



Kauno technologijos universitetas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Inovatyvių biomedžiagų sprendimai vystant tvarios mados prekės ženklus

Baigiamasis magistro projektas

Giedrė Grinkevičiūtė

Projekto autorė

Doc. Jurgita Domskienė

Vadovė

Kaunas, 2023



Kauno technologijos universitetas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Inovatyvių biomedžiagų sprendimai vystant tvarios mados prekės ženklus

Baigiamasis magistro projektas
Mados inovacijų technologijos (6211FX023)

Giedrė Grinkevičiūtė

Projekto autorė

Doc. Jurgita Domskienė

Vadovė

Doc. Erika Adomavičiūtė

Recenzentė

Kaunas, 2023



Kauno technologijos universitetas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas
Giedrė Grinkevičiūtė

Inovatyvių biomedžiagų sprendimai vystant tvarios mados prekės ženklus

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad:

1. baigiamąjį projektą parengiau savarankiškai ir sąžiningai, nepažeisdama(s) kitų asmenų autoriaus ar kitų teisių, laikydamasi(s) Lietuvos Respublikos autorių teisių ir gretutinių teisių įstatymo nuostatų, Kauno technologijos universiteto (toliau – Universitetas) intelektinės nuosavybės valdymo ir perdavimo nuostatų bei Universiteto akademinės etikos kodekse nustatytų etikos reikalavimų;
2. baigiamajame projekte visi pateikti duomenys ir tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti teisėtai, nei viena šio projekto dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar elektroninių šaltinių, visos baigiamojo projekto tekste pateiktos citatos ir nuorodos yra nurodytos literatūros sąrašė;
3. įstatymų nenumatytų piniginių sumų už baigiamąjį projektą ar jo dalis niekam nesu mokėjęs (-usi);
4. suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo ar kitų asmenų teisių pažeidimo faktui, man bus taikomos akademinės nuobaudos pagal Universitete galiojančią tvarką ir būsiu pašalinta(s) iš Universiteto, o baigiamasis projektas gali būti pateiktas Akademinės etikos ir procedūrų kontrolieriaus tarnybai nagrinėjant galimą akademinės etikos pažeidimą.

Giedrė Grinkevičiūtė

Patvirtinta elektroniniu būdu



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

Studijų programa: Mados inovacijų technologijos 6211FX023

MAGISTRO BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS

Studentui (-ei)

Giedrei Grinkevičiūtei

(Vardas, Pavardė)

1. Baigiamojo Projekto tema –

Inovatyvių biomedžiagų sprendimai vystant tvarios mados prekės ženklus

(Lietuvių kalba)

Innovative biomaterial solutions for developing sustainable fashion brands

(Anglų kalba)

2. Darbo tikslas ir uždaviniai –

Darbo tikslas: išanalizuoti inovatyvių medžiagų aprangos gamybai savybes ir sukurti originalių gaminių iš biomedžiagų kolekciją.

Uždaviniai:

1. ištirti Lietuvos vartotojų požiūrį į alternatyvių medžiagų pritaikymą mados produktų gamyboje.
2. ištirti bakterinės celiuliozės kaip alternatyvios medžiagos aprangos gamybai savybes.
3. pademonstruoti BC plėvelės pritaikymo galimybes originalių gaminių prototipų kolekcijoje.
4. pateikti rekomendacijas tvarių mados prekės ženklų vystymui pritaikant BC.

Studentas

Giedrė Grinkevičiūtė

2022 10 10

(Vardas, Pavardė)

(Parašas)

(Data)

Baigiamojo projekto
vadovas

Jurgita Domskienė

2022 10 10

(Vardas, Pavardė)

(Parašas)

(Data)

Grinkevičiūtė, Giedrė. Inovatyvių biomedžiagų sprendimai vystant tvarios mados prekės ženklus. Magistro baigiamasis projektas / vadovė doc. Jurgita Domskienė; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): Technologijų mokslai (F), Polimerų ir tekstilės technologijos (F02).

Reikšminiai žodžiai: bakterinė celiuliozė, kombucha, tvarumas, mada.

Kaunas, 2023. 49 p.

Santrauka

Bakterinė celiuliozė – plačiai pastarąjį dešimtmetį tyrinėjama medžiaga, kurios panaudojimas labai įvairus – nuo biomedicinos iki maisto pramonės. Dėl gerų fizikinių bei mechaninių savybių, greito ir nedidelių sąnaudų reikalaujančio gamybos proceso, ši celiuliozės rūšis sulaukė susidomėjimo ir mados pramonės sektoriuje, kaip žiedinės ekonomikos principus atliepanti biomedžiaga. Baigiamajame projekte pateikiami eksperimentinio tyrimo, kurio tikslas ištirti *kombucha* gėrimo fermentacijos metu susidariusios bakterinės celiuliozės plėvelės, paveiktos agaru, mechanines bei šlampumo savybes, rezultatai, kuriais remiantis suformuotos išvados ir rekomendacijos.

Siekiant surinkti daugiau informacijos apie bakterinės celiuliozės medžiagą buvo atliktas žvalgomasis empirinis tyrimas, kurio tikslas buvo nustatyti Lietuvos vartotojų nuomonę apie šią biomedžiagą ir jos žinomumą tarp respondentų. Remiantis literatūros apžvalga, eksperimentiniu ir empiriniu tyrimais, buvo suformuoti pagrindiniai reikalavimai tvarios aprangos iš BC kūrimui, sukurta ir pagaminta prototipų kolekcija.

Grinkevičiūtė, Giedrė. Innovative Biomaterial Solutions for Developing Sustainable Fashion Brands. Master's Final Degree Project / supervisor assoc. prof. Jurgita Domskienė; Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Polymers and Textiles Technologies (F02), Technological Sciences (F)

Keywords: bacterial cellulose, kombucha, sustainability, fashion.

Kaunas, 2023, 49 p.

Summary

In the last decade bacterial cellulose has been widely researched as a material with wide usage – from biomedicine to the food industry. Due to good physico-mechanical properties, as well as fast and low-cost cultivation process, this type of cellulose has attracted interest in the fashion industry as a biomaterial in line with the principles of the circular economy. In this master research project, the bacterial cellulose film that formed during fermentation process of kombucha drink was coated and mixed with agar. Mechanical and wettability properties of the samples were investigated. Conclusions and recommendations are formed based on the results.

An empirical study was made to collect more information about the bacterial cellulose material and to find out Lithuanian consumers' opinions and knowledge about this biomaterial. Based on the literature review, experimental and empirical research, the main requirements for development of sustainable clothing from BC were formed. A collection of prototypes was created and produced.

Turinys

Įvadas	9
1. Mados pramonės sektoriaus apžvalga	10
1.1. Mados industrija ir tvarumas	10
1.1.1. Vartotojai	10
1.1.2. Darbuotojai	11
1.1.3. Pluoštai	12
1.1.4. Tvarumas	13
1.2. Alternatyvi žaliava tekstilei ir alternatyvos natūraliai odai	13
1.3. Bakterinė celiuliozė – galimybės ir apribojimai panaudojant kaip alternatyvią žaliavą	16
1.3.1. Beatliekė gamyba (angl. <i>zero waste</i>).....	17
1.3.2. Hidrofobinės savybės	17
2. Eksperimentiniai bakterinės celiuliozės plėvelės savybių tyrimai	18
2.1. BC plėvelės gavimo procesas <i>kombucha</i> gėrimo fermentacijos metu	18
2.1.1. BC modifikavimas agaru	18
2.2. Tiriamasis objektas	19
2.3. Bandinių paruošimas ir tyrimo metodikos	19
2.3.1. Tempimo savybių tyrimas	21
2.3.2. Vilgumo kampo nustatymas	21
2.3.3. Bandinių paviršiaus charakterizavimas	21
2.4. Rezultatų statistinis patikimumas	22
2.5. Rezultatų aptarimas	22
2.5.1. BC bandinių paruošimo proceso įtaka storio charakteristikoms	22
2.5.2. BC bandinių paruošimo proceso įtaka tempimo stiprio ir deformacijos rodikliams.....	23
2.5.3. BC bandinių paruošimo proceso įtaka šlumpumui	25
2.5.4. Plėvelės paviršiaus savybių palyginimas.....	26
2.5.5. Apibendrinimas ir eksperimentinės dalies išvados.....	29
3. Projektinė dalis - BC plėvelės panaudojimas gaminyje	30
3.1. Prototipas Nr. 1.....	30
3.2. Prototipas Nr. 2.....	34
3.3. Prototipas Nr. 3.....	35
3.4. Aprangos kūrimui svarbios BC savybės.....	37
3.5. Apibendrinimas	38
4. Tvarumas mados pramonėje – vartotojų požiūris	39
4.1. Empirinio tyrimo metodika	39
4.1.1. Empirinio tyrimo tikslas ir uždaviniai	39
4.1.2. Empirinio tyrimo duomenų rinkimo metodas ir tyrimo instrumento sudarymas	39
4.1.3. Empirinio tyrimo imties atranka, duomenų rinkimo ir analizės metodai.....	40
4.2. Rezultatai	41
4.3. Empirinio tyrimo dalies išvados	41
4.4. Rekomendacijos populiarinti tvarią mados pramonę – pirkėjų informavimas ir alternatyvių medžiagų populiarinimas.....	42
Darbo apibendrinimas ir išvados	43
Literatūros sąrašas	44

Priedai.....	50
1 priedas. 1 grupės bandinių tempimo bandymo rezultatai ir tempimo grafikas.	50
2 priedas. 2 grupės bandinių tempimo bandymo rezultatai ir tempimo grafikas	51
3 priedas. 3 grupės bandinių tempimo bandymo rezultatai ir tempimo grafikas	52
4 priedas. 4 grupės bandinių tempimo bandymo rezultatai ir tempimo grafikas	53
5 priedas. 5 grupės bandinių tempimo bandymo rezultatai ir tempimo grafikas	54
6 priedas. 6 grupės bandinių tempimo bandymo rezultatai ir tempimo grafikas	55
7 priedas. Empirinio tyrimo apklausos anketa.....	56

Įvadas

Didėjantis mados produktų vartojimas kelia rimtus iššūkius su klimato kaita kovojančiame pasaulyje. Ilgoje mados pramonės gamybos ir tiekimo grandinėje gausu pokyčių reikalaujančių grandžių. Pastarąjį dešimtmetį didelis dėmesys skiriamas biomedžiagų tyrimams. Alternatyvūs pluoštai, atliepantys žiedinės ekonomikos principus, turėtų sumažinti pluoštų auginimo ir perdirbimo sąnaudas bei užtikrinti, kad šie pluoštai savo gyvavimo ciklo pabaigoje būtų pilnai dirvožemyje suyrantys arba lengvai perdirbami.

Temos naujumas ir aktualumas

Siekiant patenkinti augančius vartotojų poreikius ir užtikrinti tvarų resursų vartojimą, ieškoma inovatyvių sprendimų kaip sumažinti mados pramonės sektoriaus neigiamą poveikį aplinkai. Šiuo tikslu tyrinėjamos alternatyvios medžiagos, kurios gali būti pritaikytos aprangos gamyboje. Šios medžiagos sulaukia susidomėjimo iš investuotojų. 2022 metais Didžiojoje Britanijoje įsikūrusi įmonė *Modern Synthesis* pritraukė 4,1 mln. dolerių investicijų, skirtų vystyti jų sukurtą audimo technologiją, kuri leidžia iš agrokultūrinių atliekų išgautą nanoceliuliozę paversti mados produktu, nesudarant jokių papildomų atliekų. 2021 metais kompanija *Mycoworks*, gaminanti alternatyvią odai medžiagą iš grybų micelio, pritraukė 125 mln. dolerių investicijas [1]. Prognozuojama, kad alternatyvių medžiagų rinka iki 2026 metų turėtų išsiplėsti iki 2,2 milijardų dolerių vertės, tačiau vadinamosios kitos kartos (angl. *next gen*) medžiagos vis tiek tesudarys 3% visų rinkoje siūlomų medžiagų [2]. Viena plačiausiai tyrinjamų medžiagų – bakterinė celiuliozė. Ji patraukli dėl greito augimo, mažų sąnaudų, gali būti išgaunama panaudojant maisto ir gėrimų pramonės atliekas. Bakterinės celiuliozės (toliau BC) biomedžiaga pasižymi geromis fizikinėmis ir mechaninėmis savybėmis, jos pritaikymas tyrinėjamas biomedicinos, popieriaus, maisto ir kitose pramonės srityse. Pasaulinė bakterinės celiuliozės rinka 2019 metais buvo vertinama 220 mln. dolerių, jos augimas planuojamas 2022 m. – 500 mln. dolerių, 2026 m. – 700 mln., 2027 m. – 780 mln. dolerių. Didėjantį susidomėjimą šia medžiaga rodo augantis patentų skaičius iki 2021 metų registruota 14400 patentų, susijusių su bakterine celiulioze [3].

Darbo tikslas: išanalizuoti inovatyvių medžiagų aprangos gamybai savybes ir sukurti originalių gaminių iš biomedžiagų kolekciją.

Uždaviniai:

1. ištirti Lietuvos vartotojų požiūrį į alternatyvių medžiagų pritaikymą mados produktų gamyboje.
2. ištirti bakterinės celiuliozės kaip alternatyvios medžiagos aprangos gamybai savybes.
3. pademonstruoti BC plėvelės pritaikymo galimybes originalių gaminių prototipų kolekcijoje.
4. pateikti rekomendacijas tvarių mados prekės ženklų vystymui pritaikant BC.

1. Mados pramonės sektoriaus apžvalga

Mados industrija pagal kai kuriuos šaltinius pripažįstama antra pagal taršą pramonės šaka [4], kurią lenkia tik naftos pramonė. Nors tyrėjai diskutuoja dėl šio teiginio pagrįstumo, sutinkama, kad ši industrija viena daugiausiai natūralių ir žmogiškųjų išteklių reikalaujanti pramonės šaka [5]. Didėjant paklausai reikia vis daugiau gamtos išteklių, kurie nespėja atsinaujinti, kad būtų patenkinti augantys vartotojų poreikiai. Kovoiant su klimato kaita ilgoje ir kompleksiškoje mados pramonės gamybos grandinėje taip pat turi atsirasti pokyčių, leidžiančių tvariau naudoti resursus, užtikrinti darbuotojų teises ir spręsti kylandčias aplinkos taršos problemas. Tačiau ar pramonės sritis, kuri išsiskiria sezoniškumu, naujovėmis ir greitu vartojimu, gali pasikeisti?

1.1. Mados industrija ir tvarumas

Apranga – būtinybė žmogui, ji nuo senovės skirta patenkinti tokius elementarius žmogaus poreikius, kaip nesusalti ar neperkaisti. Tačiau drabužiai senai nėra tik būtinybė, padedanti išverti orų kaitą. Apranga tapo saviraiškos priemone, kuria galima siųsti komunikacijos žinutę, pademonstruoti savo statusą ar parodyti, kad asmuo priklauso tam tikrai visuomenės grupei. Jei prieš kiek daugiau nei šimtmetį dideles drabužines sau leisti galėjo tik pasiturintys asmenys, modernizavus tekstilės gamybos procesą ir atsiradus naujoms medžiagoms, ši padėtis ėmė keistis. Drabužiai ėmė pigti, vartotojų perkamoji galia augo. Su pigios greitosios mados išpopuliarėjimu industrija turėjo pasikeisti. Vartotojų poreikiai pigiai produkcijai didėjo, todėl kito ir visa produkcijos gamybos ir tiekimo grandinė, kad patenkintų poreikius greičiau ir daugiau [6].

1.1.1. Vartotojai

Ar gali industrija, paremta naujų prekių kūrimu kiekvieną sezoną, būti tvari? 2019 metų duomenimis greitosios mados gamintojai per metus pagamina ir išleidžia į apyvartą apie 53 milijonus tonų drabužių [7]. Lengvai prieinamos mados prekės ženklai pakeitė rinką neatpažįstamai – vietoje kadaise buvusių 4 sezoninių kolekcijų, šiandien dalis rinkos dalyvių gali pasiūlyti iki 52 *mikro* sezoninių kolekcijų. Taigi naujų drabužių papildymai į parduotuves pristatomi kone kas savaitę, taip siekiant sudominti vartotoją ir užtikrinti, kad jis užsuktų į parduotuvę dažniau. Taip pat išnaudojama su socialinių medijų išpopuliarėjimu atsiradusi žmonių baimė kažką praleisti (angl. *fear of missing out*). Tyrimai parodė, kad didžioji dalis greitosios mados vartotojų eina apsipirkti ne dėl būtinybės, bet savo malonumui, jiems patinka ištyrinėti naujas prekes, siūlomus drabužių stilius [8]. Didesnis apsilankymų skaičius – didesnis vartojimas, tačiau pigūs mados produktai dėvėti vos vieną ar kelis kartus keliauja į sąvartynus [9]. Laikas nuo drabužio pagaminimo iki pristatymo vartotojui vis trumpėja. Su mados prekių ženklo *Shein* iškilimu pradėtas taikyti naujas terminas *ultra-greita* mada, skirtas iliustruoti šios įmonės veiklos modelį. Elektroninėje šios kompanijos parduotuvėje galima rasti labai platų drabužių asortimentą itin mažomis kainomis. Tokia maža kaina parduodami drabužiai dažnai net nenešioti atsiduria sąvartynuose, nes sugrąžinti į apyvartą pirkėjų grąžintus pigius drabužius, tiesiog neverta ir jie tampa šiukšlėmis. Sumaniai pasirinkta skaitmeninės rinkodaros strategija leido šiam *ultra-greitosios* mados prekės ženklui pralenkti tokius prekės ženklus kaip *Zara* ir *H&M*, 2022 metais *Shein* vertintas 100 milijardų dolerių [10].

1.1.2. Darbuotojai

Tam, kad patenkintų vis dar didėjančius vartotojų poreikius naujoms prekėms, gamintojams tenka didinti savo gamybinius pajėgumus užtikrinant, kad dėl to neišaugtų pardavimo kaina. Gamybos kaina dažnai mažinama darbuotojų atlyginimų sąskaita. Didelė dalis siuvimo operacijų vis dar vykdoma mažai automatizuotu būdu, dėl to ši industrija reikalauja didelių žmogiškųjų išteklių. Taupydami greitosios mados prekių ženklai savo produkciją siuva gamyklose besivystančiose šalyse, dažnai neužtikrindami saugių ir sąžiningų darbo sąlygų savo darbuotojams.

2013 metais Bangladeše įvyko nelaimė, kai darbo metu sugriuvus *Rana Plaza* pastatui, kuriame buvo įkurtos drabužių siuvyklos, 1134 žmonės žuvo ir tūkstančiai buvo sužeisti [11]. Po šio įvykio visuomenėje plačiai imta kalbėti apie žmonių, dirbančių šioje pramonėje besivystančiose šalyse darbo sąlygas bei atlyginimus, kurie dažnai neužtikrina minimalaus pragyvenimo lygio. Po COVID-19 pandemijos siekiant sutrumpinti tiekimo grandines, dalis siuvyklų buvo perkelta į Europą, tačiau darbo sąlygos vis tiek išlieka sudėtingos [4].

