, įtaka duonos minkštimo rūgštingumui, savitajam tūriui ir akytumui, tekstūrai bei juslinėms savybėms. Kaip kontrolinis analizuotas kepinys su 20 % nefermentuotų miežinių miltų.

Miežinės duonos rūgštingumo tyrimo rezultatai (3.14 a pav.) parodė, kad FMP didino kepinų rūgštingumą. Didžiausiu rūgštingumu pasižymėjo duona su *P. acidilactici* fermentuotas produktas (SFMP – 5,6 N° ir KFMP – 4,9 N°). Mažiausias minkštimo rūgštingumas pastebėtas kepinuose su nefermentuotais miltais (1,6 N°).

Fermentacijos metu nustatyta, kad FMP didino kepinų savitąjį tūrį (3.14 b pav.) ir minkštimo akytumą (3.14 c pav.). Didžiausiu savituoju tūriu ir minkštimo akytumu išsiskyrė, duona su *P.*

pentosaceus KFMP (atitinkamai, 2,62 cm³/g ir 69,8 %), mažiausiu – *P. acidilactici* SFMP (atitinkamai, 1,62 cm³/g ir 61,83 %). Pažymėtina, kad kepiniai su KFMP buvo 13,47–19,00 % didesnio tūrio ir 2,94–6,88 % didesnio minkštimo akytumo, negu su SFMP.

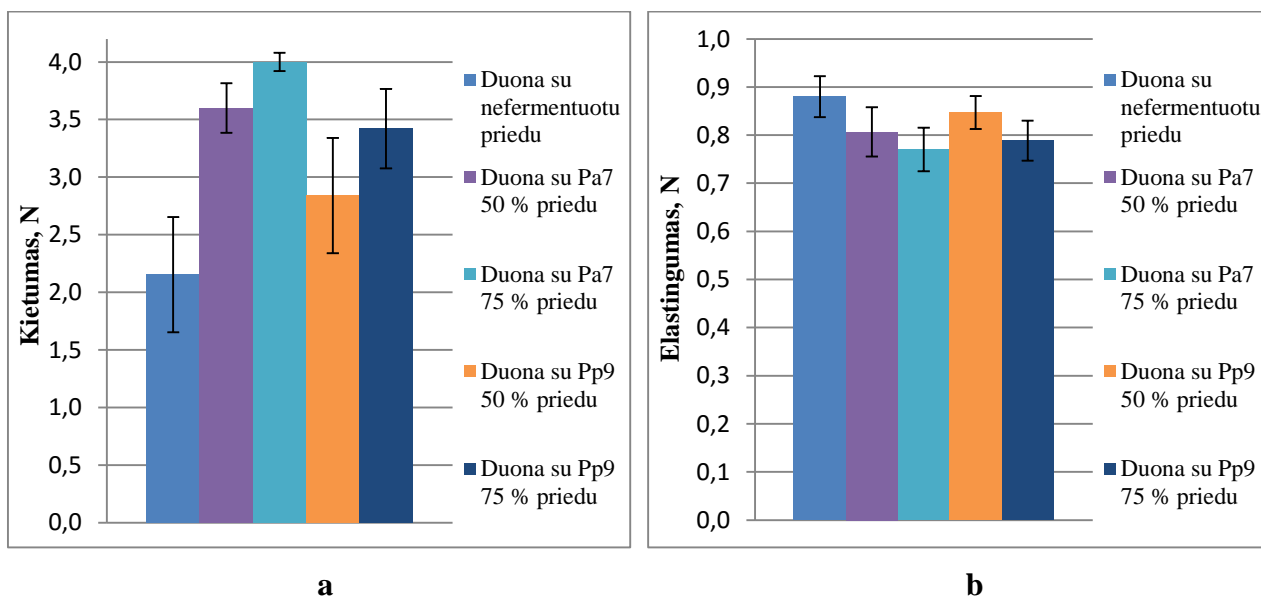


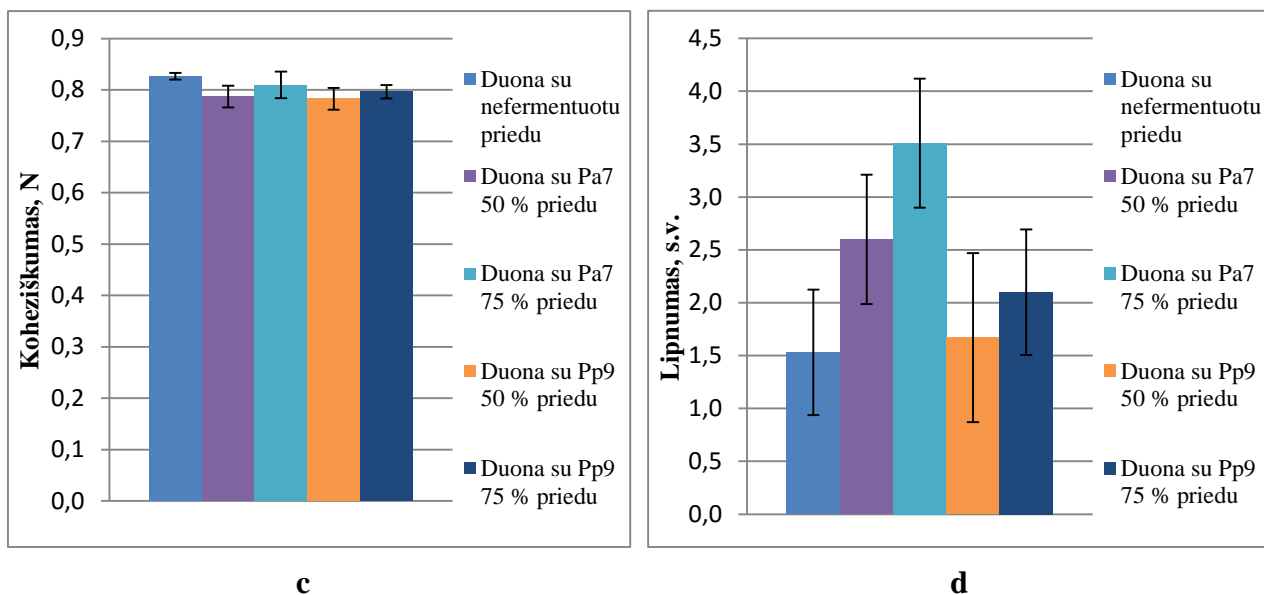
3.14 pav. Fermentuotų miežių produktų įtaka duonos titruojamajam rūgštingumui (a), savitajam tūriui (b) ir minkštimo akytumui (c)

Kepinių su FMP priedu, tekstūros rodiklių pokyčiai pateikti 3.15 pav. Iš eksperimento rezultatų matyti, kad FMP didino kepinų kietumą. Kepiniai su FMP buvo (23,9–84,9%) kietesni nei kepiniai su nefermentuotais miežių miltais. *P. acidilactici* FMP taip pat reikšmingai didino minkštimo lipnumą (SFMP – 133,3 %), (KFMP – 73,3 %). Pastebėta tendencija, kad FMP mažino elastingumą ir koheziškumą, bet šie skirtumai buvo nereikšmingi. Tyrimo rezultatai parodė, kad fermentacijos

terpės drėgnis taip pat turi įtaką kepinių kokybei. Didesni rodiklių pokyčiai, išskyrus elastingumą, nustatyti skystafazės fermentacijos atveju.