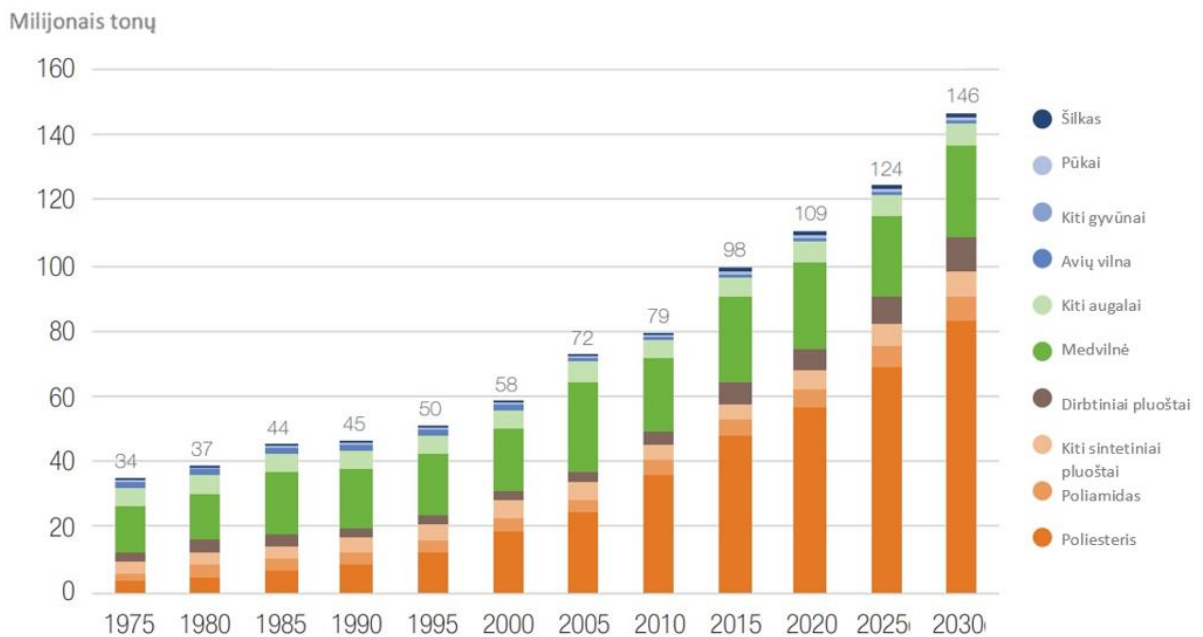
Vienas iš siūlomų sprendimų, kuris, anot tyrėjų, galėtų padėti mados industrijai pasukti tvaresne linkme – užtikrinti darbuotojams visoje tiekimo grandinėje atlyginimą susietą su pragyvenimo lygiu pagal šalies, kurioje įkurtas fabrikas, standartus. Daugelyje besivystančių šalių, kuriose siuvami mados produktai įvairiems užsienio prekių ženkams, siuvyklų darbuotojams mokama minimali alga, nors tyrimai rodo, kad tokiose šalyse, kaip, pavyzdžiui, Bangladešas, siuvėjų uždirbamos algos nepakanka užtikrinti net minimalaus pragyvenimo lygio. Toks pokytis, anot šaltinių, nors ir padidintų gaminio kainą vartotojui, tačiau prekės vis dar liktų įperkamos [12]. Atlikus Indijos rinkos tyrimą, buvo nustatyta, kad 20 centų padidinus marškinėlių kainą pirkėjui, medvilnės augintojai ir tekstilės industrijos darbuotojai galėtų gauti pragyvenimui reikalingą atlygį [13]. Tačiau net praėjus beveik dešimtmečiui po *Rana Plaza* tragedijos, aprangos gamybos sektoriuje dirbantiems žmonėms nėra iki galo užtikrinamos saugios ir sąžiningos darbo sąlygos bei atlygis, kuris leistų pragyventi aukščiau skurdo ribos. Viena iš priežasčių, kodėl pokyčiai nevyksta tokiu mastu kaip tikėtasi, besivystančių šalių, kuriose įkurta didžioji dalis drabužių fabriku, kuriuose siuvama produkcija greitosios mados prekių ženkams, ekonomika yra smarkiai priklausoma nuo eksporto, kurį sudaro šalyje pasiūti drabužiai. Dėl to, siekiant pritraukti investicijas, bandoma sudaryti patrauklias sąlygas užsienio užsakovų produkcijos gamybai. Stengiantis išlaikyti itin mažas kainas vartotojams, siekiama surasti mažiausią savikainą galinčią pasiūlyti siuvyklą. Siuvimo paslaugas teikiančios įmonės taip pat konkuruoja tarpusavyje, nes, jeigu jų kainos pasirodys per didelės, užsakovai ieškos pigesnę variantą siūlančių konkurentų [14]. Remiantis organizacijos *Clean Clothes Campaign* duomenimis, analizuojant vieną marškinėlių kainodarą, matoma, kad iš 29 eurų, kuriuos vartotojas sumoka už produktą, pagaminusiam juos darbuotojui atitenka tik 0,6 % šios sumos, arba 18 centų [15] (žr.1 pav.).



1 pav. Marškinėlių kainodara [15]

1.1.3. Pluoštai

Didėjantys vartotojų poreikiai naujai produkcijai, didina žaliavų poreikį. Dėl didėjančios paklausos tekstilės gamybai, išgaunamas pluoštų kiekis nuo 2000 iki 2020 išaugo kone dvigubai – nuo 58 mln. tonų iki 109 mln. Prognozuojama, kad šis kiekis per kitus 10 metų išaugs dar 34 % [16]. Kaip matoma iš nevyriausybines organizacijos *Textile Exchange Preferred Fiber & Materials Market* ataskaitos, jau ne vienerius metus tekstilės pramonėje populiariausi pluoštai yra poliesteris ir medvilnė. 2020 metais poliesteris ir medvilnė sudarė didžiąją dalį pagamintų pluoštų, atitinkamai – 52 % ir 24 % visos tekstilės pluoštų produkcijos. Prognozuojama, kad šie pluoštai ir toliau išliks paklausiausi (žr. 2 pav.) [16].



2 pav. Pasaulinės pluoštų produkcijos augimo prognozės [16]

Poliesteris – sintetinis pluoštas, išgaunamas iš naftos produktų. Ši medžiaga kelia aplinkosaugos problemų viso eksploatavimo ciklo metu – nuo gamybos iki sunaikinimo.

Poliesterio gavyba prasideda kaip iškastinio kuro, vėliau neapdorota nafta perduodama chemijos pramonei, kur iš jos gaminamos PET granulės, iš kurių vėliau gaminamas pluoštas. Poliesterio gamyba yra itin energijai imlus procesas, kurio metu į aplinką išmetami dideli kiekiai anglies dioksido, skatinančio klimato atšilimą. Skalbiant iš poliesterio pagamintus drabužius į vandenį išsiskiria mikroplastikai. Atsidūrę sąvartynuose poliesterio drabužiai ir toliau išskiria į aplinką mikroplastikus ir teršia dirvožemį. Ši medžiaga gali būti perdirbta, tačiau dažniausiai tekstilės atliekos smulkinamos ir panaudojamos kaip apšiltinimo medžiagos [17].

Kitas pluoštas, kurio didėjanti paklausa kelia ekologines problemas – medvilnė. Pasaulyje kasmet užauginama apie 27 milijonus tonų medvilnės [18]. Šio pluošto auginimui reikalingos specifinės klimato sąlygos, didelės vandens sąnaudos, taip pat auginimo procese naudojami itin dideli kiekiai pesticidų. Ne pelno siekiančios organizacijos *Textile Exchange* pateikiamais duomenimis medvilnės auginimui panaudojama apie 6 % visų pasaulyje sunaudojamų pesticidų [19]. Intensyvus šių medžiagų naudojimas žemdirbystėje kelia pavojų ne tik dirvožemiui, bet ir medvilnę auginančių ūkininkų bei netoli plantacijų gyvenančių žmonių sveikatai [20]. Viena iš alternatyvų tradicinei medvilnei – organinė medvilnė. Organinės medvilnės auginimo metu stengiamasi palaikyti dirvožemio derlingumą taikant sėjomainą ir kitus ekologinei žemdirbystei priimtinius metodus, nenaudojant trąšų ir pesticidų. Pritaikant šį pluošto auginimo metodą nenaudojamos genetiškai modifikuotos sėklos, kurios dažnai eksploatuojamos tradiciniu metodu auginant medvilnę. 2019 – 2020 metų duomenimis organinė tekstilė sudarė mažiau nei 1 % viso užauginamo medvilnės pluošto [21]. Tyrimai parodė, kad iš organinės medvilnės pagaminti džinsai turi mažiausią neigiamą įtaką aplinkai lyginant su kitais tyrime naudotais pluoštais, išskyrus perdirbtą medvilnę [22].

1.1.4. Tvarumas

Siekiant pasukti industriją tvaresne linkme bei pritaikyti joje žiedinės ekonomikos principus gamintojai ieško būdų, kaip savo produkcijoje panaudoti perdirbtas žaliavas, naujus inovatyvius pluoštus bei pasiūlyti vartotojams kitų alternatyvų, kurios paskatintų juos vartoti tvaresnius produktus. Didėjantis vartotojų poreikis kelia žaliavų paklausą, tačiau šiuo metu populiariausi pluoštai išgaunami naudojant gamtos resursus pradedant naftos produktais, baigiant dirvožemiu ir vandeniu. Siekiant užauginti gausesnius medvilnės derlius, nualinamas dirvožemis. Viskozei ir lajoceliui gaminti reikalinga celiuliozė išgaunama iš medienos, taip prisidedant prie miškų kirtimo problemos. Tam, kad medis galėtų būti panaudotas kaip celiuliozės šaltinis, jis turi augti apie 12 – 18 metų [23]. Gamtos išteklių nespėja atsinaujinti tokiu greičiu, kad būtų patenkinti gamybos industrijos ir pirkėjų vartojimo mastai. Mados pramonėje imta plačiau naudoti organinę medvilnę, perdirbtą poliesterį ir kitas tvariau išgaunamas medžiagas, tačiau vis didėjanti žaliavų paklausa tekstilės sektoriuje verčia ieškoti ir kitų alternatyvių sprendimų.

1.2. Alternatyvi žaliava tekstilei ir alternatyvos natūraliai odai

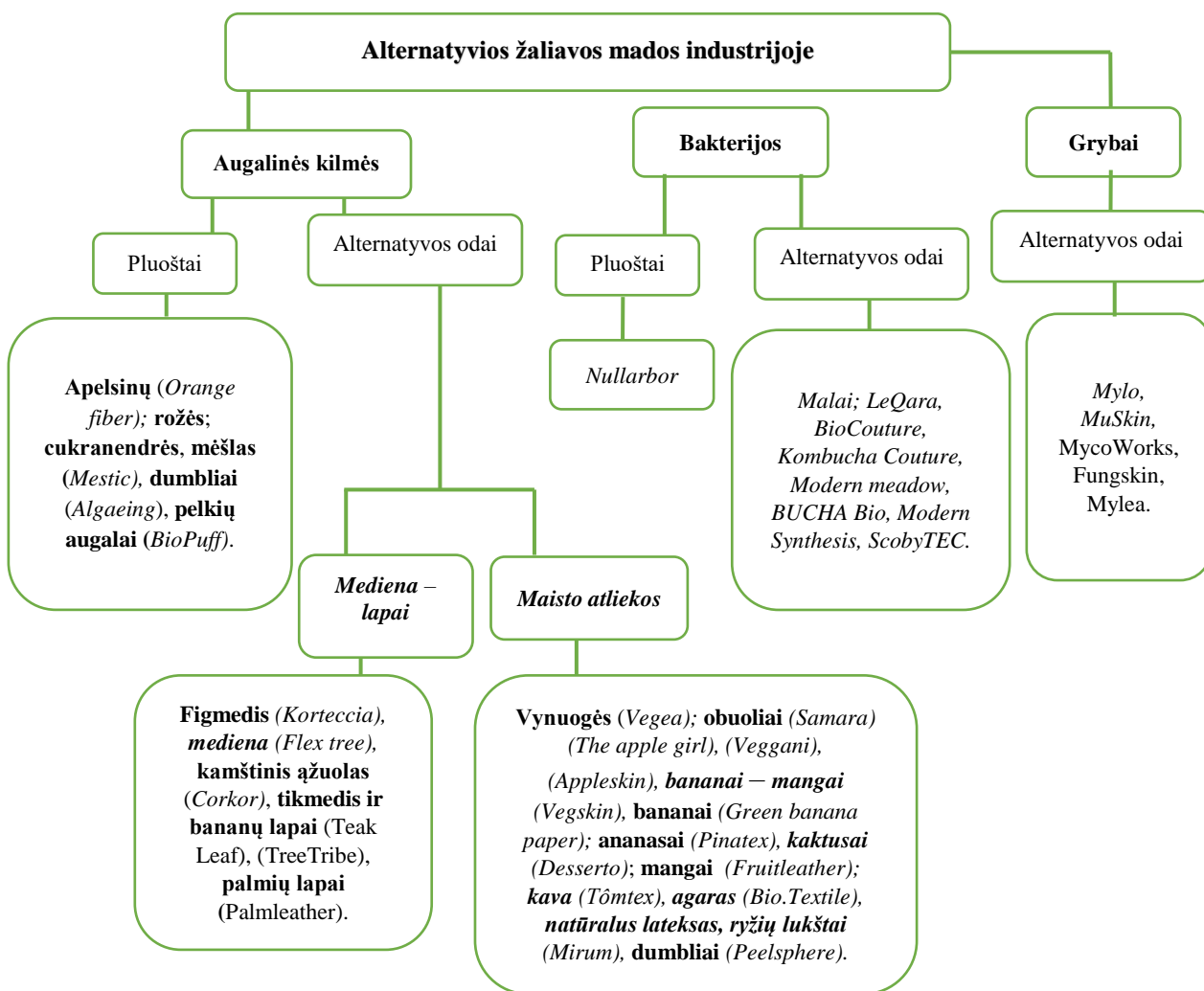
Siekiant patenkinti vis didėjančius vartotojų poreikius mados industrijoje reikia spręsti išteklių problemą. Dalis medvilnės gamintojų suka organinės žemdirbystės link, pasėliuose mažindami pesticidų vartojimą, taip mažindami dirvožemio taršą. Tradiciniais būdais išgaunamų pluoštų resursai nespėja atsinaujinti taip greitai, kaip to reiktų mados pramonei. Pastaraisiais metais matomi

bandymai rinkai pasiūlyti naujus pluoštus ir odos alternatyvas, kurie turi mažesnę neigiamą poveikį aplinkai.

Rinkoje galima rasti gaminių sukurtų iš apelsinų, cukranendrių, rožių pluošto. Taip pat tokių alternatyvų, kaip pluoštas išgaunamas iš karvių mėšlo (*Mestic*) [24], dumblių (*Algaeing*) [25], pelkių augalų (*BioPuff*) [26] ar iš mėsos pramonės atliekų (kaulų, riebalų ir kraujo) išgaunama alternatyva odai (*Shahar Livne*) [27].

Oda ir jos produktai plačiai naudojami tiek mados industrijoje, tiek kitose pramonės šakose. Ši žaliava jau ne vienerius metus kelia visuomenės susirūpinusios gyvūnų gerove nepasitenkinimą. Nors dalis produkcijos gaunama iš maisto industrijos, kita dalis užauginama specialiose fermose, kuriose gyvūnų laikymo sąlygos kelia tiek aktyvistų, tiek vartotojų pasipiktinimą [28]. Dirbtinė oda kelia kitų problemų, nes ši sintetinė medžiaga gaminama iš naftos produktų, dirvožemyje ji yra šimtmečius taip į aplinką išskirdama pavojingas šiltnamio efektą skatinančias dujas [29].

Šiuo metu rinkoje siūlomas alternatyvias medžiagas tekstilei ir odai galima suskirstyti į tris grupes (žr. 3 pav.): augalinės kilmės (išgaunamas iš medžių arba maisto atliekų), bakterinės kilmės bei iš grybų ar jų auginimo procese išgaunamas medžiagas.



3 pav. Alternatyvios žaliavos mados industrijoje klasifikacija

Augalinės kilmės alternatyvios medžiagos dažnai gaminamos iš kitose pramonės šakose (pvz. maisto) susidariusių atliekų, taip siekiant išpildyti žiedinės ekonomikos modelį. Kaip šios srities pavyzdžius

galima išskirti tokias medžiagas, kaip *Pinatex* – alternatyvią medžiagą dirbtinei ir natūraliai odai, jos pagrindas gaminamas iš neaustinės medžiagos išgautos iš ananasų lapų – atliekų likusių po derliaus nuėmimo. Iš lapų išgautas pluoštas maišomas su iš kukurūzų krakmolo išgaunamu polimeru - polilaktidu, tokiu būdu išgauta medžiaga dažoma, apdorojama įvairiomis dangomis ir prireikus jai suteikiama faktūra. *Pinatex* gamintojai bendradarbiavo su daugiau nei 1000 prekių ženklų atstovų visame pasaulyje, įskaitant - *Hugo Boss* ir *H&M* [30].

Kompanijos *Vegea* 2017 metais apdovanotos *H&M Global Change Award* už inovacijas mados sektoriuje, iš vyno gamybos metu susidariusių vynuogių atliekų sukurta alternatyvi odai medžiaga, gali būti naudojama kaip odos pakaitalas ne tik mados pramonėje [31]. Kompanija bendradarbiavo su tokias mados prekių ženklais, kaip *Tommy Hilfiger*, *Calvin Klein*, *H&M* ir automobilių gamintoju *Bentley* [32]. Roterdame įsikūrusioje kompanijoje *Fruitleather* iš transportavimo metu pažeistų ir nebetinkamų parduoti mango vaisių gaminama medžiaga, pristatoma kaip tvarus pakaitalas odai. Šis gamintojas taip pat bendradarbiauja su mados ir interjero dizaino prekės ženklais [33]. 2021 metais prancūzų *startuolis Vegskin* iš bananų ir mango maisto atliekų pradėjo kurti alternatyvią odai medžiagą [34]. Iš itin populiarus gėrimo – kavos taip pat yra gaminamos alternatyvos odai. Dizainerio Jen Tran (Uyen Tran) iš Vietnamo kuriama medžiaga *Tômtex* faktūra primena gyvatės ar net krokodilo odą. Ši medžiaga gaminama iš kavos tirščių ir jūros gėrybių, vartojamų maistui, kiautų. Iš kiautų išgaunamas chitozanas suteikia medžiagai stiprumo, o siekiant užtikrinti hidrofobiškumą gaminiai dengiami bičių vašku [35].

Berlyne įkurta įmonė *Peelsphere* prekiauja iš vaisių žievelių ir dumblių sukurta medžiaga [36]. 2022 metais *Alexander McQueen* mados namams priklausančio prekių ženklo *MCQ* kūrėjai pristatė iš kompanijos *Mirum* sukurtos odos alternatyvos pasiūtus švarkus [37]. *Mirum* – gaminys sukurtas iš kaučiukmedžio išgaunamo latekso, bei ryžių lukštų. Ši medžiaga pristatoma, kaip pilnai suyranti dirvožemyje [38].