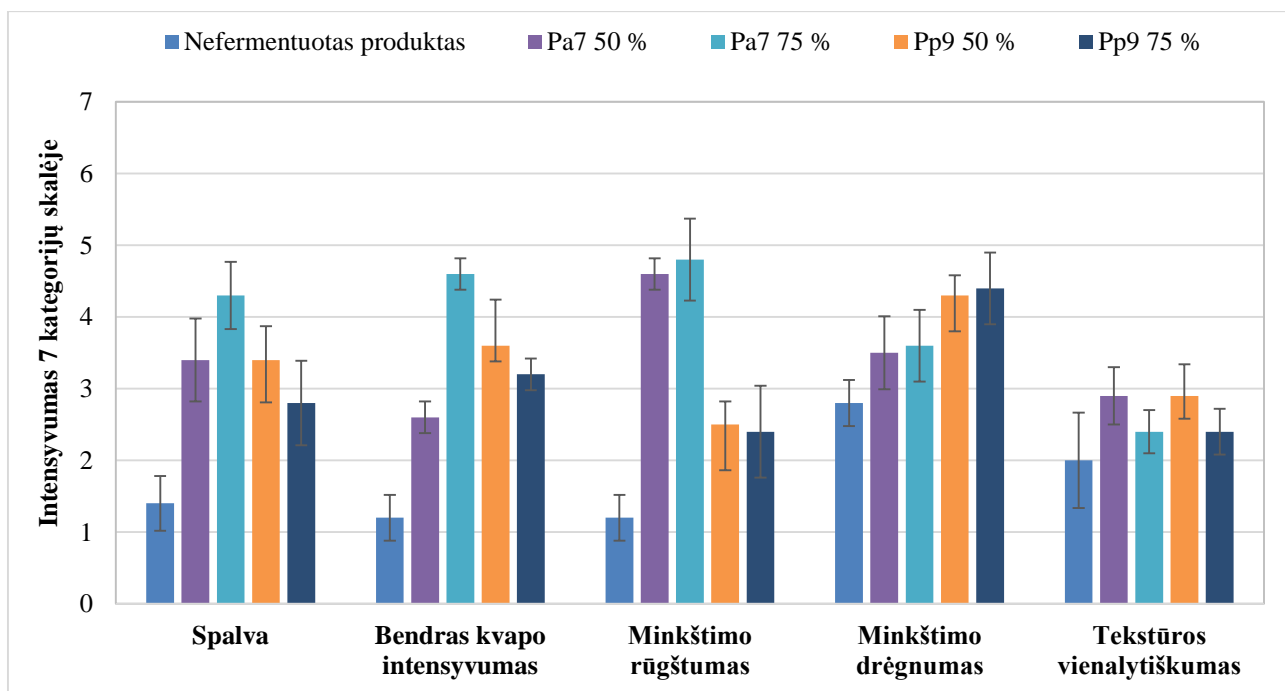
Literatūroje teigiama, kad glitimas ir vanduo turi įtaką avižinės duonos minkštimo tūriui ir kietumui [121]. Pieno rūgšties bakterijos atlieka svarbų vaidmenį duonos gamyboje. Pagrindinės jų funkcijos – suformuoti reikiamą rūgštingumą, užtikrinti optimalų aromatinių medžiagų kiekio susidarymą, pagerinti duonos išvaizdą, padidinti jos tūrį, taip pat minkštimo akytumą. Mokslininkai teigia, kad raugo įtaka kepinio tūriui ir kietumui susijusi su miltų proteolitinių fermentų aktyvavimu rūgštineje aplinkoje. Rūgštys ir proteazės didina glitimo baltymų tirpumą, tokiu būdu sumažina tešlos kietumą [118]. Tai gali turėti teigiamą ir neigiamą poveikį duonos tūriui ir žiedėjimui, priklausomai fermentacijos metu susidariusių rūgščių sudėties ir glitimo stiprumo [119]. Be to, proteolizė atpalaiduoja vandenį iš glitimo tinklo, o tai sąlygoja amilazės aktyvumo padidėjimą, pakeičia krakmolo ir kitų polisacharidų vandens absorbciją bei kitų endogeninių fermentų aktyvumą tešloje [122]. Galima teigti, kad didesnis Pa7 fermentuotų miežių produktų rūgštumas daugiau suintensyvino proteolizės procesą tešloje ir tai turėjo neigiamą įtaką kepinio tūriui ir kietumui, tuo tarpu naudojant mažesnio rūgštingumo Pp9 fermentuotą produktą, jo neigiamas poveikis kepinio kokybei buvo nežymus.





3.15 pav. Fermentuotų miežių produktų įtaka duonos tekstūrai: kietumui, (a), elastingumui, (b), koheziškumui (c), lipnumui (d)

Tiriant FMP priedų įtaką duonos jusliniams rodikliams, apklausta 20 vertintojų grupė. Vertintos penkios juslinės savybės ir bendras gaminio priimtinumas. Juslinės analizės rezultatai pateikti (3.16, 3.17 a ir b pav.).

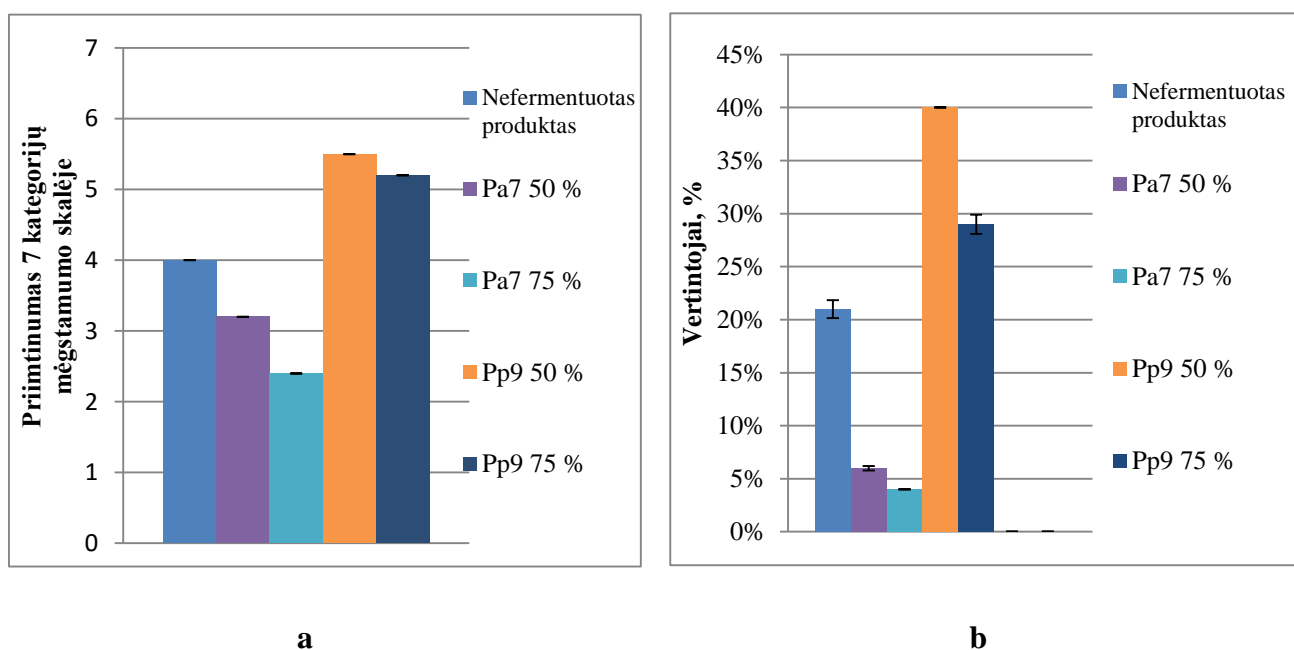


3.16 pav. Fermentuotų miežinių produktų įtaka duonos juslinėms savybėms

Juslinės analizės rezultatai (3.16 pav.) parodė, kad FMP turėjo įtaką visiems kepinų jusliniams rodikliams. Tamsiausia minkštimo spalva pasižymėjo kepinys su *P. acidilactici* SFMP (4,3 s.v.), taip

pat tamsi spalva buvo būdinga kepiniams su *P. acidilactici* KFMP (3,4 s.v.) ir *P. pentosaceus* KFMP (3,4 s.v.). Intensyviu kvapu pasižymėjo kepiniai su *P. acidilactici* SFMP (4,6 s.v.) ir *P. pentosaceus* KFMP (3,6 s.v.). Didžiausiu rūgštumu išsiskyrė kepiniai su *P. acidilactici* SFMP (4,8 s.v.) ir KFMP (4,6 s.v.). Kepiniams su *P. pentosaceus* KFMP ir SFMP buvo būdingas silpnas rūgštumas (atitinkamai 2,5 s.v. ir 2,4 s.v.). Vertinant minkštimo drėgnumą, didžiausiomis šio rodiklio vertėmis išsiskyrė kepiniai su *P. pentosaceus* SFMP (4,4 s.v.) ir KFMP (4,3 s.v.). Pastebėta tendencija, kad kepinų su KFMP tekstūra buvo vienalytiškesnė nei kepinų su SFMP. Kepiniams su nefermentuotų miežių miltų priedu buvo būdingos mažiausios visų tirtų rodiklių vertės. Tokiu būdu gauti rezultatai parodė, kad FMP suteikė kepiniai tamsesnę spalvą, intensyvesnį kvapą, minkštimo drėgnumą ir rūgštumą, didino minkštimo vienalytiškumą. Fermentacijos procesas gali turėti įtaką duonos trupumui, kvapo ir skonio intensyvumui, rūgštumui, aitrumui bei liekamajam skoniui. Katina ir kt. duomenimis, kvietinis raugas, esant ilgai fermentacijos trukmei ir aukštai temperatūrai, suintensyvino proteolizę, rūgščių kaupimąsi, lakiųjų junginių susidarymą, o tai padidino jaučiamą rūgštumo intensyvumą avižinėje – kvietinėje duonoje. Jų nuomone, aukšta fermentacijos temperatūra yra svarbiausias veiksnys, intensyvinantis duonos kvapą ir skonį [115].

Vertinant bendrą priimtinumą, vertintojams daugiausia patiko kepiniai su *P. pentosaceus* (KFMP – (5,5 s.v.) ir SFMP – (5,1 s.v.)), kuriems būdinga tamsi spalva, vidutiniškai intensyvus kvapas, silpnas minkštimo rūgštumas ir didžiausias minkštimo drėgnumas. Vidutiniškai patiko ir kepiniai su nefermentuotais miltais (4 s.v.). Vertintojams nepatiko kepiniai su *P. acidilactici* KFMP (3,2 s.v.) ir SFMP (2,2 s.v.), kurie išsiskyrė tamsiausia spalva, intensyviausiu kvapu ir minkštimo rūgštumu.



3.17 pav. Fermentuotų miežių produktų įtaka duonos priimtinumui (a) ir pirmumui (b)

Kepinių su priedais pirmumo vertinimo rezultatai (3.17 b pav.) parodo, kad daugiausiai, net 40 % vertintojų rinkęsi kepinį su *P. pentosaceus* KFMP, atitinkamai, 29 % – su *P. pentosaceus* SFMP kepinį, 21 % – su nefermentuotais miltais. Mažiausiai, atitinkamai, 6 % ir 4 % vertintojų, rinkęsi kepinį su *P. acidilactici* KFMP ir SFMP.

Apibendrinant juslinės analizės rezultatus, galima teigti, kad *P. pentosaceus* FMP vidutiniškai suintensyvino kepinio kvapą, rūgštingumą, padidino drėgnumo pojūtį ir turėjo teigiamą įtaką šioms juslinėms savybėms ir priimtinumui.