Kompanijų *Samara*, *Appleskin* ir *The apple girl*, asortimente siūlomos medžiagos, kurios pagamintos obuolių atliekų pagrindu. Sulčių gamybos metu likusios obuolių žievelių atliekos maišomos su poliuretanu siekiant išgauti aukštos kokybės alternatyvų odos pakaitalą. *Samara* ir *Appleskin* medžiagos naudojamos gaminant rankines, pinigines, avalynę, aksesuarus bei baldų užvalkalus [39] [40]. *The apple girl* asortimente siūloma alternatyvi oda pagaminta iš obuolių minkštimo likusio po sidro gamybos proceso [41]. Jungtinėse Valstijose įkurto prekių ženklo *Veggani* asortimente siūlomos rankinės, pagamintos iš obuolių žievelių bei kamštinio ažuolo žievės medžiagų [42]. Iš šios medžiagos sukurtus gaminius taip pat galima rasti ir *Corkor* prekių ženklo asortimente [43]. Rinkoje galima rasti odos alternatyvų, pagamintų iš medžių ar jų dalių: *Flextree* [44], tikmedžio lapų dengtų poliolefino danga (*Teak Leaf*) [45], taip pat bananų lapų – *TreeTribe* [46], *Green Banana Paper* [47], palmių lapų – *Palmleather* [48], figmedžio žievės – *Kortecchia* [49]. Medžiagos, sukurtos iš maisto pramonės atliekų ar kitų šalutinių produktų, yra skirtos atliepti žiedinės ekonomikos principus. Šalia jau aptartų prekių ženklų verta paminėti įmonėje *Desserto* kuriamą medžiagą iš kaktusų. Dėl klimato kaitos spartėjant dykumėjimo procesui, mažėja dirbamos žemės plotai. Tokiomis sąlygomis augti prisitaikę kaktusai, naudojami kaip žaliava alternatyvios augalinės odos gamybai. *Desserto* produkciją savo asortimente pristatė tokie garsūs mados prekių ženklai kaip *Givenchy*, *Karl Lagerfeld*, *Adidas*, *H&M*, bei automobilių industrijos atstovai – *Mersedez-Benz* ir *BMW* [50].

Kita alternatyvių medžiagų grupė, kuri šiuo metu plačiai tyrinėjama, kaip pakaitalas odai - iš grybų dalių ar jų micelio pagamintos medžiagos. Iš *Phellinus ellipsoideus* rūšies grybų gaminama *MuSkin*

medžiaga savo išvaizda primena zomšą ir pasižymi geromis terminėmis bei stiprumo savybėmis. Tyrimai rodo, kad ji taip pat pasižymi antibakterinėmis ir antigrybelinėmis savybėmis [51]. Iš micelio pagamintą medžiagą *Mylo* prototipų gamybai jau naudoja *Adidas*, *Stela McCartney* prekių ženklai [52]. Prabangos prekių ženklas *Hermes* bendradarbiaujant su įmone, siūlančia alternatyvią medžiagą iš micelio *MycoWorks*, 2021 metais klientams pristatė atnaujintą klasikinės rankinės modelio *Victoria* variantą [53]. Vokiečių kompanijoje *nat-2* sukurtas batų modelis, pagamintas iš įmonėje *Zvnder* sukurtos alternatyvios odai medžiagos *Fungskin*, kuri gaminama iš ant medienos augančių pinties grybų [54]. Rinkoje taip pat galima rasti iš agromiškininkystės atliekų išgauto micelio pagamintą medžiagą – *Mylea* [55].

Trečioji grupė - tai iš bakterinių kultūrų išauginamos medžiagos, kurios taip pat gali būti naudojamos kaip alternatyva odai. Šios idėjos pradininkė dizainerė Siuzana Ly (Suzzane Lee) pristatė inovaciją, kuri padėtų sumažinti aplinkos taršą ir galėtų padėti pritaikyti tvarumo principus mados industrijoje. Jos idėja, kad drabužiai gali būti siuvami iš bakterinės celiuliozės, susidariusios *kombucha* gėrimo fermentacijos metu. Ši inovacija pristatyta 2012 metais, po trejų metų Paryžiaus mados savaitėje dizainerė Saša Lorin (Sasha Laurin), prekių ženklo *Kombucha couture* įkūrėja, pristatė drabužių ir aksesuarų kolekciją iš bakterinės celiuliozės [56]. 2019 metais kompanijos *Le Qara* pristatyta inovacija – alternatyvi odai medžiaga, užauginta mikroorganizmų, buvo apdovanota *H&M* fondo įsteigta *Global Change Award* premija [57]. Jungtinėse Amerikos Valstijose įkurta įmonė *BuchaBio kombucha* gėrimo fermentavimo metu gautą bakterinę celiuliozę siekia pritaikyti kaip pagrindą naujoms medžiagoms, kurios galėtų būti naudojamos ne tik mados ar automobilių pramonėje, kaip alternatyvi oda, bet ir kitose pramonės srityse. Iš celiuliozės kuriamos medžiagos pakuotėms, biokompozitams ar kitoms inovatyvioms perdirbamoms ir suyrančioms medžiagoms [58]. *Modern Synthesis* pristatyta technologija, pavadinta bakteriniu audimu. Jo metu iš siūlų pagaminamas norimos formos karkasas, o likusi dalis paliekama užpildyti bakterinei celiuliozei, kuri išgaunama *k.Rhaeticus* bakterijų, randamų *kombucha* gėrime, pagalba. Remiantis šia technologija užauginamas norimo dydžio ir formos gaminytis [59]. 2020 metais *Circular Design* apdovanojimu įvertinta kompanijoje *Malai* kuriama medžiaga, kuriai naudojama maisto pramonės atlieka – kokosų vanduo. Sterilizavus surinktą kokosų vandenį ant jo auginama bakterinė kultūra, kuri vėliau tampa įmonės siūloma medžiaga. Ji gali būti naudojama avalynės, aksesuarų ar interjero detalių kūrimui [60]. Australų kompanijoje *Nanollose* iš maisto pramonės surinktos atliekos panaudojamos bakterinės celiuliozės auginimui. Bakterinės celiuliozės plėvelė naudojama gaminant pluoštą *Nullarbor*, kuris pristatomas, kaip tvaresnė alternatyva viskozei, kadangi šiam pluoštui išgauti, vietoje tradicinės medienos, naudojama bakterinė celiuliozė [61].

1.3. Bakterinė celiuliozė – galimybės ir apribojimai panaudojant kaip alternatyvią žaliavą

Bakterinė celiuliozė, kaip patraukli alternatyvi žaliava, tyrinėjama ilgą laiką. Nors anksčiau minėtos įmonės siekia pritaikyti šią medžiagą mados industrijoje, dėl šios medžiagos teikiamų galimybių tyrimai mados srityje neapribojami. Bakterinės celiuliozės galimybės tiriamos medicinos sektoriuje - odos audinių atstatymui [62], žaizdų gydymui [63], maisto pramonėje – pakuočių gamybai, kosmetikoje – lakštinių veido kaukių gamyboje, bei elektronikos pramonėje [64].

Ši medžiaga patraukli tuo, kad lyginant su šiuo metu naudojamais celiuliozės šaltiniais, tokiais kaip medvilnė ar mediena, tą patį kiekį celiuliozės galima išgauti per ženkiai trumpesnę laiką, sunaudojant minimalų kiekį sąnaudų. Bakterinės celiuliozės gamybai nereikalingi dideli dirvožemio plotai, trąšos bei pesticidai. Kontroliuojamomis sąlygomis ši medžiaga gali būti auginama, bet kurioje klimato

juostoje, taip potencialiai sutrumpinant tiekimo grandines, žaliavas auginant arčiau gamyklų, kuriose išgaunamas pluoštas [61]. Taip pat, bakterinėje celiuliozėje nėra tokių priemaišų, kaip ligninas, pektinai, hemiceliuliozė, kurie kenkia medžiagų kokybei ir yra randami kituose tradiciniuose celiulioziniuose pluoštuose [65]. Dėl to perdirbant šią celiuliozės rūšį nereikia papildomų technologinių procesų, kurie skirti pašalinti nereikalingas priemaišas – tai aktualu trumpinant gamybos procesą, mažinant sąnaudas ir užtikrinant aukštą medžiagos kokybę.

1.3.1. Beatliekė gamyba (angl. *zero waste*)

Kombucha gėrimo fermentacijos metu susiformuojanti bakterinės celiuliozės plėvelė gali būti užauginama bet kokios pasirinktos formos [66]. Dėl šios ypatybės ji gali būti patraukli alternatyvi medžiaga aprangos gamyboje. Atsisakius dalies technologinių procesų galima išgauti norimo dydžio ir formos aprangos detales. Iš tokios medžiagos gaminami drabužiai gali būti pritaikyti beatliekiam (angl. *zero waste*) drabužių dizainui. Plėvelė padėtų išspręsti šiam judėjimui kylančios drabužių dizaino apribojimo problemas, kadangi pasirinktos formos užaugintų detalių nereikėtų sukirpti. Pagaminus bakterinės celiuliozės auginimui skirtas formas atkartojančias tradicinių drabužių konstrukcinių detalių formą, gali būti užauginamos konkretaus dydžio ir išmatavimų detalės. Iš tokių detalių drabužis gali būti siuvas tradiciniais metodais, klijuojamas, ar formuojamas iš šlapios plėvelės ir paliekamas išdžiūti [67]. Tokiu būdu drabužiai pagaminami be tarplekalinių tekstilės atliekų, po naudojimo gaminys gali būti perdirbtas ar tiesiog kompostuojamas dirvožemyje [66]. Užauginta bakterinės celiuliozės plėvelė yra gelinės konsistencijos, džiuodama ji praranda apie 90% savo masės [68]. Išdžiovintos medžiagos savybėms įtakos turi džiovinimo temperatūra - žema džiovinimo temperatūra padeda išsaugoti poringą struktūrą. Aukštesnėje nei 25°C temperatūroje džiovinama medžiaga tampa standesnė [69]. Tyrimai rodo, kad *kombucha* gėrimo fermentacijos metu užaugintą bakterinę celiuliozę paveikus gliceroliu galima keisti medžiagos mechanines savybes ir suteikti medžiagai papildomų savybių, pavyzdžiui, tam tikrą atsparumą ugniai [70].

Taip pat tyrimai parodė, kad ši medžiaga gali būti dažoma iš daržovių išgaunamais natūraliais dažais, ar netgi įvedus dažus fermentacijos procese, užauginama pasirinktos spalvos plėvelė [65].

1.3.2. Hidrofobinės savybės

Bakterinės celiuliozės medžiagos hidrofiliškumas – viena iš priežasčių, dėl kurių plėvelė, nepaisant patrauklių jos savybių, vis dar sunkiai pritaikoma aprangos ir avalynės gamybai [68]. Išdžiovinta bakterinės celiuliozės plėvelė dėl poringos struktūros, drėkinant greitai absorbuoja skysčius. Ši savybė patogi ir gali būti pritaikoma perkonstruojant gaminį. Plėvelės adhezijos savybės leidžia sujungti atskirus sluoksnius be papildomų technologinių sprendimų, o gaminį sušlapinus jis tiesiog išyra. Atskyrus detales, jas galima panaudoti iš naujo. Tačiau kasdienio naudojimo aprangai ir avalynei tokia savybė netinkama. Analizuojant literatūrą buvo nustatyta, kad siekiant pagerinti bakterinės celiuliozės hidrofobines savybes, buvo bandoma plėvelę paveikti įvairiomis medžiagomis – sojų aliejumi, polietinglikoliu, bičių vašku, laurilo galatu, deguonies plazma, trichlormetilsilanu, silikonu, perfluoranglevandeniliais, polianilinu, karboksilmetilceliulioze, polilaktido rūgštimis bei išbandant elektroverpimo galimybes [68].

Bakterinė celiuliozė buvo apdorota tekstilės hidrofobiškumui ir riebalų atsparumui padidinti skirta medžiaga *Baygard EFN* [68], kuri pagaminta perfluoranglevandenilio C6 pagrindu [71]. Nors šiuo metodu apdirbta celiuliozės plėvelė parodė aukštesnius hidrofobiškumo rodiklius, šis metodas nepatrauklus vartojimui, dėl šios dangos neigiamo poveikio aplinkai ir žmogaus sveikatai [72].

Europos Komisijos 2020 metais paskelbtoje strategijoje dėl tvaraus cheminių medžiagų naudojimo išskiriama, kad iki 2030 siekiama mažinti PFAS naudojimą chemijos pramonėje [73]. Kitų tyrimų, atliktų su sojų aliejumi, bičių vašku ir kitais anksčiau paminėtais priedais, rezultatai bus plačiau aptariami tiriamojame šio darbo dalyje.

2. Eksperimentiniai bakterinės celiuliozės plėvelės savybių tyrimai

Bakterinė celiuliozė tyrinėjama kaip alternatyvi medžiaga, kurios panaudojimas siejamas su inovacijomis – medicinos, maisto, bei mados pramonės sektoriuose. Kaip minėta anksčiau, viena iš problemų siekiant šią medžiagą pritaikyti tekstilės sektoriui, – bakterinės celiuliozės plėvelei, išgaunamai *kombucha* gėrimo fermentavimo metu, būdingos hidrofilinės savybės. Baigiamojo projekto eksperimentinėje dalyje buvo ieškoma galimybių pakeisti plėvelės hidrofilines savybes pritaikant skirtingą plėvelės paruošimo technologiją ir apdailą. Siekiant ištirti plėvelės paruošimo proceso ir agarų apdailos įtaką bakterinės celiuliozės vandens sugėrimo savybėms, buvo išmatuotas bandinių vilgumo kampas remiantis ISO 14778:2021 standartu [74]. Medžiagos mechaninės savybės nustatytos pagal ISO 527-1:2019 standartą. [75]

2.1. BC plėvelės gavimo procesas *kombucha* gėrimo fermentacijos metu

Tyrime naudojama bakterinės celiuliozės plėvelė susidaranti *kombucha* gėrimo fermentacijos metu. *Kombucha* fermentuotos arbatos gėrimas dažniausiai gaminamas iš kininio arbatmedžio (*Camellia sinensis*). Jis pradėtas gaminti 220 m. pr. Kr. g. Kinijos Mandžiūrijos regione, vėliau paplito Japonijoje, o dvidešimto amžiaus pradžioje ir Europoje [76]. Pastaruosius kelerius metus *kombucha* ėmė sparčiai populiarėti dėl probiotinių savybių ir galimos teigiamos įtakos sveikatai [77]. Prognozuojama, kad pasaulinė *kombucha* gėrimo rinka augs. 2021 metais ši rinka pasauliniu mastu buvo vertinama 2,64 mlrd. JAV dolerių, prognozuojama, kad 2022 m. ji augs iki 3,53 mlrd. JAV dolerių, o 2030 m. – 9,7 mlrd. JAV dolerių [78]. Su šiuo populiarumo augimu plito ne tik komercinė gamyba, bet ir šio gėrimo fermentacija namų sąlygomis. Jis gaunamas raugiant saldžią arbatą su simbiotinė acto rūgšties bakterijų ir mielių kultūra [79]. Gėrimo fermentacijos metu dalyvaujant acto rūgšties bakterijoms ir mieliagybiams, gėrimo paviršiuje susidaranti bakterinės celiuliozės plėvelė dar populiariai vadinama arbatos grybu. Ši plėvelė po fermentavimo proceso dažnai išmetama kaip šalutinis produktas, tačiau ji gali būti panaudota kaip žaliava alternatyvioms medžiagoms kurti, taip atliepiant žiedinės ekonomikos principus. Šiame darbe naudota bakterinės celiuliozės plėvelė buvo užauginta toliau aprašytomis sąlygomis.

2.1.1. BC modifikavimas agaru

Siekiant pagerinti bakterinės celiuliozės savybes, tyrimo metu medžiaga buvo modifikuota agaru. Ši iš *Gelidium* rūšies dumblių išgaunama medžiaga, nuo 17 amžiaus Japonijoje naudojama kulinarijoje kaip alternatyva želatinai. Agaras taip pat naudojamas kaip laboratorinis reagentas bakterijoms auginti ir izoliuoti [80]. Ši medžiaga tyrinėjama, kaip alternatyva maisto pakuotėms [81], taip pat pristatomi bandymai pritaikyti šią medžiagą ir mados pramonėje [82]. Ši apdaila parinkta remiantis 2018 metais atliktu tyrimu, kuriame buvo įvertinamas agarų savybių pokytis, jį sumaišius su bakterine celiulioze [81].

2.2. Tiriamasis objektas

Bakterinės celiuliozės auginimo terpė paruošta iš 1 l virinto vandens, 4 g žaliosios arbatos (gryna žalioji arbata, Kinija), 100 g sacharozės (UAB Panevėžio cukrus, Lietuva) ir 100 ml 6% obuolių acto (obuolių sidro actas, Lietuva). Auginimo terpė parengta remiantis šaltiniais [83], tačiau šiuo atveju siekiant paskatinti spartesnę bakterinės celiuliozės augimą padidintas sacharozės kiekis. Bandinių auginimo terpės sudedamosios dalys pateikiamos 1 lentelėje. Fermentacija vyksta 7 paras, kontroliuojamomis oro sąlygomis (20 ± 2 °C temperatūra ir $65,0 \pm 5,0$ % santykinis oro drėgnis).

1 lentelė. Bandinių auginimo terpė

Ingredientai	Kiekis
Virintas vanduo	1000 ml
Arbata	4 g
Baltasis cukrus	200 g
6% obuolių actas	100 ml
<i>Kombucha</i> arbatos grybas	1 gab.



4 pav. Užaugintas 1 cm storio bandinys

2.3. Bandinių paruošimas ir tyrimo metodikos

Per 7 paras arbatos tirpale užauginta medžiaga (4 pav.) ištraukiama iš auginimo indo ir ruošiama tolesniems bandymo etapams.

1 grupei skirtas bandinys ištrauktas iš arbatos tirpalo nuplautas tekančiu vandentiekio vandeniu ir išdžiovintas krosnelėje SNOL su vėdinimu 30 °C temperatūroje iki pastovios masės >24 val. Kitos bandinių grupės nuplovus tekančiu vandeniu buvo 2 val. paveiktos 80 °C NaOH šarmo 1% tirpalu, kas 0,5 val. keičiant tirpalą, 100 g bandinį merkiant į 2 l tirpalo. 3, 5 ir 6 grupių bandiniams bakterinės celiuliozės plėvelė buvo susmulkinta naudojant Nutribullet® smulkintuvą 20000 aps/min. 3 grupės bandinys suformuotas naudojant presą – 20 sekundžių paveikiant masę 0,06 MPa slėgiu 160°C

temperatūroje. Džiovinata analogiškais sąlygomis kaip ir kiti bandiniai. 4 grupės bandinys po apdorojimo šarmu, nuplautas ir 20 minučių mirkytas 98°C temperatūros 1% agaro tirpale. 5 grupės bandiniai susmulkinti kaip ir 3 grupės, 100 g smulkintos bakterinės celiuliozės sumaišyta su 1% agaro tirpalu ir bandinys suformuotas presu analogiškai 3 grupei. 6 bandinių grupė paruošta 100 g susmulkintos bakterinės celiuliozės plėvelės sumaišius su 1 g agaro miltelių, 20 minučių agaras brinkintas celiuliozės masėje, po to masė pakaitinta iki virimo, nusunkta ir suformuota presu 20 sekundžių paveikiant masę 0,06 MPa slėgiu nenaudojant temperatūros. Visi bandiniai džiovinami analogiškai pirmajai grupei – SNOL krosnelėje su vėdinimu 30 °C temperatūroje iki pastovios masės >24 val. Bandinių grupių paruošimo metodika pateikiama 2 lentelėje.

2 lentelė. Bandinių grupių paruošimo metodika

Procesas	1 grupė	2 grupė	3 grupė	4 grupė	5 grupė	6 grupė
Fermentacija	1 cm užauginta	1 cm užauginta	1 cm užauginta	1 cm užauginta	1 cm užauginta	1 cm užauginta
Plovimas	Nuplaunama tekančiu vandeniu	Nuplaunama tekančiu vandeniu	Nuplaunama tekančiu vandeniu	Nuplaunama tekančiu vandeniu	Nuplaunama tekančiu vandeniu	Nuplaunama tekančiu vandeniu
Apdorojimas 1	-	80 °C, 1% NaOH šarme 2 val.	80 °C, 1% NaOH šarme 2 val.	80 °C, 1% NaOH šarme 2 val.	80 °C, 1% NaOH šarme 2 val.	80 °C, 1% NaOH šarme 2 val.
	-	Nuplaunama tekančiu vandeniu	Nuplaunama tekančiu vandeniu	Nuplaunama tekančiu vandeniu	Nuplaunama tekančiu vandeniu	Nuplaunama tekančiu vandeniu
Smulkinimas	-	-	Smulkinama smulkintuvu 20000 aps/min 1 min	-	Smulkinama smulkintuvu 20000 aps/min 1 min	Smulkinama smulkintuvu 20000 aps/min 1 min
	-	-	Suformuota plėvelė 20s/ 0,06 MPa slėgiu 160°C	-	-	-
Apdorojimas 2	-	-	-	Mirkoma 20 min 98°C 1% koncentracijos agaro tirpale	Sumaišoma 100g smulkintos BC su 1% koncentracijos agaro tirpalu	Sumaišoma 100g su 1 g agaro, 20 min brinkinama, pakaitinta iki virimo
	-	-	-	-	Suformuota plėvelė 20s/ 0,06 MPa slėgiu 160°C	Suformuota plėvelė 20s/ 0,06 MPa slėgiu
Džiovinimas	Džiovinama 30 °C temperatūroje iki pastovios masės >24 val.	Džiovinama 30 °C temperatūroje iki pastovios masės >24 val.	Džiovinama 30 °C temperatūroje iki pastovios masės >24 val.	Džiovinama 30 °C temperatūroje iki pastovios masės >24 val.	Džiovinama 30 °C temperatūroje iki pastovios masės >24 val.	Džiovinama 30 °C temperatūroje iki pastovios masės >24 val.

2.3.1. Tempimo savybių tyrimas

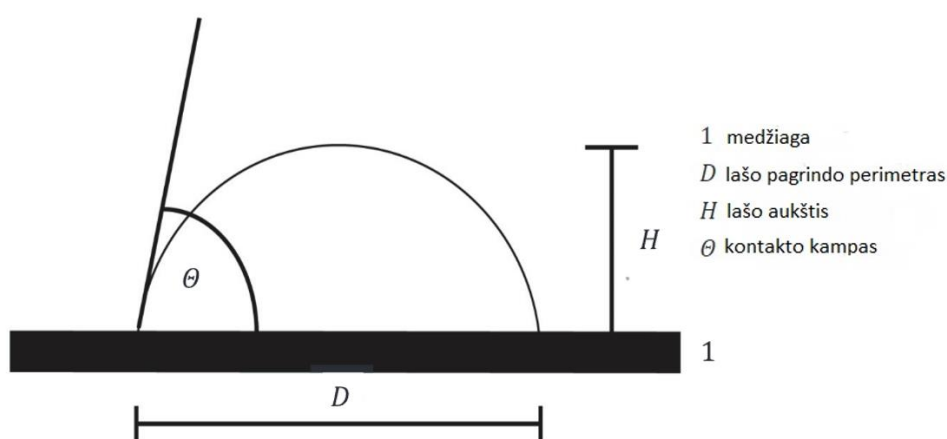
Remiantis ISO 527-1:2019 standartu [75] parengta po 10 kiekvienos grupės bandinių. Išmatuotos kiekvieno bandinio storio charakteristikos, atliekant 5 matavimus skirtingose bandinio vietose elektroniniu stormačiu DT60. Toliau naudojama vidutinė storio vertė. Bandinių kraštai sutvirtinti popierine lipnia juosta siekiant išvengti praslydimo tempimo mašinos gnybtuose. Paruošto bandinio ilgis >100 mm, plotis 10 mm. Deformacinės savybės buvo tirtos naudojant universalią tempimo mašiną *TINIUS OLSEN*, eksperimento parametrai nurodyti 3 lentelėje. Tempimo mašina buvo užrašyta jėga – ištįsa kreivė, nustatyta maksimali tempimo jėga (N), ištįsa (mm), maksimali ištįsa (%) (žr. 1-6 priedą). Bandinių grupių palyginimui buvo apskaičiuotas tampros modulis (MPa) ir tempimo stipris (MPa) [79 p. 46].

3 lentelė. Tempimo mašinos parametrai

Bandymo parametrai	
Apkrova, N	500
Ištįsos diapazonas, mm	150
Atstumas tarp spaustuvų, mm	55
Greitis, mm/min	10

2.3.2. Vilgumo kampo nustatymas

Bandinių atsparumas vandeniui vertintas išmatuojant vilgumo kampą, pagal ISO/TS 14778:2021 standartą [74], naudojant kišeninį gionometrą PG-3. Kiekvienai bandinių grupei buvo atlikta po penkis kampo matavimus naudojant dejonizuotą vandenį. Dėl medžiagos hidrofiliškumo rodiklių matavimai fiksuoti praėjus 0,1 s po vandens lašo kontakto su tiriamojo bandinio paviršiumi (žr. 5 pav.). Vilgumo kampo vertė nustatyta kaip vidutinė matavimų vertė.



5 pav. Vilgumo kampo matavimas optiniu metodu [74]

2.3.3. Bandinių paviršiaus charakterizavimas

Bandinių optinės savybės nustatytos *Nikon Eclipse E200* optiniu mikroskopu. Gauti vaizdai padidinti 40 ir 100 kartų, apšviečiant bandinį iš apačios. Bandinių paviršiaus vaizdas padidintas 100 kartų ir užfiksuotas naudojant šoninį apšvietimą. Palyginimui bandinių paviršiaus vaizdas buvo fiksuojamas *EPSON* skeneriu, išsaugant 600 dpi raiškos vaizdus *jpg* formatu.

2.4. Rezultatų statistinis patikimumas

Eksperimentų metu gauti duomenys analizuoti matematinės statistinės analizės metodais. Apskaičiuoti šie statistiniai rodikliai: aritmetinis vidurkis, standartinis kvadratinis nuokrypis S , bei variacijos koeficientas CV .

Nustačius skirtingo paruošimo bandinių grupių charakteristikas, gauta aukšta rezultatų sklaida, dalies bandinių atveju viršijusi 10%, dėl to rezultatų atrankai pritaikytas Grebso abejotino pirminio duomens kriterijus [84], abejotinas dėmuo atmetamas, rezultatai apskaičiuoti naudojantis *GrandPad* internetine skaičiuokle [85].

2.5. Rezultatų aptarimas

Siekiant ištirti skirtingų bakterinės celiuliozės bandinių grupių savybes, buvo įvertintas bandinių storis, stiprumo ir ištįsos charakteristikos, apskaičiuotas stiprio įtempis ir pradinis tampros modulis, nustatytas vilgumo kampas, bei apžvelgti vizualiniai bandinių paviršiaus skirtumai naudojant optinį mikroskopą.

2.5.1. BC bandinių paruošimo proceso įtaka storio charakteristikoms

Bandinių storis išmatuotas skaitmeniniu indikatoriumi DPT 60 0,01 mm tikslumu 5 skirtingose bandinio vietose. Storio matavimų vidurkiai pateikiami 4 lentelėje.

4 lentelė. Vidutinis bandinių storis

	1 grupė	2 grupė	3 grupė	4 grupė	5 grupė	6 grupė
Vidutinis bandinių storis, mm	0,90 mm	0,36 mm	0,28 mm	0,35 mm	0,28 mm	0,44 mm
Vidutinis kvadratinis nuokrypis	0,01	0,02	0,13	0,02	0,11	0,18
Variacijos koeficientas %	1%	5%	46%	7%	37%	46%

Iš rezultatų matoma, kad 1 grupės bandinių vidutinis storis smarkiai išsiskiria iš kitų. Ši bandinių grupė nebuvo papildomai apdorota NaOH tirpale, dėl to iš jos nepašalinti šalutiniai produktai, kurie leidžia išlaikyti didesnę medžiagos storį ir elastingumą lyginant su kitomis grupėmis. Kitų nesmulkintos bakterinės celiuliozės grupių (2 ir 4) bandiniai paveikti šarmo tirpalu po džiovinimo proceso liko panašaus vidutinio storio. Vertinant bandinių, formuotų iš smulkintos celiuliozės vidutinį storį, matoma, kad 3 ir 5 grupės bandinių storis vienodas, nepaisant to, kad 5 grupės bandinys buvo apdorotas agaru. Grupės buvo formuojamos tokiomis pačiomis sąlygomis – presu, paveikiant temperatūra. 6 grupės bandiniai taip pat suformuoti iš smulkintos bakterinės celiuliozės, ruošiant bandinius smulkinta masė buvo maišoma su agaru milteliais ir formuojama presu, tačiau papildomai nebuvo naudojama aukšta temperatūra. Iš rezultatų matome, kad pastaroji grupė išsiskiria didesniu vidutiniu storiu iš kitų smulkintų bandinių (3 ir 5) grupių.

Iš variacijos koeficiento skaičiavimų matoma, kad smulkintos ir formuotos bakterinės celiuliozės grupių bandinių storis gana netolygus lyginant su kitomis grupėmis. Nustatyta tendencija, kad kuo daugiau skirtingų technologinių procesų buvo naudota ruošiant BC medžiagą, tuo sunkiau užtikrinti

tolygų bandinių storį. Įvertinant šio tyrimo rezultatus, toliau bandiniai buvo analizuojami apskaičiuojant tempimo stiprio charakteristiką, kai buvo matuojamas kiekvieno tiriamojo bandinio storis, nenaudojant vidutinio storio vertės.

2.5.2. BC bandinių paruošimo proceso įtaka tempimo stiprio ir deformacijos rodikliams

Atlikus tempimo deformacijos tyrimą nustatyta, kad bandinių, formuotų iš smulkintos bakterinės celiuliozės plėvelės (grupės 3, 5 ir 6), rezultatų variacijos koeficientas yra gana aukštas lyginant su nesmulkintos celiuliozės bandiniais. Šios grupės bandiniai modifikavimo ir formavimo procesų metu kelis kartus buvo veikiami aukšta temperatūra. Ištirta, kad aukštesnė nei 50°C džiovimo temperatūra turi neigiamos įtakos bakterinės celiuliozės plėvelės stiprumo savybėms [86]. Manoma, kad panašūs procesai vyko ir šių eksperimentų metu, kai pakartotinas plėvelės formavimas galėjo turėti įtakos bandinių savybėms. Iš smulkintos celiuliozės grupių geriausius rodiklius parodė 3 grupė. Šios grupės bandiniams tyrimų metu nustatyta aukštesnė maksimali trūkimo jėga nei 1 grupės bandiniams, ir didesnė ištįsa nei 4 grupės nesmulkintos plėvelės bandiniams.

Iš rezultatų (žr. 5 lentelė) matoma, kad 1 grupės bandiniams nustatyta didžiausia maksimali ištįsa. Kaip minėta anksčiau ištįsą lemia medžiagoje likę šalutiniai produktai, dėl kurių yra išlaikomas plėvelės elastingumas. Šie rodikliai artimi charakteringoms vertėms, kurios nurodomos literatūroje [79]. Pažvelgus į 2 ir 4 grupės rodiklius, matoma, kad natrio šarmu paveiktų bandinių ištįsa sumažėja daugiau nei perpus, lyginant su pirmąja grupe. Verta atkreipti dėmesį, kad 4 grupės bandinių papildomai apdorotų agaru, ištįsa sumažėja iki kelių procentų. Taip pat nustatyta, kad nors pirmoji grupė pasižymi aukščiausiais vidutiniais ištįsos rodikliais, šiai grupei nustatyta mažiausia vidutinė trūkimo jėga, lyginant ją su kitais nesmulkintos bakterinės celiuliozės bandiniais. Šios grupės bandiniams, taip pat, nustatyti ir žemesni rodikliai nei 3 grupės smulkintos plėvelės bandiniams. Grupės, kurios nebuvo paveiktos agaru (1, 2 ir 3) pasižymėjo didesne ištįsa, nei agaru ir pakartotinai temperatūra paveiktų grupių bandiniai (4, 5 ir 6).

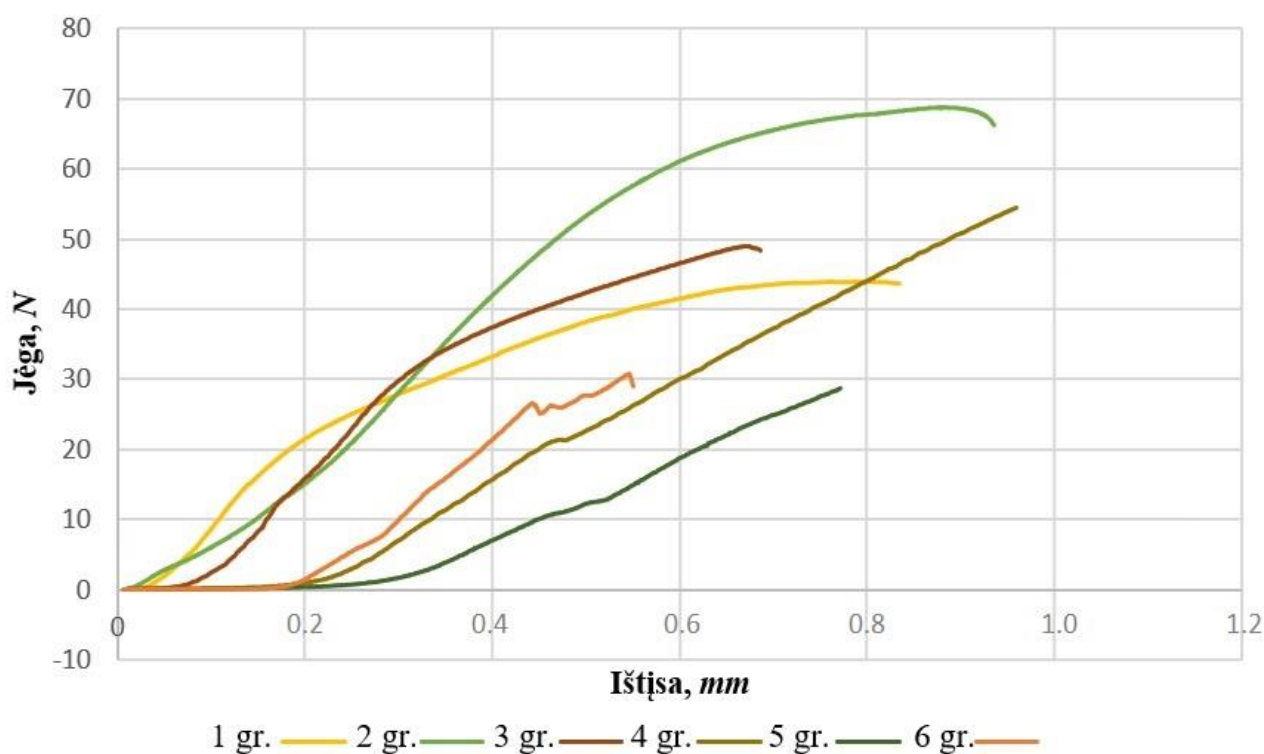
5 lentelė. Trūkimo jėgos ir maksimalios ištįsos rezultatai

	1 grupė	2 grupė	3 grupė	4 grupė	5 grupė	6 grupė
Maksimali trūkimo jėga, N	43,16	76,3	50,3	53,69	27,62	32,18
Vidutinis kvadratinis nuokrypis	2,75	11	11,66	7,62	13,26	13,46
Variacijos koeficientas %	6%	14%	23%	14%	48%	42%
Maksimali ištįsa, %	33,64	13,68	4,96	2,09	1,69	2,17
Vidutinis kvadratinis nuokrypis	2,92	3,24	1,85	0,26	0,54	0,80
Variacijos koeficientas %	9%	24%	37%	12%	32%	37%

6 lentelė. Stiprio įtempio ir tampros modulio rodikliai

	1 grupė	2 grupė	3 grupė	4 grupė	5 grupė	6 grupė
Stiprio įtempis, <i>MPa</i>	4,64	20,14	16,12	14,38	13,09	10,09
Tampros modulis, <i>MPa</i>	0,21	1,40	0,22	0,43	0,39	0,38

Iš rezultatų (žr. 6 lentelė) matoma, kad didžiausias stipris nustatytas 2 grupės bandiniams, o 1 grupės bandiniams būdingas mažiausias stipris. Lyginant su papildomai neapdorota 1 bandinių grupe, visose kitose tirtose grupėse nustatyti žymiai aukštesni rodikliai. Panašūs rodikliai matomi ir tampros modulio rezultatuose, 2 grupės rodikliai aukščiausi, visoms agaru apdorotoms grupėms (4, 5 ir 6) nustatyti panašūs rodikliai, žemiausias tampros modulis nustatytas 1 ir 3 grupės bandiniams.



6 pav. Charakteringos 6 bandinių grupių tempimo kreivės

Tempimo diagramos (žr. 6 pav.) iliustruoja skirtingą bandinių grupių elgseną tempimo metu.

2.5.3. BC bandinių paruošimo proceso įtaka šlampumui

Vilgumo kampo tyrimo rezultatai ir statistiniai duomenys pateikiami 7 lentelėje. Maža vilgumo kampo vertė ir didelis duomenų variacijos koeficientas rodo, kad bandinys yra itin hidrofiliškas. Mažiausia vilgumo kampo vertė nustatyta 1 grupės bandiniams, kurie nebuvo papildomai modifikuoti, šios grupės rodikliai pasižymi aukštu variacijos koeficientu, kadangi tyrimo metu dėl greitos skysčio absorbcijos buvo sudėtinga išmatuoti tikslias kampo vertes. Mažiausia vilgumo kampo vertė, iš modifikuotų grupių, nustatyta 2 grupės bandiniams – išmatuotas 34° kampas (žr. 7 lentelė). Nesmulkintos celiuliozės bandiniams, kurie buvo apdoroti NaOH tirpale ir vėliau agaru (4 grupė), nustatyti kiek aukštesni vilgumo kampo rodikliai (40° kampas) nei tik NaOH tirpalu paveiktos 2 grupės bandinių. Verta atkreipti dėmesį, kad smulkintos ir formuotos bakterinės celiuliozės plėvelės bandiniams išmatuotas didesnis vidutinis vilgumo kampas, nei vientisos medžiagos bandiniams. 6 grupės rezultatai nežymiai aukštesni nei 4 grupės (atitinkamai nustatyti 40° ir 44° kampai), abi šios grupės buvo paveiktos agaru, kaip ir 5 grupės bandiniai (89,6° kampas), kuriems nustatyta didžiausia vilgumo kampo vertė. 3 grupės smulkintos celiuliozės bandiniams, taip pat, nustatyti gana aukšti rodikliai (61,4°) lyginant su kitais bandiniais.