3.5. β -gliukanų pokyčiai kepimo metu

Kadangi β -gliukanai yra fiziologiškai svarbūs žmonių sveikatai, papildomai nustatytas bendras ir tirpių β -gliukanų kiekis kepinuose (žr. 3.3 lentelėje). Parinkti fermentuoto produkto gamybos parametrai (trukmė – 6 h, drėgnis – 50 %) neturėjo reikšmingą įtaką β -gliukanų kiekiui duonoje, lyginant su kepinium, pagamintu naudojant nefermentuotų miežių priedą. Duonoje su *P. acidilactici* ir *P. pentosaceus* FMP, bendras β -gliukanų kiekis, buvo, atitinkamai 0,70 g/100 g s.m. ir 0,79 g/100 g s.m., o su tik nefermentuotais miežių miltais – 0,72 g/100 g s.m.; t.y. tik 8,7 % mažiau nei miežinėje duonoje su *P. pentosaceus* FMP. Didesnis β -gliukanų kiekis kepinyje su *P. pentosaceus* KFMP gali būti paaiškintas nustatytais mažesniais šių junginių nuostoliais, fermentacijos metu. Eksperimento metu naudoti duonos gamybos parametrai užtikrino nedidelius β -gliukanų nuostolius (lyginant su jų kiekiu miltuose). Tai sutampa su Anderson pateiktais duomenimis, kad kepimo procesas neturi įtaką β -gliukanų skaidymui [88]. Nustatyta, kad mielės, fermentacijos temperatūra, tešlos drėgnis taip pat neturėjo jokios reikšmės β -gliukanų skaidymui. Mokslininkų nuomone, endogeninės gliukanazės aktyvumas miltuose ir jos veikimo trukmė tešloje (maišymo, fermentacijos ir kildinimo metu) yra svarbiausi veiksniai, apsprendžiantys β -gliukanų skaidymą duonos gamybos metu. Tačiau, mokslininkų nuomone, duonos gamybos metu keičiasi β -gliukanų molekulinė masė – mažėja didelės molekulinės masės ($M_w > 1 \cdot 10^6$) ir didėja mažos molekulinės masės ($M_w > 2 \cdot 10^5$) β -gliukanų kiekis [123]. Norint nustatyti sudarytos technologijos įtaką β -gliukanų molekulinei masei, reikalingi tolimesni tyrimai.

3.3 lentelė. β -gliukanų kiekis miežių miltuose ir miežinėje duonoje

	Miežių miltai	Kviečių miltai	Miežinė duona su <i>P. acidilactici</i> KFMP	Miežinė duona su <i>P.pentosaceus</i> KFMP	Miežinė duona su nefermentuotu produktu
Bendras β -gliukanų kiekis					
g/100 g s.m.	3,07 ± 0,05	0,26 ± 0,01	0,70 ± 0,04	0,79 ± 0,03	0,72 ± 0,05
g/100 g* (drėgnio)	2,72	0,23	0,39	0,44	0,40
Tirpių β -gliukanų kiekis					
g/100 g s.m.	1,49 ± 0,02	–	0,39 ± 0,03	0,44 ± 0,05	0,43 ± 0,07
g/100 g* (drėgnio)	1,32	–	0,22	0,25	0,24
Drėgnis: miežių miltų – 11,38 %, kviečių miltų – 12,1 %, duonos su Pa7 KFMP – 43,9 %, duonos su Pp9 KFMP – 44,3 %, duonos su nefermentuotu miežių produktu – 44,1 %.					

IŠVADOS

1. Atlikus Lietuvoje auginamų veislių miežių cheminės ir fizikinių charakteristikų tyrimus, nustatyta:
 - 1.1. Tirti miežiai pasižymėjo nedideliu β -gliukanų kiekiu, kuris kito nuo 2,15 % iki 3,17 % s.m. Didžiausiu bendru β -gliukanų kiekiu išsiskyrė Christopher (3,11 %) ir Luokė (3,07 %) miežiai.
 - 1.2. β -gliukanų tirpumas ir ekstraktyvumas priklausė nuo genotipo ypatumų. Didžiausiu tirpių β -gliukanų kiekiai buvo Luokė (1,49 %) ir Noja DS (1,32 %) miežiuose. Tarp tirpių ir bendro β -gliukanų kiekio nustatyta vidutinė tiesinė priklausomybė ($R=0,72$).
 - 1.3. Didžiausią įtaką miežių vandeninių suspensijų klampai turėjo tirpių β -gliukanų kiekis ($R=0,68$) ir miežių β -gliukanazės aktyvumas ($R=0,78$).
2. Miežių fermentacijos *P. acidilactici* ir *P. pentosaceus* tyrimai parodė:
 - 2.1. Ilga fermentacijos trukmė turėjo neigiamą įtaką β -gliukanų kiekiui. Po 24 h fermentacijos β -gliukanų kiekis sumažėjo 50,94–93,48 %, po 72 h – 74,5–96,6 %. Didesni β -gliukanų (tiek bendro, tiek ir tirpių) nuostoliai buvo taikant skystafazę fermentaciją ir *P. acidilactici* bakteriją.
 - 2.2. Trumpos fermentacijos metu (9 h) β -gliukanų pokyčiai sudarė 12,6–13,6 %. *P. pentosaceus*, taikant kietafazę fermentaciją, suskaidė mažiausiai β -gliukanų, todėl būtų galima šiomis bakterijomis fermentuotų produktų derinį pritaikyti duonos produktų gamyboje, siekiant išsaugoti didesnę kiekį naudingų miežių β -gliukanų.
 - 2.3. Fermentacijos metu mažėjo α -amilazės aktyvumas, didėjo β -gliukanazės ir proteazės aktyvumai, β -ksilanazės aktyvumo pokyčiai buvo nevienareikšmiai (mažėjo iki 48 h, po to didėjo). Fermentų aktyvumo pokyčiai buvo didesni esant didesniam terpės drėgnumui (skystafazė fermentacija), bakterijos *P. acidilactici* išsiskyrė didesniais β -gliukanazės, α -amilazės, o *P. pentosaceus* – proteazės ir β -ksilanazės aktyvumais.
3. Atlikus bandomuosius miežinės duonos, kurioje 20 % kvietinių miltų pakeista miežių produktais, kepinus nustatyta:
 - 3.1. Miežių produktų fermentacija skirtingomis pieno rūgšties bakterijomis turėjo nevienareikšmę įtaką kepinio kokybei. Lyginant su nefermentuotais miltais, *P. pentosaceus* fermentuotas produktas padidino kepinio savitąjį tūrį (13,0 %), akytumą (2,1 %), tuo tarpu *P. acidilactici* sumažino šio kepinio rodiklius. Vertintojams daugiausia patiko šviesia ar vidutiniškai tamsia minkštimo spalva, vidutinio intensyvumo kvapu, silpnu minkštimo rūgštumu ir didesniu minkštimo drėgnumu pasižymintys kepiniai, kurie buvo pagaminti su *P. pentosaceus* fermentuotu miežių produktu, vidutiniškai įvertinti kepiniai su nefermentuotais miežių miltais, o prasčiausiai – su *P. acidilactici*.