7 lentelė. Vidutinės vilgumo kampo vertės

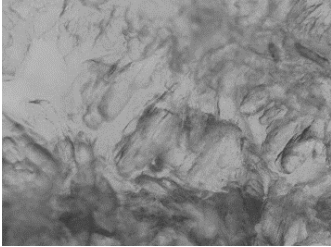
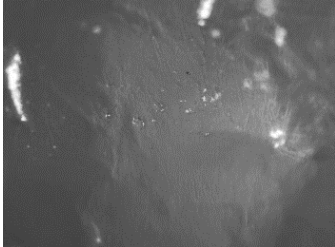

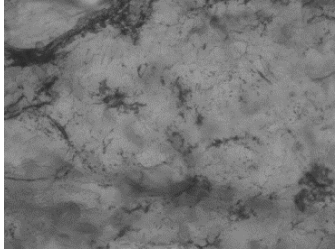
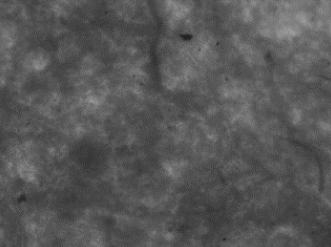

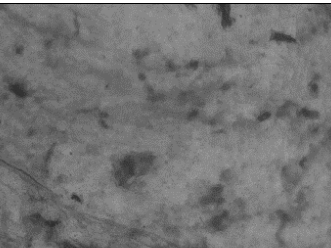
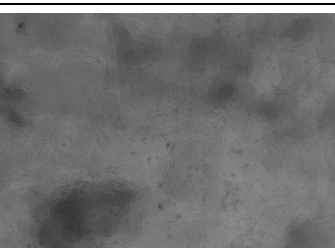
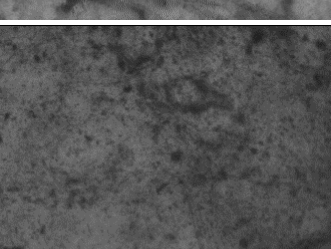
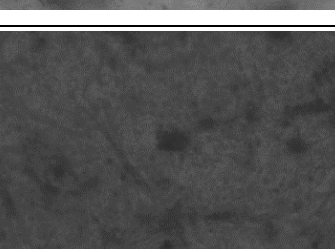
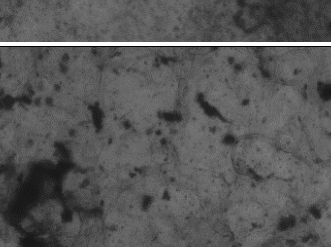
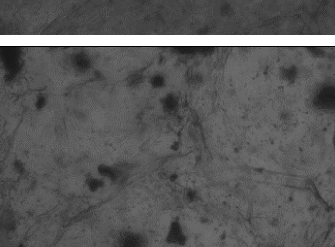
	1 grupė	2 grupė	3 grupė	4 grupė	5 grupė	6 grupė
Vidutinis bandinių vilgumo kampas	25,3°	34°	61,4°	40,2°	89,6°	44,2°
Vidutinis kvadratinis nuokrypis	6,45	3,36	1,46	1,39	2,80	2,32
Variacijos koeficientas %	25%	10%	2%	2%	3%	5%

Iš rezultatų matoma, kad tyrimo metu pavyko pakeisti skirtingai paruoštų bandinių grupių šlampumo savybes, tačiau nei vienos grupės bandinių vilgumo kampo rodikliai neviršija 90° laipsnių ribos. Tai rodo, kad remiantis standartu ISO 14778:2021 [74] visi aptarti bandiniai yra hidrofiliški. Remiantis vilgumo kampo rodikliais pateikiamais literatūroje, bakterinės celiuliozės plėvelės paveiktos skirtingomis dangomis savybės varijuoja – perfluoranglevandeniliais-*Baygard EFN* ($\approx 105^\circ$), sojų aliejumi ($95,8^\circ$), polietinglikoliu (79°), gliceroliu (81°), laurilo galatu ($\approx 118^\circ$), polilaktido rūgštimis ($\approx 102,5^\circ$) [68]. Matoma, kad šio tyrimo metu bakterinei celiuliozei atliktos modifikacijos nesuteikė pakankamo hidrofobiškumo lyginant su kitomis literatūroje nurodomomis medžiagomis. Tačiau, reikia atkreipti dėmesį, kad skirtingomis tos pačios medžiagos koncentracijomis paveikta bakterinė celiuliozė gali parodyti itin skirtingus vilgumo kampo rodiklius, dėl to tolimesniuose tyrimuose rekomenduojama išbandyti didesnes agarų tirpalo koncentracijas.

2.5.4. Plėvelės paviršiaus savybių palyginimas


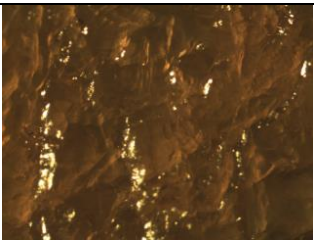

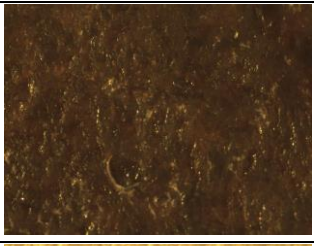

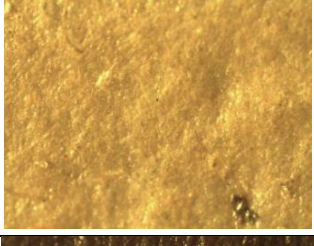

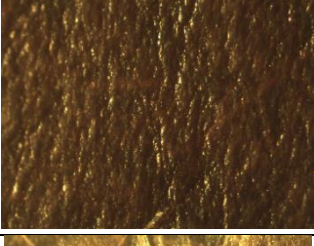

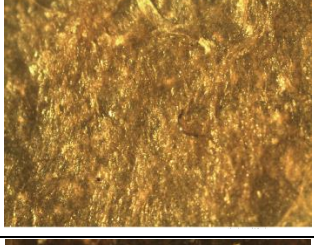

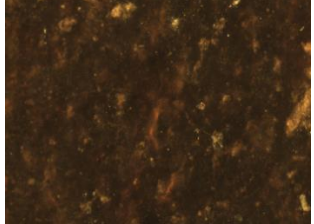
Optiniu mikroskopu užfiksuota skirtingų bandinių grupių sandara ir paviršiaus faktūra. 8 lentelėje pateikiami bandinių vaizdai užfiksuoti optiniu mikroskopu.

8 lentelė. Bandinių paviršiaus struktūra

Bandiniai	Vaizdas padidintas 40 kartų	Vaizdas padidintas 100 kartų
1 grupė		
2 grupė		
3 grupė		
4 grupė		
5 grupė		
6 grupė		

Optiniu mikroskopu užfiksuotuose vaizduose matomi vizualiniai skirtumai tarp skirtingų bandinių grupių. 1 grupės bandiniai išsiskiria skaidrumu, tekstūra kiek primena gelinę plėvelę, šarmu apdoroti 2 ir 4 grupės bandiniai gana ryškiai skiriasi nuo prieš tai aptartos grupės, čia matoma pasikeitusi plėvelės struktūra, greičiausiai auginimo metu paviršiuje susidarę storio netolygumai. 3, 5 ir 6 grupės bandiniai iš smulkintos bakterinės celiuliozės turi vizualiai tolygesnę sandarą, dalyje matosi formavimo metu susidarę raukšlėlės. Bandinių paviršiaus vaizdai užfiksuoti skeneriu EPSON ir optiniu mikroskopu (didinti 100 kartų) pateikiami 9 lentelėje.

9 lentelė. Bandinių paviršiaus vaizdas

Gr. nr.	Skenuotas medžiagos paviršiaus vaizdas	Vaizdas užfiksuotas optiniu mikroskopu, padidintas 40 kartų naudojant šoninį apšvietimą
1 grupė		
2 grupė		
3 grupė		
4 grupė		
5 grupė		
6 grupė		

Pirmosios grupės bandiniai skaidrūs, šviesios gelsvos spalvos, elastingi, savo struktūra kiek primena minkštą plėvelę, panaši faktūra matoma ir optiniu mikroskopu užfiksuotuose vaizduose. Ryškūs skirtumai matomi tarp aptartos pirmosios grupės, kuri buvo plauta vandentiekio vandeniu ir išdžiovinta, bei kitų grupių, kurių bandiniai buvo apdoroti NaOH tirpale 80 °C temperatūroje. 2 ir 4 grupės bandiniai yra standesni, tamsios rudos spalvos, dalinai skaidrūs, mažiau elastingi. Iš smulkintos bakterinės celiuliozės plėvelės formuoti bandiniai (3, 5 ir 6 grupės) savo tekstūra ir storiu primena popierių, bandinių atspalviai varijuoja, tačiau yra žymiai šviesesni nei 2 ir 4 grupių bandiniai, nors visi jie buvo paveikti šarmu vienodomis sąlygomis. 3, 5 ir 6 grupių medžiagos praradę skaidrumą, matinio, šviesaus rusvai-gelsvo atspalvio.

Atliktas optinis bandinių paviršiaus stebėjimas nėra pakankamai informatyvus, todėl rekomenduojama struktūros tyrimus atlikti elektroniniu skenuojančiu mikroskopu, kur paviršiaus analizei rekomenduojama pasirinkti 5000 x ir 10000 x didinimą [79].

2.5.5. Apibendrinimas ir eksperimentinės dalies išvados

Atlikus rezultatų analizę matoma, kad BC plėvelės savybės priklauso nuo paruošimo proceso technologijos ir parametrų. Geromis deformacinėmis savybėmis, tačiau mažu stiprumu ir dideliu hidrofiliškumu pasižyminti BC plėvelė, gaunama išdžiovinus arbatos fermentacijos metu paviršiuje susiformavusią medžiagą. Dėl gerų deformacinių savybių ši plėvelė turi potencialo būti pritaikyta mados pramonėje. Siekiant pagerinti medžiagos ilgaamžiškumą ir stabilizuoti savybes, reikia BC plėvelei pritaikyti plovimo procesą, dėl to plėvelė tampa standesnė ir stipresnė, tačiau jos deformacinės savybės smarkiai pablogėja. Panaudojant smulkinimą ir apdailą agaru, buvo bandoma suteikti patrauklesnių savybių šiai medžiagai. Parinkta technologija leido pagerinti plautos plėvelės deformacines savybes.

1. Bakterinės celiuliozės plėvelės tekstūrą, spalvą ir savybes galima keisti pritaikant skirtingą apdorojimo technologiją. Tinkamai parinkus bakterinės celiuliozės plėvelės apdorojimo procesą ir medžiagas, galima sukurti medžiagą tinkamą naudoti mados pramonėje.
2. Bakterinės celiuliozės plėvelė, kuri gaunama *kombucha* gėrimo fermentacijos metu, be papildomos apdailos pasižymi geromis deformacinėmis savybėmis (maksimali ištįsa trūkstant 33,64%), tačiau mažu stiprumu (trūkimo įtempis 4,64 MPa). Šios plėvelės vidutinis storis siekė 0,9 mm, o geras deformavimosi savybes parodo 0,21 MPa tampros modulis.
3. Tempimo deformacijos tyrimo rezultatai parodė, kad 5 ir 6 grupių agaru paveikti smulkintos bakterinės celiuliozės bandiniai turėjo aukštesnį tampros modulį, nei 3 grupės bandiniai, kurie nebuvo paveikti agaru. Didžiausiu stiprumu pasižymėjo 2 grupės nesmulkintos celiuliozės bandiniai, kuriems nustatyta 76,3 N maksimali trūkimo jėga, tačiau šios grupės bandiniams būdingas didžiausiais tampros modulis – 1,4 MPa, bei 13,68% maksimali ištįsa.
4. Galima išskirti tendenciją, kad pritaikant daugiau modifikacijų, kurių metu naudojama aukšta temperatūra (formavimas, agaro apdaila) blogėja BC plėvelės mechaninės savybės. Tai matoma lyginant 2 ir 4 grupių rodiklius (maksimali ištįsa – atitinkamai 13,68% ir 2,09%, maksimali trūkimo jėga – 76,3 N ir 53,69 N). Tai matoma ir smulkintos BC 3 ir 5, 6 grupių tyrimų rezultatuose. Tyrimo metu naudota 1% agaro tirpalo koncentracija nežymiai modifikavo bakterinės celiuliozės plėvelės savybes, tolimesniuose tyrimuose verta išbandyti didesnes tirpalo koncentracijas ir taikyti mažiau apdorojimo technologijų naudojant aukštą temperatūrą.
5. Atlikus vilgumo kampo matavimus, nustatyta, kad modifikuotos bakterinės celiuliozės plėvelės šlampumo savybes pavyko dalinai pagerinti, tačiau medžiaga liko hidrofiliška, nes visų grupių vilgumo kampas išmatuotas mažesnis nei 90°. Verta atkreipti dėmesį, kad smulkintos ir formuotos bakterinės celiuliozės 3, 5 ir 6 grupės bandiniams nustatyti aukštesni vilgumo kampo rodikliai, nei nesmulkintų 1, 2 ir 4 grupių bandinių. Rekomenduojama tolimesniuose tyrimuose ištirti šiluminio apdorojimo ir didesnių agaro tirpalo koncentracijų įtaką bakterinės celiuliozės medžiagų šlampumui.
6. Planuojant tolimesnius tyrimus reikia atkreipti dėmesį, kad tempimo deformacijos tyrime geresnius rezultatus parodė nesmulkintos bakterinės celiuliozės plėvelės bandiniai, o šlampumo bandyme didesnis vidutinis vilgumo kampas užfiksuotas smulkintos ir formuotos bakterinės celiuliozės bandinių grupių rezultatuose.

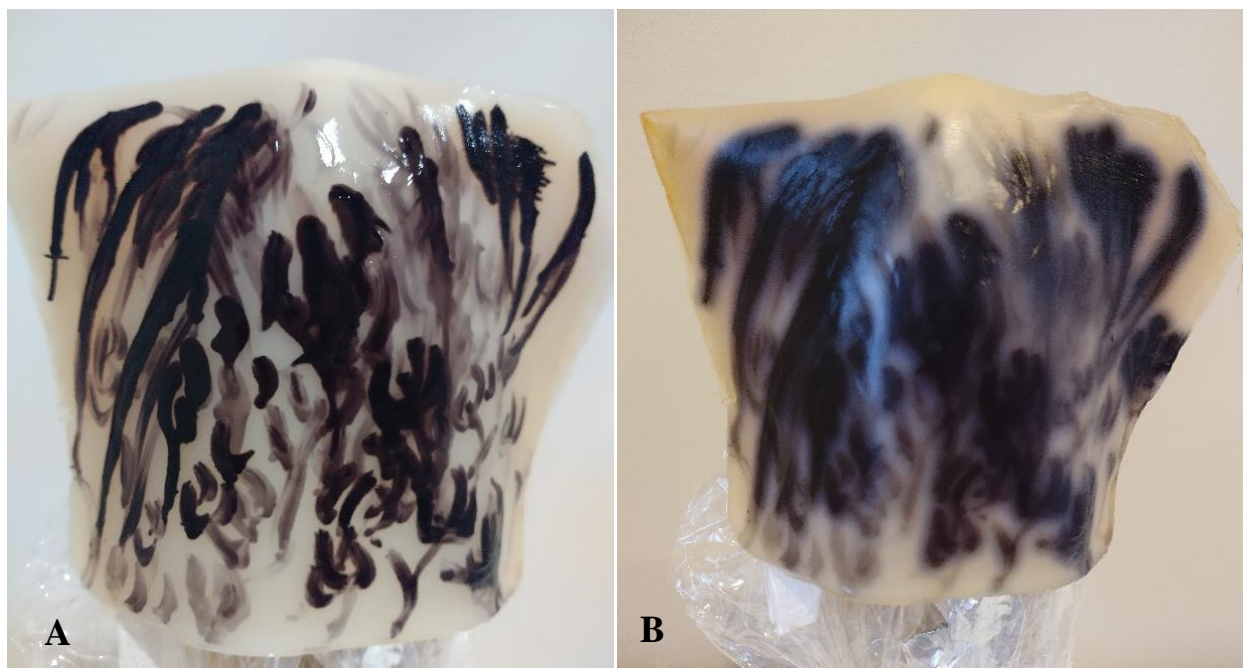
3. Projektinė dalis - BC plėvelės panaudojimas gaminyje

Siekiant iliustruoti bakterinės celiuliozės plėvelės panaudojimo galimybes mados gaminiuose sukurta trijų prototipų iš BC plėvelės kolekcija. Gaminių stiliai ir konstrukcijos pasirinkti taip, kad būtų geriausiai iliustruotos šios biomedžiagos panaudojimo galimybės.

3.1. Prototipas Nr. 1

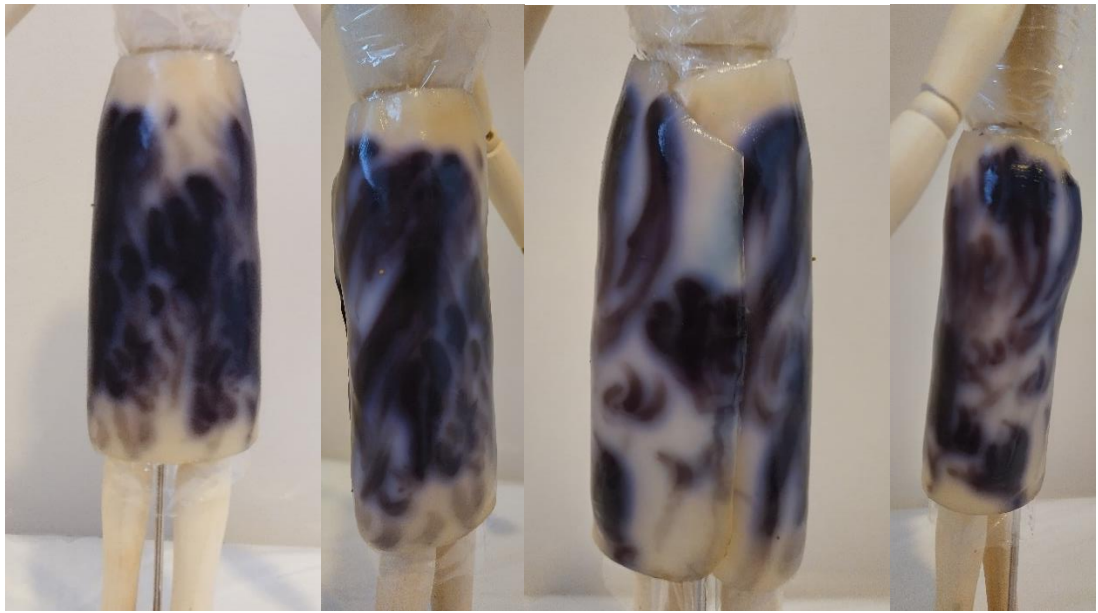
Pirmajam prototipui pasirinktas prigludusios korseto tipo palaidinės ir A silueto sijono derinys. Klasikinis siluetas pasirinktas dėl vėliau medžiagai taikyto marginimo.

Pradėta nuo šlapios būsenos 1 cm storio bakterinės celiuliozės plėvelės marginimo. Marginimui naudotas juodos spalvos rašalas. Rašto pavykiai plėvelei džiūstant pateikiami 7 paveikslė.