3.2. Parinkti miežių produktų fermentacijos ir duonos gamybos parametrai (trukmė, drėgnis) neturėjo reikšmingą įtaką β -gliukanų kiekiui miežinėje duonoje. Kepiniai su *P. pentosaceus* FMP buvo 8,7 % didesnio bendro β -gliukanų kiekio negu miežinės duonos su nefermentuotu miežių produktu. Įvertinant tai, fermentuotus *P. pentosaceus* produktus galima rekomenduoti miežinės duonos gamybai.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Akar, T., Avc, M. Barley: Post-Harvest Operations [interaktyvus] [žiūrėta 2015 04 25]. Prieiga per internetą:
http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/inpho/docs/Post_Harvest_Compndium_-_BARLEY.pdf
2. Limberger-Bayer, V. M., De Francisco, A. Chan, A. ir kt. Barley β -glucans extraction and partial characterization. Food Chemistry. 2014, 154, 84-89.
3. Brennan. Effects of β -glucan fractions from barley on structure, texture, sensory characteristics and nutritional value of processed cereal foods. [interaktyvus] [žiūrėta 2015-06-09]. Prieiga per internetą:
http://cereals.ahdb.org.uk/media/336053/346_complete_final_report.pdf
4. Jaskari, J., Kontula, P., Siitonen, A. ir kt. Oat beta-glucan and xylan hydrolysates as selective substrates for Bifidobacterium and Lactobacillus strains. Applied Microbiology and Biotechnology. 1998, 49, 175-181.
5. Stark, A., Madar, Z. Dietary fiber. In: Goldberg, I., Functional Foods: Designer Foods, Pharmafoods, Nutraceuticals. Chapman and Hall. 1994, 183-201.
6. Gallaher, D.D. Dietary fiber and its physiological effects. In: Schmidt, M., Labuza, T.P. Eds. Essentials of Functional Foods. Aspen Publisher. 2000.
7. Rosemary, K., Newman, C., Newman, W. Barley for food and health. Science, Technology, and Products. New Jersey. 2008, pp. 243. ISBN 978-0-470-10249-7.
8. Miller, S. S., Fulcher, R. G. Distribution of (1-3),(1-4)- β -D-glucan in kernels of oats and barley using micro spectrofluorometry. Cereal Chemistry. 1994, 71, 64-68.
9. Charles S. Brennan, Louise J. Cleary. The potential use of cereal (1/3,1/4)- β -D-glucans as functional food ingredients. Journal of Cereal Science. 2005, 42, 1-13.
10. Rieder, A., Holtekjolen, A. K. Effect of barley and oat flour types and sourdoughs on dough rheology and bread quality of composite wheat bread. Journal of Cereal Science. 2012, 55, 348-357.
11. Byung-Kee Baik, Ullrich, S. E. Barley for food: Characteristics, improvement, and renewed interest. Journal of Cereal Science. 2008, 48, 233-242.
12. Wood, P.J., Cereal β -glucans: structure, properties and health claims. In: McCleary, B.V., Prosky, L. Eds. Advanced Dietary Fibre Technology. Blackwell Science. 2001, 315-327.

13. De Man, W., Dondeyne, P. Effect of nitrogen fertilization on protein content, total acid content and composition of barley (*Hordeum vulgare*) grains. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 1985, 36, 186-190.
14. Kleinhofs, A., and Han, F. Molecular mapping of the barley genome. P. 31-63 in: *Barley Science: Recent Advances from Molecular Biology to Agronomy of Yield and Quality*. G. A. Slafer, J. L. Molena-Cano, R. Savin. Eds. Haworth Press, Binghamton. 2002.
15. Groupy, P., Hugues, M., Boivin, J. P. Antioxidant compounds and activity of barley (*Hordeum vulgare*) and malt extracts. P. 445-451 in: *Proc. Cannes EBC Congress*. 1999.
16. Lampi, A-M., Moreau, R. A., Piironen. Pearling barley and rye to produce phytosterol-rich fractions. *Lipids*. 2004, 39, 783-787.
17. Wood, P.J. Oat and Rye β -glucan: Properties and Function. *Cereal Chemistry*. 2010, 87, 315-321.
18. Lambo, A.M., Oste, R., Nyman, M.E.G. Dietary fibre in fermented oat and barley β -glucan rich concentrates. *Food Chemistry*. 2005, 89, 283-293.
19. Izydorczyk, M. S., Storsley, J. Variation in total and soluble β -glucan content in hullless barley: effect of thermal, physical and enzymic treatments. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 2000, 48, 982-989.
20. Gajdosova, A., Petrulakova, Z. The content of water-soluble and water-insoluble β -D-glucans in selected oats and barley varieties. *Science Direct*. 2007, 70, 46-52.
21. Woodward, J. R., Fincher, G. B. Water soluble barley β -glucans: fine structure, solution behavior and organization in the cell wall. *The Brewers digest journal*. 1983, 58, 28-32.
22. Greenberg, I. C., Whitmore, E. T. A rapid method for estimating the viscosity of barley extracts. *The Journal of The Institute of Brewing*. 1974, 80, 31-37.
23. Morgan, A. G. The relationship between barley extract viscosity curves and malting quality. *The Journal of The Institute of Brewing*. 1977, 83, 231-238.
24. Bhatti, R. S. β -Glucan content and viscosities of barleys and their roller-milled flour and bran products. *Cereal Chemistry*. 1992, 69, 469-474.
25. Skendi, A., Biliaderis, C.G., Lazaridou, A., Izydorczyk, M.S., Structure and rheological properties of water soluble β -glucans from oat cultivars of *Avena sativa* and *Avena bysantina*. *Journal of Cereal Science*. 2003, 38, 15-31.
26. Wood, P.J., Cereal β -glucans: structure, properties and health claims. In: McCleary, B.V., Prosky, L. Eds. *Advanced Dietary Fibre Technology*. Blackwell Science. 2001, 315-327.

27. Tosh, S. M., Wood, P. J., Wang, Q., Wesz, J. Structural characteristics and rheological properties of partially hydrolysed oat β -glucan: the effect of molecular weight and hydrolysis method. *Carbohydrate Polymers*. 2004, 55, 425-436.
28. Lazaridou, A., Biliaderis, C.G., Micha-Screttas, M., Steele, B.R. A comparative study on structure-function relations of mixed-linkage (1/3), (1/4) linear beta-D-glucans. *Food Hydrocolloids*. 2004, 18, 837-855.
29. McIntosh, G. H., Whyte, J., McArthur ir kt. Barley and wheat foods. Influence on plasma cholesterol concentrations in hypercholesterolemic men. *Journal of Clinical Nutrition*. 1991, 53, 1205-1209.
30. Juntunen, K.S., Niskanen, L.K., Liukkonen, K.H ir kt. Postprandial glucose, insulin, and incretin responses to grain products in healthy subjects. *American Journal of Clinical Nutrition*. 2002, 75, 254-262.
31. Cheol-Heui, Y., Estrada, A., Van Kessel, A., Byung-Chul, P. I., Laarveld, B. Beta-glucan, extracted from oat, enhances disease resistance against bacterial and parasitic infection. *Fems Immunology and Medical Microbiology*. 2003, 35, 67-75.
32. Bhatt, R.S. Laboratory and pilot plant extraction and purification of beta-glucans from hull-less barley and oat brans. *Journal of Cereal Science*. 1995, 22, 163-170.
33. Johansson, L., Tuomainen, P., Ylinen, M., Ekholm, P., Virkki, L. Structural analysis of water-soluble and insoluble β -glucans of whole-grain oats and barley. *Carbohydrate Polymers*. 2004, 58, 267-274.
34. Wood, P. J. Weisz, J. Use of Calcoflour in analysis of oat beta-D-glucan. *Cereal Chemistry*. 1984, 61, 73-84.
35. McCleary, B. V. Glennie-Holmes, M. Enzymic quantification of (1-3),(1-4)-b-D-glucan in barley and malt. *The Journal of The Institute of Brewing*. 1985, 91, 285-291.
36. MacGregor, A. W., Fincher, G. F. Carbohydrates of the barley grain. in *Barley: Chemistry and Technology*. A. W. MacGregor, R. S. Bhatt. American Association of Cereal Chemists. 1993, 61, 73-130.
37. Ajithkumar, A., Andersson, R., Christerson, T. Amylose and β -glucan content of new waxy barleys. *Starch Starke Journal*. 2005, 57, 235-239.
38. Fastnaught, C. E. Barley fiber. *Handbook of Dietary Fiber*. S. S. Cho, and M. L. Dreher, Eds. Marcel Dekker. New York. 2001, 519-542.
39. Roubroeks, J.P., Andersson, R., Åman P. Structural features of (1 \rightarrow 3),(1 \rightarrow 4)- β -d-glucan and arabinoxylan fractions isolated from rye bran. *Carbohydrate Polymers*. 2000, 42, 3-11.