7 pav. Plėvelės marginimo pavykiai džiūvimo procese (A – po marginimo, B – po 10 val.)

Po 14 valandų džiūvimo proceso, plėvelė perkirpta ir perkelta ant manekeno, suformuotas sijonas (žr. 8 pav.).



8 pav. Sijono formavimas

Iš šlapios BC plėvelės vientisos detalės suformuota palaidinė, įkirptos vietos, iš kurių bus formuojama viršutinė palaidinės dalis (žr. 9 pav.). Toks sijono ir palaidinės formavimas iš vienos detalės gali būti priskiriamas prie *zero-waste* metodikos, kai dėl konstrukcinių sprendimų nesusidaro medžiagos tarplekalinių atliekų [66].



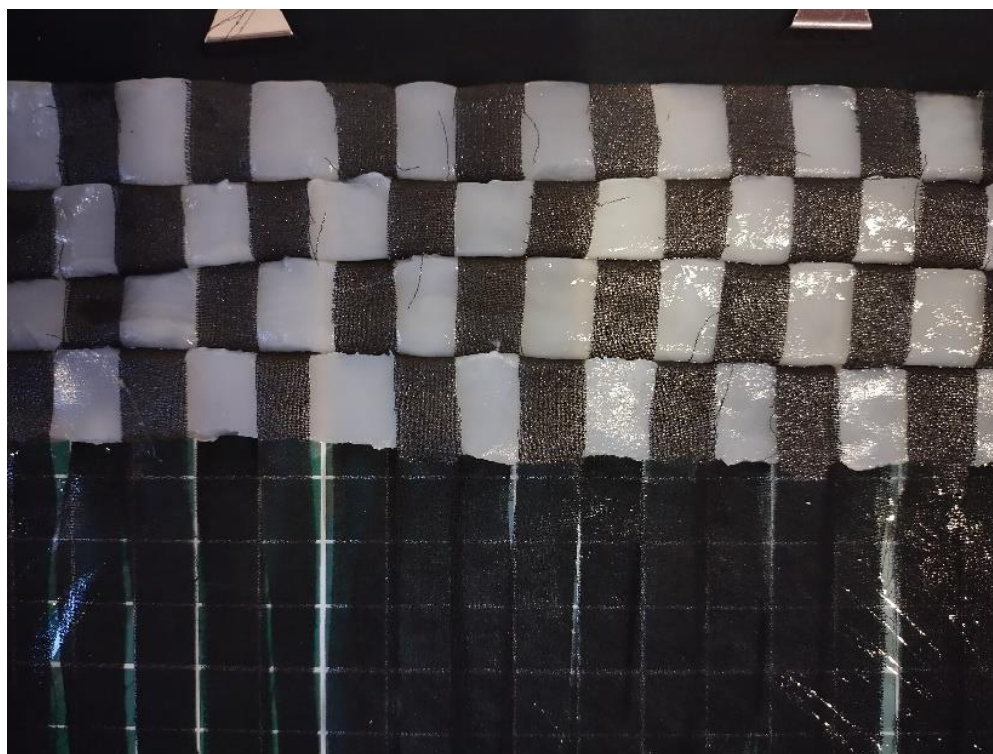
9 pav. Palaidinės formavimas iš šlapios ir sausos BC plėvelės

Po 24 val. džiūvimo proceso (22°C temperatūra, ± 32 % santykinis oro drėgnis) buvo užlenkta ir rašalu nudažyta viršutinė palaidinės dalis (žr.10 pav.).



10 pav. Palaidinės iš BC formavimas ir dažymas

BC plėvelės sijono ir palaidinės prototipui buvo pritaikytas apsiaustas, kurio gamyba pademonstravo galimybę BC plėvelę derinti su tradicine tekstile ir sukurti naujos struktūros medžiagas. Audimo principu sujungiant audinį ir šlapią bakterinės celiuliozės plėvelę (± 1 cm storio), kai audinio juostelės naudotos metmenims, o plėvelė – ataudams. (žr. 11 pav.) buvo sukurta nauja medžiaga.



11 pav. BC ir audinio jungimas audimo metodu

Po 48 val. dalinai išdžiūvęs gaminys buvo formuojamas ant modelio (žr. 12 pav.).



12 pav. Apsiausto prototipo formavimas ant manekeno.



13 pav. Naujos struktūros medžiaga

Matoma (žr. 13 pav.), kad džiūstanti plėvelė praranda storį [69], dėl to lieka metmenims naudotos medžiagos perteklius. Tai sukuria dinamišką kuriamos medžiagos paviršių ir gali būti išnaudojama naujos struktūros medžiagų sudarymui.

3.2. Prototipas Nr. 2

Antrajam prototipui pasirinktas modelis, kuriuo demonstruojama, kaip aprangos dekorui panaudoti BC plėvelę. Ant manekeno iš lengvo šifono sudrapiruota vakarinė suknelė (žr. 14 pav.), kuri buvo dekoruojama kontrastinėmis detalėmis iš dažytos BC plėvelės.



14 pav. Suknelės pagrindas iš audinio

Modelio dekoratyvinės detalės pagamintos iš džiovintos BC plėvelės, kuri šlapioje būsenoje buvo nudažyta žaliais maistiniais dažais, tada plėvelė išdžiovinta ir supjaustyta 0,5 cm pločio juostelėmis. Išmirkius juosteles vandenyje apie 20 min, plėvelė vėl įgauna elastingumą ir ją lengva formuoti. Supintomis juostelėmis buvo dekoruotas juodo audinio vakarinės suknelės modelis (žr. 15 pav.).



15 pav. Dekoratyvinės detalės iš BC gamybos procesas



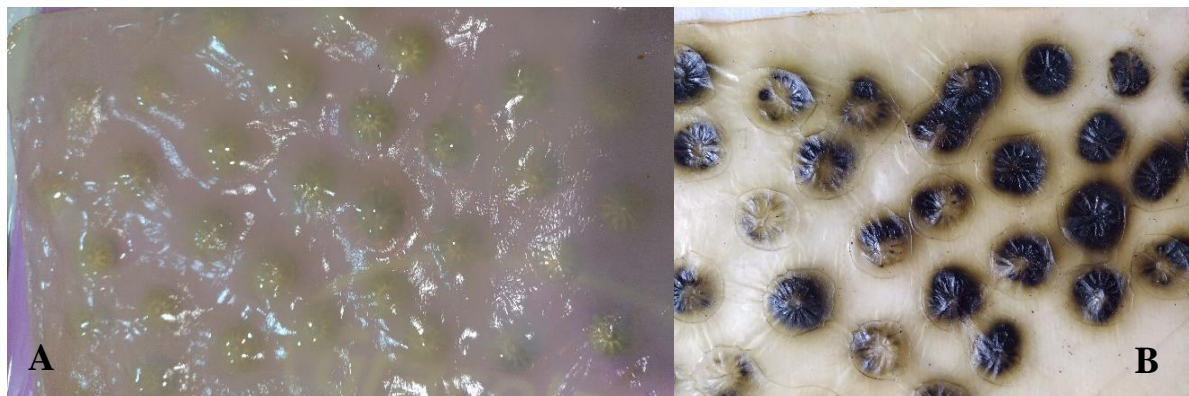
16 pav. Vakarinės suknelės, dekoruotos spalvotomis BC juostelėmis, prototipas

16 paveiksle matomas prototipas po 16 val. džiūvimo proceso, kai buvo palaikomos anksčiau nurodytos sąlygos. Šis modelis parodo, kad BC medžiaga gali būti dažoma [65], o iš jos formuojamos dekoratyvinės modelio puošybos detalės.

3.3. Prototipas Nr. 3

Trečiasis prototipas formuotas iš plėvelės, kuriai džiūvinimo metu buvo suteikta tekstūra ir raštas [67]. Šlapios būsenos ± 1 cm storio BC plėvelė buvo patiesta ant paviršiaus padengto žalvariniais smeigtukais, siekiant išgauti smeigtukų galvučių erdvinę formą išdžiovintoje plėvelėje.

Plėvelė džiovinta 5 paras. Kaip matoma 17 paveiksle džiūvimo metu dėl bakterinės celiuliozės plėvelėje buvusio skysčio žalvariniai smeigtukai ėmė oksiduotis, dėl to galutiniame gaminyje plėvelė įgavo ne tik tekstūrą, bet ir pakeitė spalvą.



17 pav. BC tekstūros suteikimas: A – šlapia plėvelė patiesta ant žalvarinių detalių, B – išdžiūvusi BC plėvelė

Trečio modelio suknelės prototipas buvo formuojamas ant manekeno, vientisoje detalėje iškirptos ertmės rankoms, suknelė suformuota dar pilnai neišdžiūvus BC. Šiuo modeliu buvo pademonstruota, kad vietoje tradicinio detalių jungimo siūlėmis, gali būti išnaudojama plėvelės savybė šlapioje būsenoje sukibti dėl saviadhezijos savybių [79]. Siūlės suklijuotos detalių kraštus suvilgant vandeniu ir suspaudžiant. Dėl papildomo tvirtumo ir estetinio vaizdo pagerinimo, nugaros detalės kraštai ir siūlė papildomai sutvirtintos rašalu dažytomis BC juostelėmis, kurios buvo džiovintos 12 val. prieš uždedant jas ant gaminio (žr. 18 pav.).



18 pav. Prototipas pagamintas iš tekstūruotos BC plėvelės

3.4. Aprangos kūrimui svarbios BC savybės

10 lentelėje išvardytos ir iliustruotos bakterinės celiuliozės plēvelēs savybēs, dēl kuriu šī medžiaga iġardijama kaip patraukli alternatyva, kuri gali bŭti pritaikyta mados industrijoje.

10 lentelē. BC panaudojimo galimybēs

Procesas	BC plēvelēs ilustracija
Dažymas, marginimas	
Besiūlē konstrukcija	
Dekoravimas ir erdvinēs formas suteikimas	
Skirtingos prigimties medžiagu jungimas	
Paviršiaus tekstūros ir spalvos suteikimas	

3.5. Apibendrinimas

Šlapia bakterinės celiuliozės plėvelė lengvai formuojama, jai galima suteikti įvairias erdvinės formas. Džiovinimo metu galima suteikti tekstūrą, tačiau reikia atkreipti dėmesį, kad šlapios būsenos BC gali reaguoti su įvairiais paviršiais ir taip gali pakisti ne tik plėvelės paviršiaus reljefas, bet ir jos spalva, kaip matoma 3 prototipo atveju.

Džiovinta ir vėl sudrėkinta plėvelė tampa lengvai formuojama, tokiu būdu galima sugrąžinti pirminės šlapios būsenos medžiagos deformacines savybes. Verta atkreipti dėmesį, kad gaminyje naudojant prieš tai džiovintą ir vėl vandeniui paveiktą plėvelę, ženkliai sutrumpinamas džiūvimo laikas. Tačiau pakartotinai sudrėkinus ir išdžiovinus BC plėvelę pasikeičia jos savybės – plėvelė ima prarasti elastingumą ir tampa panaši į popierių. Tokio pakartotinio drėkinimo-džiovinimo procesas panašus į plėvelės plovimą, kuris tirtas ir analizuotas 2.3. skyriuje.

Bakterinės celiuliozės plėvelė lengvai dažoma, tačiau reikia atkreipti dėmesį, kad plėvelei džiūstant kinta medžiagos atspalvis. Marginimo procese svarbu atkreipti dėmesį kokio storio plėvelė dažoma, kaip dažai įsigeria, liejasi ir keičiasi medžiagos džiūvimo proceso metu. Daugiau drėgmės praradusi BC plėvelė sugeria mažiau dažų, dėl to jie nudažo tik paviršius.

Šlapia BC plėvelė gali būti sujungta besiūle konstrukcija su kitos prigimties medžiaga. Detalės sukimba, tačiau nestipriai, ir prireikus BC nesunkiai galima pašalinti nuo audinio.

Dėl bakterinės celiuliozės plėvelės struktūros ypatumų šlapia plėvelė pjaustoma sudėtingai, geriausia naudoti žirkles. Siekiant sukurti smulkias detales iš šios medžiagos patartina naudoti plonesnę nei 1 cm storio plėvelę, arba rinktis jau dalinai išdžiūvusią medžiagą, nes kuo didesnis BC plėvelės storis, tuo sudėtingiau išgauti sklandžią erdvinę formą [87].

4. Tvarumas mados pramonėje – vartotojų požiūris

Didėjant prieinamos informacijos kiekiui, bei vartotojų sąmoningumui perkamų drabužių etiketėse vis dažniau galima išvysti tokius apibūdinimus kaip: tvarus, organinis, žalias, ekologiškas ir kitus su tvarumu asocijuojamus epitetus. Tačiau ar vartotojų rūpestis klimato kaitos padariniais ir jų pirkinčių įtaka aplinkai tėra tendencija, kuriai gresia išsivėpti, ar tai įsipareigojimas keisti savo įpročius dėl visuotinės gerovės? Siekiant išsiaiškinti bakterinės celiuliozės, kaip alternatyvios odai medžiagos žinomumą ir vartotojų požiūrį į ją atliktas empirinis tyrimas.

4.1. Empirinio tyrimo metodika

Didėjantis vartotojų sąmoningumas klimato kaitos atžvilgiu matomas ir jų vartojimo įpročiuose, kurie lemia mados produktų kūrėjų ir gamintojų pasirinkimus. Iš 2021 metais atlikto tyrimo [88] rezultatų matoma, kad augant vartotojų sąmoningumui keitėsi požiūris į natūralios odos ir kailio gaminius, kadangi jų gamyba pradėta sieti su žiauriu elgesiu su gyvūnais. Dėl to *Google* paieškos sistemoje ir socialiniame tinkle *Twitter* pastebėtas kylantis susidomėjimas dirbtine oda ir kailio pakaitalais. Vėliau ėmus populiarėti aplinkosaugos judėjimams ir vartotojams ėmus sieti sintetinio pagrindo dirbtinę odą su aplinkosaugos problemomis išaugo paieškų susijusių su tvariomis odos alternatyvomis, pavyzdžiui, veganiška oda, skaičius. Apklausų atliktų Kinijoje, Pietų Korėjoje [29], JAV ir Jungtinėje Karalystėje [89] metu nustatyta, kad didelė dalis vartotojų nebuvo girdėjusi apie alternatyvias medžiagas skirtas pakeisti natūralią ir dirbtinę odą. Tyrimų autoriai atkreipia dėmesį, kad biomedžiagos yra nauja medžiagų rūšis mados rinkoje, dėl to vertėtų iširti vartotojų požiūrį ir lūkesčius tokių produktų atžvilgiu.

2016 metais JAV atliktas tyrimas [90], kurio metu siekta iširti vartotojų nuomonę apie bakterinės celiuliozės panaudojimą mados pramonėje, respondentams pateikiant šios biomedžiagos vaizdus ir iš jos pagamintų prototipų nuotraukas. Iš rezultatų matoma, kad vartotojai parodė susidomėjimą šia medžiaga, tačiau priimtimumo rodikliai buvo vidutiniai.

4.1.1. Empirinio tyrimo tikslas ir uždaviniai

Tikslas: empiriškai patikrinti bakterinės celiuliozės, kaip alternatyvios medžiagos mados pramonėje žinomumą tarp Lietuvos vartotojų.

Uždaviniai:

1. pristatyti tyrimo dalyvių sociodemografines statistikas.
2. nustatyti vartotojų nuomonę apie bakterinę celiuliozę kaip alternatyvią medžiagą mados pramonėje.

4.1.2. Empirinio tyrimo duomenų rinkimo metodas ir tyrimo instrumento sudarymas

Atsižvelgiant į tyrimo tikslą – įvertinti bakterinės celiuliozės žinomumą tarp Lietuvos vartotojų, pasirinktas kiekybinis tyrimas.

Tyrimo instrumentas – vienkartinė internetinės apklausos anketa, kurią sudaro 16 teiginių, 3 iš jų yra demografiniai, 1 teiginys skirtas įvertinti vartotojų polinkį domėtis tvaria mada, 2 iširti jų vartojimo

įpročius natūralios ir dirbtinės odos atžvilgiu. 2 teiginiai skirti įvertinti alternatyvių medžiagų žinomumą, 8 teiginiai skirti nustatyti vartotojų požiūrį ir nuomonę apie bakterinę celiuliozę bei jos savybes. Tyrimo instrumento pagrindimas nurodytas 11 lentelėje.

11 lentelė. Tyrimo instrumento pagrindimas

Konstruktas	Pagrindimas
Požiūris į tvarumą	Knowledge, attitudes and behavior of consumers towards sustainability and ecological fashion. (Ceylan, 2019) [91]
Nuomonė apie bakterinės celiuliozės plėvelę ir jos savybes	Consumers' Acceptance of Sustainable Apparel Products Made of Bacterial Cellulose Materials (Lee, Li, Nam, 2016). [90]
Alternatyvių medžiagų žinomumas tarp vartotojų	Bio-innovation of new-generation nonwoven natural fibrous materials for the footwear industry: Current state-of-the-art and sustainability panorama (Asabuwa Ngwabebhoh, Saha, Saha, Saha, 2022).[92]

4.1.3. Empirinio tyrimo imties atranka, duomenų rinkimo ir analizės metodai

Šis eksperimentas skirtas ištirti visuomenės nuomonę apie bakterinę celiuliozę, kaip alternatyvą odai, bei ištirti šios medžiagos žinomumą, tarp Lietuvos vartotojų. Lietuvos Statistikos departamento duomenimis 2021 metais šalyje registruoti 2788725 nuolatiniai gyventojai [93]. Respondentų skaičius apskaičiuotas panaudojus tyrimo imties skaičiuoklę, esant 8% procentų atrankos paklaidai [94]. Remiantis Čekijoje atliktu vartotojų mados produktų pirkimo įpročių tyrimui, į imtį pasirinkta įtraukti abiejų lyčių atstovus, kadangi abi lytys linkę pirkti odinius gaminius [95], o bakterinė celiuliozė plačiausiai tyrinėjama, kaip alternatyvi medžiaga galinti pakeisti odą.

Tyrimo metu taikyta neatsitiktinė patogumo apklausos atranka. Internetinė anketa platinama socialiniuose tinkluose. Siekta išsiaiškinti vartotojų nuomonę apie bakterinę celiuliozę kaip alternatyvią medžiagą mados industrijoje. Šiam tikslui siekta surinkti 151 kokybiškai užpildytą anketą.

Duomenys apdoroti statistiniu duomenų analizės metodu.

4.2. Rezultatai

Per mėnesio laikotarpį, kurio metu apklausa buvo aktyvi, surinktos 84 kokybiškai užpildytos anketos. Respondentų amžius kito nuo 18 iki virš 55 metų, didžioji dalis apklaustųjų (56,6%) save priskyrė 25 - 44 metų amžiaus kategorijai, apie 81% respondenčių buvo moterys. Daugiau nei 78% turėjo aukštąjį išsilavinimą. Beveik visi apklausos dalyviai teigė, kad dėvi natūralios arba dirbtinės odos gaminius, didesnis procentas pasirinko dirbtinę odą. Tvaria ir ekologiška mada domėjosi kiek daugiau nei pusė apklaustųjų.

Didžiąją dalį respondentų anksčiau neteko matyti bakterinės celiuliozės plėvelės, daugumai ši medžiaga priminė odą.