40. Bendelow, V. M. Determination of non-starch polysaccharides in barley breeding programmes. *The Journal of The Institute of Brewing*. 1975, 81, 127-130.
41. Aastrup, S. The effect of rain on the β -glucan content in barley grains. *Carlsberg Res Commun journal*. 1979, 44, 381-393.
42. Fastnaught, C. E. Barley fiber. *Handbook of Dietary Fiber*. S. S. Cho, and M. L. Dreher, eds. Marcel Dekker. New York. 2001, 519-542.
43. Stuart, I. M., Loi, L., Fincher, G. B. Varietal and environmental variation in (1-3,1-4)- β -glucan levels and (1-3,1-4)- β -glucanase potential in barley: Relationship to malting quality, *Journal of Cereal Science*. 1988, 7, 61-67.
44. Genç, H., Ozdemir, M., Demirbas, A. Analysis of mixed-linked (1 \rightarrow 3), (1 \rightarrow 4)- β -d-glucans in cereal grain from Turkey. *Food Chemistry*. 2001, 73, 221-224.
45. Duchanova, P. Polakovičova. Characterization and selection of cereals for preparation and utilization of fermented fiber – betaglucan product. *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*. 2013, 32, 1384-1404.
46. Dongowski, G., Huth, M., Gebhardt, E. Steroids in the intestinal tract of rats are affected by dietary fibre-rich barleybased diets. *British Journal of Nutrition*. 2003, 90, 895-906.
47. Virkki, L., Johansson, L., Ylinen, M., Maunu, S., Ekholm, P. Structural characterization of water-insoluble nonstarchy polysaccharides of oats and barley. *Carbohydrate Polymers*. 2005, 59, 357-366.
48. Anttila, H., Sontag-Strohm, T., Salovaara, H. Viscosity of beta-glucan in oat products. *Agricultural and Food Science*. 2004, 13, 80-87.
49. Weightman, R.M., Heywood, C., Wade, A., South, J. B. Relationship between grain (1 \rightarrow 3,1 \rightarrow 4)- β -glucan concentration and response of winter-sown oats to contrasting forms of applied nitrogen. *Journal of Cereal Science*. 2004, 40, 81-86.
50. Havrlentová, M., Kraic, J. Content of beta-d-glucan in cereal grains. *Journal of Food Research and Nutrition*. 2006, 45, 97-103.
51. Holtekjølen, A.K., Uhlen, A.K., Brathen, E.S., Sahlstrom, S., Knutsen, S.H. Contents of starch and non-starch polysaccharides in barley varieties of different origin. *Food Chemistry*. 2006, 94, 348-358.
52. Zhang, G., Wang, J., Chen, J. Analysis of β -glucan content in barley cultivars from different locations of China. *Food Chemistry*. 2002, 79, 251-254.
53. Grausgruber, H., Saile, C., Ghambashidze, G., Bolyos, L., Ruckenbauer, P. Genetic Variation in Agronomic and Qualitative Traits of Ancient Wheats. *Genetic Variation for Plant Breeding*. 2004, 40, 19-22.

54. Wood, P. J., Braaten, J. T. ir kt. Comparisons of viscous properties of oat and guar gum and the effects of these and oat bran on glycemic index. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 1990, 38, 753-759.
55. Braaten, J. T., Wood, P. J., Scott, F. W. ir kt. Oat gum lowers glucose and insulin after an oral glucose dose. *American Journal of Clinical Nutrition*. 1991, 53, 1425-1451.
56. Limberger-Bayer, V. M., de Francisco, A., Chan A. ir kiti. Barley β -glucans extraction and partial characterization. *Food Chemistry*. 2014, 154, 84-89.
57. Li, J., Kaneko, T., Qin, L.Q., Wang, J., Wang, Y. Effects of barley intake on glucose tolerance, lipid metabolism, and bowel function in women. *Journal of Nutrition*. 2003, 19, 926-929.
58. The immune-enhancing benefits of betaglucans. *Life extension magazine*. [interaktyvus] [žiūrėta 2015-06-09]. Prieiga per internetą: http://www.lef.org/magazine/mag2009/dec2009_The-Immune-Enhancing-Benefits-of-Beta-Glucans_01.html;
59. Kim, H., Stote, K.S., Behall, K.M., Spears, K., ir kt. Glucose and insulin responses to whole grain breakfasts varying in soluble fiber, betaglucan. *European Journal of Nutrition*. 2009, 48, 170-175.
60. Lovegrove, J.A., Clohessy, A., Milon, H., Williams, C.M. Modest doses of beta-glucan do not reduce concentrations of potentially atherogenic lipoproteins. *American Journal of Clinical Nutrition*. 2000, 72, 49-55.
61. Liljeberg, H. G. M., Granfeldt, Y. E., Björck, I. M. E. Products based on a highfiber barley genotypes, but not common barley or oats, lower postprandial glucose and insulin responses in healthy humans. *Journal of Nutrition*. 1996, 126, 458-562.
62. Keogh, G.F., Cooper, G.J.S., ir kt. Randomized controlled crossover study of the effect of a highly β -glucan-enriched barley on cardiovascular disease risk factors in mildly hypercholesterolemic men. *American Journal of Clinical Nutrition*. 2003, 78, 711-718.
63. McIntosh, G. H., Oakenful, D. Possible health benefits from barley grain. *Australian Journal of Chemistry*. 1990, 57, 294-299.
64. Wong, J. M. W., De Souza, R., Kendall, C. W. C. A. Emam, Jenkins, D. J. A. Colonic health: fermentation and short chain fatty acids. *Journal of Clinical Gastroenterology*. 2001, 40, 235-246.
65. McIntosh, G. H., Newman, R. K., Newman, C. W. Barley foods and their influence on cholesterol metabolism. *World Review of Nutrition and Dietetics*. 1995, 77, 89-96.

66. Bamforth, C. W. Biochemical approaches to beer quality. *The Journal of The Institute of Brewing*. 1985, 91, 154-160.
67. Vasanthan, T., Temelli, F. Grain fractionation technologies for cereal betaglucan concentration. *Food Research International*. 2008, 41, 876-881.
68. Brown G. D., Gordon, S. Fungal β -glucans and mammalian immunity. *Science Direct*. 2003, 19, 311-315.
69. Beta gliukanų poveikis imuninei sistemai. [interaktyvus] [žiūrėta 2015-06-09]. Prieiga per internetą:
<http://www.natura.lt/index.php/publikacijos?layout=edit&id=74>
70. Nacionalinis maisto ir veterinarijos rizikos vertinimo institutas. Kuo naudingos skaidulinės medžiagos? [interaktyvus] [žiūrėta 2015-06-09]. Prieiga per internetą:
<http://www.nmvrvi.lt/lt/naujienos/432/>
71. Lee, S., Inglett, G. E., Palmquist, D., Warner, K.. Flavor and texture attributes of foods containing β -glucan-rich hydrocolloids from oats. *Lebensmittel-Wissenschaft Technology* 2009, 42, 350-357.
72. Kalinga, D., Mishra, V. K. Rheological and physical properties of low fat cakes produced by addition of cereal β -glucan concentrates. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2009, 33, 384-400.
73. Komisijos reglamentas (ES). Nr. 432/2012. Dėl tam tikrų leidžiamų vartoto teiginių apie maisto produktų sveikumą, išskyrus teiginius apie susirgimo rizikos mažinimą, vaikų vystymąsi ir sveikatą, sąrašo sudarymą. [interaktyvus] [žiūrėta 2015-06-09]. Prieiga per internetą:
<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:136:0001:0040:LT:PDF>
74. Symons, L. J., Brennan, C. S. The effect of barley β -glucan fiber fractions on starch gelatinization and pasting characteristics. *Jornal of Food Science*. 2004, 69, 257-261.
75. Dexter, J.E., Izydorczyk, M.S., Marchylo, B. A., Schlichting, L.M., Texture and color of pasta containing mill fractions from hull-less barley genotypes with variable content of amylose and fibre. Woodhead Publishing. 2004, 488-494.
76. Marconi, E., Graziano, M., Cubadda, R. Composition and utilization of barley pearling by-products for making functional pastas rich in dietary fiber and b-glucans. *Cereal Chemistry*. 2000, 77, 133-139.

77. Holtekjolen, A.K., Olsen, H.H.R., Faergestad, E.M. Variations in water absorption capacity and baking performance of barley varieties with different polysaccharide content and composition. *Food Science and Technology*. 2008, 41, 2085-2091.
78. Cagno Di., Angelis R., De, Corsetti M., Lavermicocca A. Interactions between sourdough lactic acid bacteria and exogenous enzymes: effects on the microbial kinetics of acidification and dough textural properties. *Food Microbiology*. 2003, 20, 67-75.
79. Cavallero, A., Empilli, S., Brighenti, F. High (1/3) (1/4)-b-D-glucan fractions in bread making and their effect on human glycaemic response. *Journal of Cereal Science*. 2001, 36, 59-66.
80. Cleary, L., and Brennan, C. The influence of a (1–3) (1–4)-β-d-glucan rich fraction from barley on the physicochemical properties and in vitro reducing sugars release of durum wheat pasta. *International Journal of Food Science & Technology*. 2006, 41, 910-918.
81. Cleary, L. J., Andersson, R., Brennan, C. S. The behaviour and susceptibility to degradation of high and low molecular weight barley β-glucan in wheat bread during baking and in vitro digestion. *Food Chemistry*. 2006, 102, 889-897.
82. Knuckles, B. E., Hudson, C. A., Chiu, M. M., Sayre, R. N. Effect of β-glucan barley fractions in high-fiber bread and pasta. *Cereal Foods World*. 1997, 42, 94-99.
83. Bhatti, R.S. Physicochemical and functional breadmaking properties of hull-less barley fractions. *Cereal Chemistry*. 1986, 63, 31-35.
84. Angelov A., Gotcheva V. ir kt. Application of pure and mixed probiotic lactic acid bacteria and yeast cultures for oat fermentation. *Journal of Science Food Agricultural*. 2005, 85, 2134-2141.
85. Martensson O, Andersson C. it kt. Formulation of an oat-based fermented product and its comparison with yogurt. *Journal of Science Food Agricultural*. 2001, 81, 1314-1321.
86. Knuckles, B. E., Chiu, M. C. M.. β-Glucanase activity and molecular weight of β-glucans in barley after various treatments. *Cereal Chemistry*. 1999, 76, 92-95.
87. Weightman, R.M., Heywood, C., Wade, A., South, J. B. Relationship between grain (1→3,1→4)-β-glucan concentration and response of winter-sown oats to contrasting forms of applied nitrogen. *Journal of Cereal Science*. 2004, 40, 81-86.
88. Khoury, D. El, Cuda, C., Luhovyy, B. L., Anderson G. H.. Beta Glucan: Health Benefits in Obesity and Metabolic Syndrome. *Journal of Nutrition and Metabolism*. 2012, 11-28.
89. Gormley, T. R. Morrissey A. A note on the evaluation of wheaten breads containing oat flour or oat flakes. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*. 1999, 32, 205-209.