Respondentų prašyta nurodyti jiems svarbiausias savybes drabužyje, tarp 60-70% respondentų išskyrė keturias savybes – išvaizdą, tekstūrą, stiprumą ir laidumą orui. Pagal pateiktą pavyzdį medžiagos išvaizda apklausos dalyviams pasirodė matinė ir grublėta, tekstūrą dauguma apibūdino, kaip minkštą, slidžią ir nemalonią paliesti. Bakterinę celiuliozę kaip stiprią medžiagą apibūdino apie 17% respondentų, o kaip laidžią orui, pažymėjo apie 21%, tuo metu apie 37% medžiagą apibūdino priešingai, kaip nelaidžią orui. Dauguma, kaip charakteringas savybes, šiai medžiagai priskyrė lankstumą, nelaidumą vandeniui ir orui.

Mažiau nei pusė respondentų teigia, kad dėvėtų iš šios medžiagos pagamintą gaminį, panaši dalis taip pat įvardijo šią medžiagą kaip priimtina aprangos ir avalynės gamyboje.

Kalbant apie alternatyvių medžiagų žinomumą, apie 40% respondentų pažymėjo, kad nėra girdėję nei vienos iš pateikiamų klausimų. Plačiausiai žinomas terminas nurodomas – veganiška oda, šį terminą nurodė 29% respondentų.

Pateikus bakterinės celiuliozės panaudojimo gaminyje pavyzdžius, plėvelės ir pluošto pavidalu, 50% nurodė, kad jiems priimtini abu medžiagos variantai, apie 43% pasirinko pluoštą, kaip patrauklesnį variantą.

4.3. Empirinio tyrimo dalies išvados

1. Didžioji dalis respondentų buvo aukštąjį išsilavinimą turinčios moterys nuo 25 iki 44 metų. Tolimesniuose tyrimuose rekomenduojama imčiai rinktis šią demografinę grupę.
2. Mažiau nei pusė apklausos dalyvių įvardijo bakterinę celiuliozę kaip jiems priimtina medžiagą aprangos ir avalynės gamyboje. Šie rodikliai panašūs kaip ir literatūroje nurodyto, JAV atlikto tyrimo metu gauti rezultatai.
3. Tyrimas parodė, kad bakterinė celiuliozė nėra vartotojams plačiai žinoma medžiaga. Iš apklausos rezultatų matoma, kad alternatyvios medžiagos šiuo metu naudojamos mados pramonėje nėra itin žinomos tarp Lietuvos vartotojų. Plačiausiai žinomas terminas „veganiška oda“.
4. Apklausos metu respondentai buvo teoriniame lygmenyje supažindinti su bakterine celiulioze, kaip alternatyvia biomedžiaga mados industrijoje. Iš rezultatų matoma, kad tik susipažinus su medžiaga vartotojams ji neatrodo itin priimtina, tačiau pristačius gaminius, sukurtus naudojant šią biomedžiagą, vartotojų priimtimumo procentas smarkiai išaugo. Dėl to, vykdant tolimesnius tyrimus vertėtų atlikti ekspertinę apklausą, kurios metu dalyviams būtų suteikta galimybė įvertinti medžiagos savybes realybėje.

4.4. Rekomendacijos populiarinti tvarią mados pramonę – pirkėjų informavimas ir alternatyvių medžiagų populiarinimas

Tyrimo metu atliktos apklausos rezultatai parodė panašias tendencijas kaip ir literatūroje nurodytais atvejais. Anksčiau minėtos apklausos atliktos Kinijos ir Pietų Korėjos [29], bei JAV ir Jungtinės Karalystės [89] rinkose parodė, kad alternatyvos natūraliai ir sintetinio pagrindo dirbtinei odai, didelei daliai vartotojų yra mažai žinomos arba visai negirdėtos. Taip pat iš tyrimo rezultatų matoma, kad Lietuvoje plačiausiai žinomas terminas natūralios ir dirbtinės odos alternatyvoms yra veganiška oda. Tačiau autoriai išskiria, kad tiek vartotojai, tiek pardavėjai dažnai šį terminą naudoja kalbėdami ir apie sintetinio pagrindo dirbtinę odą, dėl to šis terminas gali būti klaidinantis.[88]

Anksčiau minėto Kinijoje ir Pietų Korėjoje atlikto tyrimo rezultatai parodė, kad prognozuojant vartotojų elgseną alternatyvių medžiagų mados pramonėje atžvilgiu, aplinkosaugos žinios ir vartotojų elgsenos efektyvumo suvokimas turėjo teigiamą įtaką pirkti, vartoti ir rekomenduoti alternatyvias odas medžiagas. Taip pat nustatyta, kad gautos žinios apie tvarius mados produktus teigiamai paveikė respondentų požiūrį į socialiai atsakingą mados produktų vartojimą. Iš to galima daryti prielaidą, kad socialiai atsakingi vartotojai jaučia pasitenkinimą pirkdami tvarius gaminius. Taigi iš jų elgsenos galima prognozuoti, kad jie bus linkę pirkti, vartoti ir rekomenduoti ir tvarius alternatyvios odos pakaitalus [96]. Vartotojų žinių svarba išskiriama ir kitame tyrime, kuris atliktas Rumunijoje. Apklausa buvo siekiama išsiaiškinti respondentų tvaraus vartojimo elgseną renkantis avalynę. Iš rezultatų matyti, jog nors didžioji dalis respondentų išreiškė susirūpinimą tvarumu, net 65% apklaustųjų teigė, kad nepasitiki tvaria produkcija, nes jiems trūksta žinių apie ją [97].

2020 metais atliktas tyrimas parodė, kad pirkėjų motyvacija pirkti mados produktą vien dėl to, kad jis pagamintas tvariai ir taip jie gali prisidėti prie planetos išsaugojimo, yra smarkiai sumažėjusi. Taip pat autoriai atkreipia dėmesį, kad tokios sąvokos, kaip tvarus dizainas turi neigiamas asociacijas vartotojų sąmonėje. Be to tvarūs mados produktai dažnai asocijuojami su didesne kaina [98].

Iš pateiktų pavyzdžių matoma, kad vartotojams svarbu turėti žinių apie produktą, kad jie noriau jį išbandytų ir pirktų. Gavę papildomų žinių jie noriau vartotų tvarius gaminius dėl hedonistinių priežasčių – pasitenkinimo, kad prisideda prie aplinkosauginių problemų sprendimo. Taip pat tyrimai rodo, kad pirkėjai mano, kad tvarių mados produktų vartojimas, teigiamai paveiks jų socialinį statusą [29]. Visuomenės informavimas apie tvarius mados produktus yra svarbus faktorius, siekiant populiarinti juos tarp vartotojų, tačiau reikia atkreipti dėmesį, kad tvarumas negali būti vienintelė gaminio pridėtinė vertė. Mados vartotojai kelia aukštesnius kokybės reikalavimus šioms gaminiams, dėl to prekių ženklai turi atkreipti dėmesį, kad tvariai ir etiškai pagaminti mados produktai turi kokybe nenusileisti iš tradicinių medžiagų sukurtiems gaminiams. Planuojant reklamines kampanijas į šias tendencijas turėtų atsižvelgti tiek išvystytų, tiek naujai kuriamų mados prekių ženklų atstovai. Gamintojai turi atkreipti dėmesį į savo tikslinių auditorijų švietimą tvarių produktų atžvilgiu, bei gaminio tvarumą akcentuoti, kaip vieną iš produkto verčių vartotojui, tačiau ne kaip pagrindinę ar vienintelę.

Darbo apibendrinimas ir išvados

Bakterinės celiuliozės plėvelė plačiai tyrinėjama biomedžiaga, turinti potencialo tapti odos pakaitalu ar tvaria žaliava dirbtinių tekstilės pluoštų gamybai.

Ši medžiaga patraukli dėl gerų deformacinių savybių, ji lengvai dažoma, plėvelė gali būti lengvai formuojama išgaunant erdvines formas, dėl jos adhezijos savybių galimas besiūlis gaminto konstravimas ir beatliekė gamyba užauginant reikiamos formos detales. Bakterinė celiuliozė, kaip maisto ir gėrimų industrijos atlieka, panaudota mados pramonėje kuriamiems gaminiams, puikiai išpildo žiedinės ekonomikos modelį.

Šios medžiagos hidrofiliškumas kelia iššūkių pritaikant ją mados industrijoje, tačiau didelis tyrėjų ir gamintojų susidomėjimas rodo, kad bakterinės celiuliozės panaudojimas mados industrijoje turi ateitį. Alternatyvios medžiagos padeda vienai taršiausių pramonės šakų pasukti tvarumo linkme.

1. Atlikus empirinį tyrimą nustatyta, kad bakterinė celiuliozė ir kitos alternatyvios biomedžiagos dar nėra plačiai žinomos Lietuvos visuomenei, tačiau didelė dalis respondentų išreiškė susidomėjimą jiems pristatyta medžiaga.
 - Siekiant tikslesnių duomenų rekomenduotina pakartoti tyrimą taikant 5 % atrankos paklaidos kriterijų, kadangi publikuotų rezultatų paklaida gana aukšta – apie 11 %.
2. Tyrimams sukurtos šešios bandinių grupės, kuriose bakterinės celiuliozės plėvelė (BC) buvo apdorota natrio šarmu, agaru, temperatūra, bei smulkinta ir formuota.
 - Ištyrus bandinių deformacines savybes ir vertinant tampros modulio rodiklius nustatyta, kad agaro apdaila turėjo neigiamos įtakos smulkintos celiuliozės bandinių grupių (5 ir 6 grupės) savybėms. 5 ir 6 grupių bandinių deformacinės savybės blogesnės lyginant su 3 grupe. Manoma, kad plėvelės savybes neigiamai veikia aukšta temperatūra, kuri buvo naudojama apdorojant NaOH ir agaru, bei formuojant smulkintos celiuliozės bandinius.
 - Išmatavus vilgumo kampą, nustatyta, kad skirtingomis apdailomis pavyko pagerinti BC plėvelės hidrofobines savybes. Lyginant šlumpumo savybę tarp papildomai neapdorotų 1 grupės bandinių ir kitų grupių, nustatyta, kad vandeniui atspariausi yra formuoti smulkintos celiuliozės apdorotos agaru 5 grupės bandiniai (nustatytas vilgumo kampas $89,6^\circ$). Visų bandinių grupių vidutinis vilgumo kampas išmatuotas mažesnis negu 90° , tai rodo, kad medžiaga yra hidrofiliška. Tolimesniuose tyrimuose siekiant pagerinti BC hidrofobines savybes, rekomenduojama naudoti didesnę nei 1% agaro tirpalo koncentraciją.
 - Parenkant apdailą galima pakeisti bakterinės celiuliozės plėvelės išvaizdą. Šviesi ir skaidri 1 grupės bandinio spalva, paveikus BC NaOH tampa tamsiai ruda (2 ir 4 grupių bandiniai). 3, 5 ir 6 grupių smulkintos celiuliozės bandiniai, nors ir paveikti NaOH po formavimo išlieka šviesios spalvos, tačiau praranda skaidrumą, tampa panašūs į perdirbtą popierių
3. Sukurta trijų aprangos prototipų kolekcija iliustruoja bakterinės celiuliozės plėvelės panaudojimo galimybes mados produktams kurti. Aprangos prototipuose pritaikytos BC dažymo, marginimo, formavimo, besiūlio sujungimo, bei skirtingos prigimties medžiagų jungimo technologijos.
4. Remiantis literatūra išskirti du aspektai, kurie aktualūs populiarinant tvarios mados gaminius ir naujus prekės ženklus – visuomenės informavimas ir papildomos vertės vartotojui kūrimas.

Literatūros sąrašas

1. Modern Synthesis raises \$4.1m from AgFunder, others to grow textiles from microbes. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-22]. Prieiga per internetą: <https://agfundernews.com/modern-synthesis-raises-4-1m-to-grow-fashion-textiles-from-microbes>
2. These materials are replacing animal-based products in the fashion industry. World economic forum. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-22]. Prieiga per internetą: <https://www.weforum.org/agenda/2021/10/these-materials-are-replacing-animal-based-products-in-the-fashion-industry/>
3. ROCHA, A.R.F.dS, VENTURIM, B.C., ELLAWANGER, E.R.A., PAGNAN, C.S., SILVEIRA, W.Bd., MARTIN, J.G.P. Bacterial cellulose: Strategies for its production in the context of bioeconomy. *J Basic Microbiol.* 2022; 1– 19. <https://doi.org/10.1002/jobm.202200280>
4. Fast fashion - The shady world of cheap clothing. *DW Documentary.* Video medžiaga. [žiūrėta 2022-09-10] Prieiga per internetą: https://www.youtube.com/watch?v=YhPPP_w3kNo
5. We Have No Idea How Bad Fashion Actually Is for the Environment. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-02]. Prieiga per internetą: <https://www.racked.com/2017/3/15/14842476/fashion-climate-change-environment-pollution>
6. JACOMETTI, V. Circular Economy and Waste in the Fashion Industry. *Laws.* 2019; 8(4):27. <https://doi.org/10.3390/laws8040027>
7. The Good Trade. internetinis puslapis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-09-12]. Prieiga per internetą: <https://www.thegoodtrade.com/features/what-is-fast-fashion>
8. SENTHILKANNAN MUTHU, S. Fast Fashion. Fashion Brands and Sustainable Consumption. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-1268-7>. *Springer Singapore.* 2019.
9. Fast fashion - Dumped in the desert. *DW Documentary.* Video medžiaga. [žiūrėta 2022-09-14] Prieiga per internetą: <https://www.youtube.com/watch?v=QicSkPNx4Ho>
10. The Guardian. Internetinis puslapis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-09-13]. Prieiga per internetą <https://www.theguardian.com/fashion/2022/apr/10/shein-the-unacceptable-face-of-throwaway-fast-fashion>
11. „Clean clothes“. internetinis puslapis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-09-10]. Prieiga per internetą: <https://cleanclothes.org/campaigns/past/rana-plaza>
12. CLINE, L. E. Could Living Wages Help Solve Fashion’s Climate Crisis? New Research Says Yes. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-09-21]. Prieiga per internetą: <https://www.forbes.com/sites/elizabethcline/2022/01/17/could-living-wages-help-solve-fashions-climate-crisis-new-research-says-yes/>
13. It would cost you 20 cents more per T-shirt to pay an Indian worker a living wage. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-09-21]. Prieiga per internetą: <https://theconversation.com/it-would-cost-you-20-cents-more-per-t-shirt-to-pay-an-indian-worker-a-living-wage-88309>
14. The True Cost: Who Pays the Real Price for YOUR Clothes. *Investigative Documentary.* Video medžiaga. [žiūrėta 2022-09-14] Prieiga per internetą: <https://www.youtube.com/watch?v=5-0zHqYGnlo>
15. „Clean clothes“. internetinis puslapis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-09-13]. Prieiga per internetą: <https://cleanclothes.org/poverty-wages>

16. Preferred Fiber & Materials Market Report 2021. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-09-15]. Prieiga per internetą: <https://textileexchange.org/wp-content/uploads/2021/08/Textile-Exchange-Preferred-Fiber-and-Materials-Market-Report-2021.pdf> 2 psl.
17. PALACIOS-MATEO, C., VAN DER MEER, Y., SEIDE, G. Analysis of the polyester clothing value chain to identify key intervention points for sustainability. *Environmental Sciences Europe* 2021, 33, 2. <https://doi.org/10.1186/s12302-020-00447-x>
18. GARCIA, S.,CORDEIRO, A., et al. The sustainability awareness of Brazilian consumers of cotton clothing. *Journal of Cleaner Production*. 2019, Volume 215, Pages 1490-1502, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.069>.
19. „Textile extange“ internetinis puslapis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-09-10]. Prieiga per internetą <https://textileexchange.org/2025-sustainable-cotton-challenge/#facts>
20. SAK, Z. H. A., KURTULUŞ, Ş., OCAKLI, B., TÖREYİN, Z. N., BAYHAN, İ., YEŞİLNACAR, M., ARBAK, P. Respiratory symptoms and pulmonary functions before and after pesticide application in cotton farming. 2018, *Ann Agric Environ Med.*, 25(4), 701-707. <https://doi.org/10.26444/aaem/99561>
21. The Organic Trade Association. internetinis puslapis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-02]. Prieiga per internetą: <https://ota.com/advocacy/organic-standards/fiber-and-textiles/get-facts-about-organic-cotton>
22. ŞENER FIDAN, F., KIZILKAYA AYDOĞAN, E. & UZAL, N. The impact of organic cotton use and consumer habits in the sustainability of jean production using the LCA approach. 2022, *Environ Sci Pollut Res.* <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22872-6>
23. Microbial Cellulose Growth. Video medžiaga. [žiūrėta 2022-10-22] Prieiga per internetą: <https://www.youtube.com/watch?v=P3bXclXWOTw>
24. „Mestic“ internetinis puslapis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-10]. Prieiga per internetą: <http://jalilaessaidi.com/cowmanure/>
25. „Algaeing“ internetinis puslapis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-10]. Prieiga per internetą: <https://www.algaeing.com/>
26. „Bio Puff“ internetinis puslapis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-15]. Prieiga per internetą: <https://www.saltyco.uk/biopuff>
27. Shahar Livne makes bio-leather shoes from slaughterhouse waste. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-20]. Prieiga per internetą: <https://www.dezeen.com/2019/05/31/shahar-livne-bio-leather-shoes-design/>
28. DE KLERK, H.M., KEARNS, M. and REDWOOD, M. Controversial fashion, ethical concerns and environmentally significant behaviour: The case of the leather industry. *International Journal of Retail & Distribution Management*. 2019 Vol. 47 No. 1, 19-38. <https://doi.org/10.1108/IJRDM-05-2017-0106>
29. JUNG, H.J., KIM, H. & OH, K.W. Green Leather for Ethical Consumers in China and Korea: Facilitating Ethical Consumption with Value–Belief–Attitude Logic. 2016, *Journal of Business Ethics*, 135, 483–502 . <https://doi.org/10.1007/s10551-014-2475-2>
30. „Pinatex“ internetinis puslapis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-10]. Prieiga per internetą: <https://www.ananas-anam.com/about-us/>
31. „H&M foundation“ internetinis puslapis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-12]. Prieiga per internetą: <https://hmfoundation.com/gca/winners/vegea/>
32. „Vegea“ internetinis puslapis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-12]. Prieiga per internetą: <https://www.vegeacompany.com/news/>