90. Delcour, J.A., Vanhamel, S., Hosney, R.C. Physicochemical and functional properties of rye nonstarch polysaccharides. Impact of a fraction containing water-soluble pentosans and proteins on glutenstarch loaf volumes. *Cereal Chemistry*. 1991, 68, 72-76.
91. Wang, L., Miller, R.A., Hosney, R.C. Effects of (1-3)(1-4)-b-D glucans of wheat flour on breadmaking. *Cereal Chemistry*. 1998, 75, 629-633.
92. Brennan. Effects of β -glucan fractions from barley on structure, texture, sensory characteristics and nutritional value of processed cereal foods.. [interaktyvus] [žiūrėta 2015-06-09]. Prieiga per internetą:
http://cereals.ahdb.org.uk/media/336053/346_complete_final_report.pdf
93. Miežių veislių, įrašytų į nacionalinį augalų veislių sąrašą aprašai. [interaktyvus] [žiūrėta 2015-05-17]. Prieiga per internetą :
http://www.vatzum.lt/uploads/documents/augalu_veisles/veisliu_aprasymai/mieziu_apraai_2014.pdf.
94. Juntunen K.S., Niskanen L.K., Liukkonen K. H ir kt. Postprandial glucose, insulin, and incretin responses to grain products in healthy subjects. *American Journal of Clinical Nutrition*. 2002, 75, 254-262.
95. LST EN ISO 712:2010. Grūdai ir jų produktai. Drėgmės kiekio nustatymas. Pamatinis metodas (ISO 712:2009). Lietuvos standartizacijos departamentas. 2010.
96. LST 1523:1998. Grūdai ir grūdų produktai, kombinuotieji pašarai ir jų žaliavos. Azoto kiekio nustatymas Kjeldalio medotu ir baltymų kiekio apskaičiavimas. Lietuvos standartizacijos departamentas. 1998.
97. LST 1944:2003. Miltiniai kepiniai ir konditerijos gaminiai. Riebalų kiekio nustatymo metodai. (AOAC 922 06, AOAC 963.15). Lietuvos standartizacijos departamentas. 2003.
98. LST EN ISO 2171:2010. Varpinių, asnkštinių javų grūdai ir jų šalutiniai produktai. Sudeginus gautų pelenų kiekio nustatymas (ISO 2171:2007). Lietuvos standartizacijos departamentas. 2010.
99. LST 1553:1998. Miltiniai kepiniai ir konditerijos gaminiai. Rūgštingumo ir šarmingumo nustatymo metodai. Lietuvos standartizacijos departamentas. 2010.
100. Mixed linkage beta-glucan assay (McCleary method) procedure. [interaktyvus] [žiūrėta 2015-05-17]. Prieiga per internetą:
http://secure.megazyme.com/files/Booklet/K-BGLU_1411_DATA.pdf.
101. Wang, L., Miller, R.A., Hosney, R.C. Effects of (1-3)(1-4)-b-D glucans of wheat flour on breadmaking. *Cereal Chemistry*. 1998, 75, 629-633.

102. Colleoni-Sirghie, M., Jannink, J. L., White, P.J., Pasting and thermal properties of flours from oat lines with high and typical amounts of b-glucan. *Cereal Chemistry*. 2004, 81, 686-692.
103. Sigma Quality Control Test SSCASE01.001. Enzymatic Assay of protease. 1999.
104. Megazyme. Malt and bacterial beta glucanase and cellulase assay procedure (Azo-barley glucan method) [interaktyvus] [žiūrėta 2015-06-07]. Prieiga per internetą: http://secure.megazyme.com/files/Booklet/S-ABG100_DATA.pdf.
105. Duonos ir pyrago kepiniai. Akytumo nustatymas. LST 1442:1996. Lietuvos standartizacijos departamentas. 1996.
106. LST 1553:1998. Miltiniai kepiniai ir konditerijos gaminiai. Rūgštingumo ir šarmingumo nustatymo metodai. Lietuvos standartizacijos departamentas. 2010.
107. Methode eines Backversuches mit Weizenmehl/ICC No. 131:1995.
108. Sventickaite A., Schleining, G. Investigations of the effects of the pre-gelatinised rye flour on the quality characteristics of wheat bread//1st Baltic Conference on Rye: research, quality, processing, market: [programme and abstracts], Kaunas, Lithuania, 2-5 September, 2001/ International Association for Cereal Science and Technology. Kaunas University of Technology. Kaunas: Technologija. 2001. ISBN 9955-09-054-5.
109. DeHaas, B. W., and Goering, K. J. Chemical structure of barley starches: I. A study of the properties of the amylose and amylopectin from barley starches showing a wide variation in Brabender cooking viscosity curves. *Starch Starke Journal* .1972, 24, 145-149.
110. De Man, W., Dondeyne, P. Effect of nitrogen fertilization on protein content, total dacid content and composition of barley (*Hordeum vulgare*) grains. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 1985, 36, 186-190.
111. Stark, A., Madar, Z. Dietary fiber. In: Goldberg, I., *Functional Foods: Designer Foods, Pharmafoods, Nutraceuticals*. Chapman and Hall. 1994, 183-201.
112. Gallaher, D.D. Dietary fiber and its physiological effects. In: Schmidt, M., Labuza, T.P. Eds. *Essentials of Functional Foods*. Aspen Publisher. 2000.
113. Brennan. Effects of β -glucan fractions from barley on structure, texture, sensory characteristics and nutritional value of processed cereal foods.. [interaktyvus] [žiūrėta 2015-06-09]. Prieiga per internetą: http://cereals.ahdb.org.uk/media/336053/346_complete_final_report.pdf
114. Kerckhoffs, D., Hornstra, G., & Mensink, R. Cholesterol-lowering effect of b-glucan from oat bran in mildly hypercholesterolemic subjects may decrease when b-glucan is incorporated into bread and cookies. *American Journal of Clinical Nutrition*. 2003, 78, 221-227.

115. L. Flander, T. Suortti, K. Katina, K. Poutanen. Effects of wheat sourdough process on the quality of mixed oat-wheat bread. *LWT - Food Science and Technology*. 2011, 44, 656-664.
116. Deguyte-Fomins, L., Sontag-Strohm, T., & Salovaara, H. Oat bran fermentation by rye sourdough. *Cereal Chemistry*. 2002, 9, 345-348.
117. Park Y. H., Jung L. H., Jeon E. R. Quality characteristics of bread using sourdough. *J Food Sci Nutrition*. 2006, 33, 323-327.
118. Clarke, C., Schober, T., Arendt, E. Effect of single strain and traditional mixed strain starter cultures on rheological properties of wheat dough and on bread quality. *Cereal Chemistry*. 2002, 79, 640-647.
119. Gänzle, M., Loponen, J., Gobbetti, M. Proteolysis in sourdough fermentations: Mechanisms and potential for improved bread quality. *Trends in Food Science and Technology*. 2008, 19, 513-521.
120. Katina, K., Salmenkallio-Marttila, M., Partanen, R. Effects of sourdough and enzymes on staling of high-fibre wheat bread. *LWT - Food Science and Technology*. 2006, 39, 479-491.
121. Flander, L., Salmenkallio-Marttila, M., Suortti T. Optimization of ingredients and baking process for improved wholemeal oat bread quality. *VTT Biotechnology*. 2007, 40, 860-870.
122. Schwimmer, S. Enzyme action in bread-making and other texture-related modification of cereal foods. In S. mmer. Eds. *Source book of food enzymology*. AVI Publishing Company. 1981, 572-592.
123. Aman, P., Rimsten, L., Andersson, R. Molecular weight distribution of b-glucan in oat-based foods. *Cereal Chemistry*. 2004, 81, 356-360.