33. „Fruitleather“ internetinis puslapis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-15]. Prieiga per internetą: <https://fruiteather.nl/collabs/>
34. This French Startup Is Turning Bananas and Mangoes Into Vegan Leather [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-13]. Prieiga per internetą: <https://www.greenqueen.com.hk/vegskin-france-vegan-banana-mango-leather/>
35. TômTex is a leather alternative made from waste seafood shells and coffee grounds. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-21]. Prieiga per internetą: <https://www.dezeen.com/2020/08/22/tomttx-leather-alternative-biomaterial-seafood-shells-coffee/>
36. „Peelsphere“ internetinis puslapis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-10]. Prieiga per internetą: <https://peelsphere.com/material.html>
37. MCQ infuses rice-leather jacket with custom fragrance. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-20]. Prieiga per internetą: <https://www.dezeen.com/2022/02/16/mcq-natural-fiber-welding-leather-jackets/>
38. „Mirum“ internetinis puslapis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-20]. Prieiga per internetą: <https://mirum.naturalfiberwelding.com/>
39. „Vegatex“ internetinis puslapis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-13]. Prieiga per internetą: <https://appleskin.com/apple-peel-leather/>
40. „Samara“ internetinis puslapis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-13]. Prieiga per internetą: <https://samarabags.com/pages/apple-leather>
41. „The apple girl“. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-13]. Prieiga per internetą: <https://gust.com/companies/the-apple-girl>
42. „Veggani“ internetinis puslapis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-13]. Prieiga per internetą: <https://www.veggani.com/pages/materials>
43. „Corkor“ internetinis puslapis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-13]. Prieiga per internetą: <https://www.corkor.com/en-eu>
44. „Flex tree“ internetinis puslapis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-24]. Prieiga per internetą: <https://lifematerials.eu/shop/flex-tree/>
45. MEYER, M., DIETRICH, S., SCHULZ, H., MONDSCHNEIN, A. Comparison of the Technical Performance of Leather, Artificial Leather, and Trendy Alternatives. *Coatings*. 2021; 11(2):226. <https://doi.org/10.3390/coatings11020226>
46. „Tree tribe“ internetinis puslapis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-13]. Prieiga per internetą: <https://treetribe.com/blogs/tree-tribe-vibe/what-is-leaf-leather>
47. „Green banana paper“ internetinis puslapis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-13]. Prieiga per internetą: <https://greenbananapaper.com/blogs/about-us/banana-fiber-paper>
48. „Palm leather“ internetinis puslapis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-20]. Prieiga per internetą: https://www.tjeerdveenhoven.com/portfolio_page/palm-leather/
49. „Kortecia“ internetinis puslapis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-21]. Prieiga per internetą: <https://lifematerials.eu/shop/kortecia/>
50. „Desserto“ internetinis puslapis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-16]. Prieiga per internetą: <https://desserto.com.mx/home>
51. BUSTILLOS, J., et al. Uncovering the Mechanical, Thermal, and Chemical Characteristics of Biodegradable Mushroom Leather with Intrinsic Antifungal and Antibacterial Properties. *ACS Applied Bio Materials*. 2020, 3 (5), 3145-3156 DOI: 10.1021/acsabm.0c00164
52. „Mylo“ internetinis puslapis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-11]. Prieiga per internetą: <https://www.mylo-unleather.com/>

53. Hermès creates mycelium version of its classic leather Victoria bag. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-11]. Prieiga per internetą: <https://www.dezeen.com/2021/03/18/hermes-mycelium-leather-victoria-bag-mycoworks/>
54. „Zvnder“ internetinis puslapis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-13]. Prieiga per internetą: https://zvnder.com/index_eng.html
55. „Mylea“ internetinis puslapis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-11]. Prieiga per internetą: <https://mycl.bio/mylea>
56. „Kombucha couture“ internetinis puslapis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-11]. Prieiga per internetą: <http://www.kombuchacouture.com/>
57. „H&M foundation“ internetinis puslapis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-13]. Prieiga per internetą: <https://hmfoundation.com/gca/winners/le-qara/>
58. „Bucha Bio“ internetinis puslapis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-13]. Prieiga per internetą: <https://bucha.bio/materials>
59. „Modern Synthesis“ internetinis puslapis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-16]. Prieiga per internetą: <https://modern-synthesis.com/microbial-weaving/>
60. „Malai“ internetinis puslapis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-13]. Prieiga per internetą: <https://malai.eco/blogs/malai-material/malai-applications>
61. „Nanollose“ internetinis puslapis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-16]. Prieiga per internetą: <https://nanollose.com/products/nullarbor/>
62. Lina Fu, Jin Zhang, Guang Yang, Present status and applications of bacterial cellulose-based materials for skin tissue repair, *Carbohydrate Polymers*, Volume 92, Issue 2, 2013, Pages 1432-1442, ISSN 0144-8617, <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.10.071>.
63. NAPAVIDICHAYANUN, S., YAMDECH, R., ARAMAWIT, P. Development of bacterial cellulose incorporating silk sericin, polyhexamethylene biguanide, and glycerin with enhanced physical properties and antibacterial activities for wound dressing application. *International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials*. 2018, 67:2, 61-67, DOI: 10.1080/00914037.2017.1297943
64. DE AMORIM, J.D.P., DE SOUZA, K.C., DUARTE, C.R. et al. Plant and bacterial nanocellulose: production, properties and applications in medicine, food, cosmetics, electronics and engineering. A review. *Environ Chem Lett*. 2020, 18, 851–869 . <https://doi.org/10.1007/s10311-020-00989-9>
65. DA SILVA, C.J.G., DE MEDEIROS, A.D.M., DE AMORIM, J.D.P. et al. Bacterial cellulose biotextiles for the future of sustainable fashion: a review. *Environ Chem Lett*. 2021, 19, 2967–2980. <https://doi.org/10.1007/s10311-021-01214-x>
66. CHAN, C. K., SHIN, J., & JIANG, S. X. K. Development of Tailor-Shaped Bacterial Cellulose Textile Cultivation Techniques for Zero-Waste Design. *Clothing and Textiles Research Journal*. 2018, 36(1), 33–44. <https://doi.org/10.1177/0887302X17737177>
67. LEE, S. Grow your own clothes. *TEDtalks*. Video medžiaga. [žiūrėta 2022-12-10] Prieiga per internetą: https://www.ted.com/talks/suzanne_lee_grow_your_own_clothes
68. PROVIN, A.P., DOS REIS, V.O., HILESHEIM, S.E. et al. Use of bacterial cellulose in the textile industry and the wettability challenge—a review. *Cellulose*, 2021, 28, 8255–8274. <https://doi.org/10.1007/s10570-021-04059-3>
69. RATHINAMOORTHY, R. Influence of Drying Method on the Properties of Bacterial Cellulose Nonwovens – Review on the Textile and Fashion Application Potential. *Journal of Natural Fibers*. 2022. DOI: 10.1080/15440478.2022.2073497

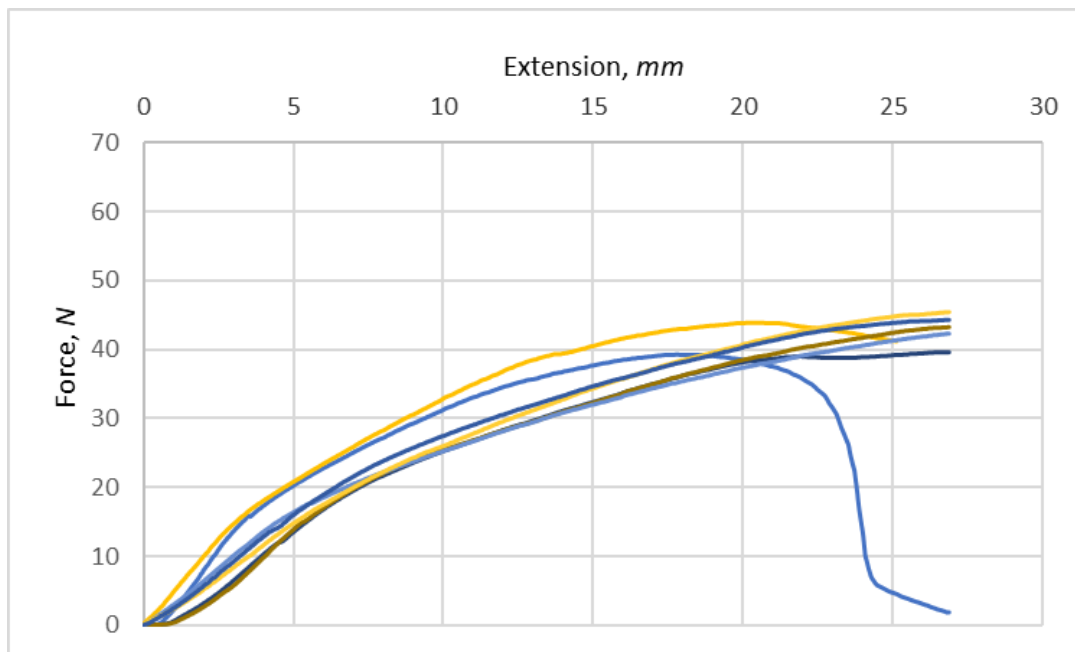
70. KKAMINSKI, K., JAROSZ, M., GRUDZIEN, J. et al. Hydrogel bacterial cellulose: a path to improved materials for new eco-friendly textiles. *Cellulose*. 2022, 27, 5353–5365. <https://doi.org/10.1007/s10570-020-03128-3>
71. „Baygard“ internetinis puslapis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-05]. Prieiga per internetą: <https://tanatexchemicals.com/products/baygard-efn/>
72. Teflon's replacement: Still toxic? [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-05]. Prieiga per internetą: <https://www.ewg.org/news-insights/news/teflons-replacement-still-toxic>
73. Cheminių medžiagų strategija tvarumui užtikrinti. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-05]. Prieiga per internetą: <https://echa.europa.eu/lt/hot-topics/chemicals-strategy-for-sustainability>
74. LIETUVOS STANDARTIZACIJOS DEPARTAMENTAS. [ISO/TS 14778:2021]. Paper and board – Measurement of water contact angle by optical methods. Tarptautinis standartas (ISO/TS 14778:2021) turi Lietuvos standarto statusą. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2021.
75. LIETUVOS STANDARTIZACIJOS DEPARTAMENTAS. [ISO 527-1:2019] Plastikai. Tempiamųjų savybių nustatymas. 1 dalis. Bendrieji principai (ISO 527-1:2019) Plastics - Determination of tensile properties - Part 1: General principles (ISO 527-1:2019): Europos standartas EN ISO 527-1:2019 turi Lietuvos standarto statusą. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2019.
76. Kombucha 101: Demystifying The Past, Present And Future Of The Fermented Tea Drink. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-11-06]. Prieiga per internetą: <https://www.forbes.com/sites/christinatroitino/2017/02/01/kombucha-101-demystifying-the-past-present-and-future-of-the-fermented-tea-drink/>
77. AMARASEKARA, A.S., WANG, D. & GRADY, T.L. A comparison of kombucha SCOBY bacterial cellulose purification methods. *SN Applied Sciences*. 2020, 2, 240. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-1982-2>
78. Kombucha Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product (Conventional, Hard), By Distribution Channel (On-trade, Off-trade), By Region, And Segment Forecasts, 2022 – 2030. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-11-02]. Prieiga per internetą: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/kombucha-market>
79. SEDERAVIČIŪTĖ, F. Bakterinės celiuliozės plėvelės aprangos pramonei kūrimas ir tyrimas: daktaro disertacija: technologijos mokslai, medžiagų inžinerija (T 008). *Kauno technologijos universitetas*. 2021
80. A Brief History Of Agar. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-11-04]. Prieiga per internetą: <https://www.asianscientist.com/2016/01/columns/history-agar-microbiology-lab/>
81. WANG, X., GUO, C., HAO, W. Et al. Development and characterization of agar-based edible films reinforced with nano-bacterial cellulose, *International Journal of Biological Macromolecules*. 2018, Volume 118, Part A, Pages 722-730, ISSN 0141-8130, <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.06.089>
82. „BioTextiles” internetinis puslapis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-11-25]. Prieiga per internetą: <https://www.instagram.com/bio.textiles/>
83. SEDERAVICIUTE, F., DOMSKIENE, J., JURGELIONYTE, L., SANKAUSAKITE, A., KIMMER, D. Effect of DMDHEU treatment on properties of bacterial cellulose material. *Textile Research Journal*. 2022; 92(15-16):2580-2590. doi:[10.1177/0040517521992357](https://doi.org/10.1177/0040517521992357)

84. DAUKANTIENĖ, Virginija, DOMSKIENĖ, Jurgita, VAITKEVIČIENĖ, Viktorija. *Siuvinių medžiagotyra. Laboratoriniai darbai. Mokomoji knyga*. Kaunas: Technologija. 2011. <https://doi.org/10.5755/e01.9786090202005>
85. *Graphpad* internetinis puslapis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-12-05]. Prieiga per internetą: <https://www.graphpad.com/quickcalcs/grubbs1/>
86. DOMSKIENE, J., SEDERAVICIUTE, F. and SIMONAITYTE, J. Kombucha bacterial cellulose for sustainable fashion. *International Journal of Clothing Science and Technology*. 2019, Vol. 31 No. 5, pp. 644-652. <https://doi.org/10.1108/IJCST-02-2019-0010>
87. JOČYTĖ, G. Bakterinės celiuliozės plėvelės taikymo aprangos gamybai galimybių tyrimas. Kaunas: Kauno technologijos universitetas. 2020. Prieiga per eLABa – nacionalinė Lietuvos akademinė elektroninė biblioteka.
88. CHOI, Y. H., LEE, K. H. (2021). Ethical consumers' awareness of vegan materials: Focused on fake fur and fake leather. *Sustainability*. 2021, 13(1), 436.
89. KIM, H., KIM, J., OH, K. W., JUNG, H. J. Adoption of eco-friendly faux leather: examining consumer attitude with the value–belief–norm framework. *Clothing and Textiles Research Journal*. 2016, 34(4), 239-256.
90. LEE, Y. A., LI, R., NAM, C. Consumers' Acceptance of Sustainable Apparel Products Made of Bacterial Cellulose Materials. *International Textile and Apparel Association Annual Conference Proceedings. Iowa State University Digital Press*. 2016, Vol. 73, No. 1.
91. CEYLAN, O. Knowledge, attitudes and behavior of consumers towards sustainability and ecological fashion. *Textile & Leather Review*. 2019, 2(3), 154-161.
92. ASABUWA NGWABEBHOH, F., SAHA, N., SAHA, T., SAHA, P. Bio-innovation of new-generation nonwoven natural fibrous materials for the footwear industry: Current state-of-the-art and sustainability panorama. *Journal of Natural Fibers*. 2022, 19:13, 4897-4907, DOI: [10.1080/15440478.2020.1870635](https://doi.org/10.1080/15440478.2020.1870635)
93. Statistikos departamento internetinis puslapis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-12-02]. Prieiga per internetą: <https://www.stat.gov.lt/>
94. *Sample size calculator* internetinis puslapis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-12-02]. Prieiga per internetą: <https://www.calculator.net/sample-size-calculator.html>
95. MILLAN, E., WRIGHT, L. T. Gender effects on consumers' symbolic and hedonic preferences and actual clothing consumption in the Czech Republic. *International Journal of Consumer Studies*. 2018, Volume 42, Issue 5. <https://doi.org/10.1111/ijcs.12447>
96. JUNG, H. J., OH, K. W. Exploring the Sustainability Concepts Regarding Leather Apparel in China and South Korea. *Sustainability*. 2019, 11(19), 5389. doi:10.3390/su11195389
97. LUCA, A., LOGHIN, M. C. Sustainable consumption and ethical behavior of consumers in the footwear industry. *International Conference on Advanced Materials and Systems (ICAMS)*. 2016, 571-576.
98. PUSPITA, H., CHAE, H. An explorative study and comparison between companies' and customers' perspectives in the sustainable fashion industry. *Journal of Global Fashion Marketing*. 2021, 12:2, 133-145, DOI: [10.1080/20932685.2020.1853584](https://doi.org/10.1080/20932685.2020.1853584)

Priedai

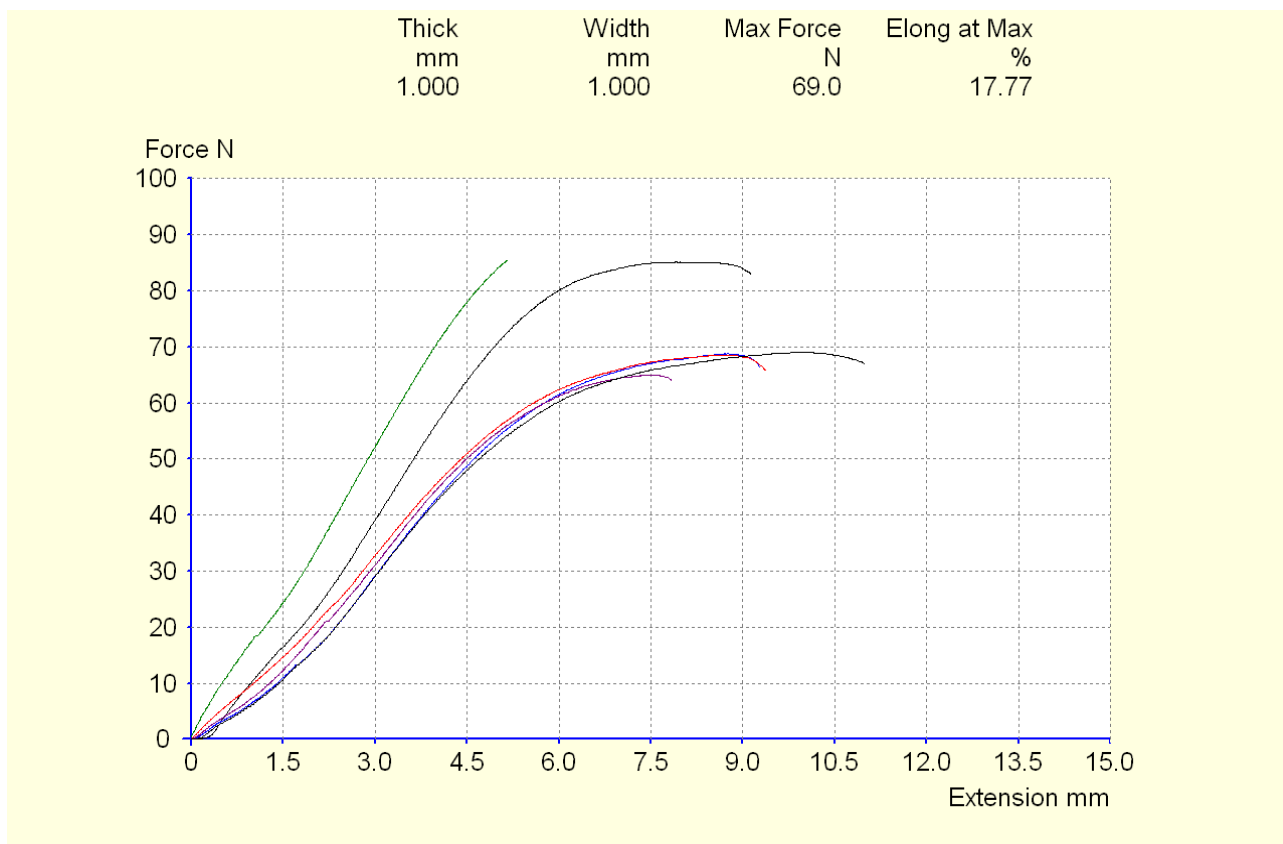
1 priedas. 1 grupės bandinių tempimo bandymo rezultatai ir tempimo grafikas.

Specimen No	Max Force N	Elong at Max %	Elongation %	Force at Break N
1	39.28	32.29	48.87	1.880
2	43.85	36.51	45.67	41.20
3	39.88	31.95	37.82	38.72
4	43.95	34.14	37.64	43.70
5	44.10	38.45	41.09	43.90
6	46.80	30.65	33.27	46.25
7	45.25	31.20	33.82	44.60
Mean	43.30	33.60	39.74	37.18
Std. Dev.	2.747	2.920	5.85	15.76



2 priedas. 2 grupės bandinių tempimo bandymo rezultatai ir tempimo grafikas

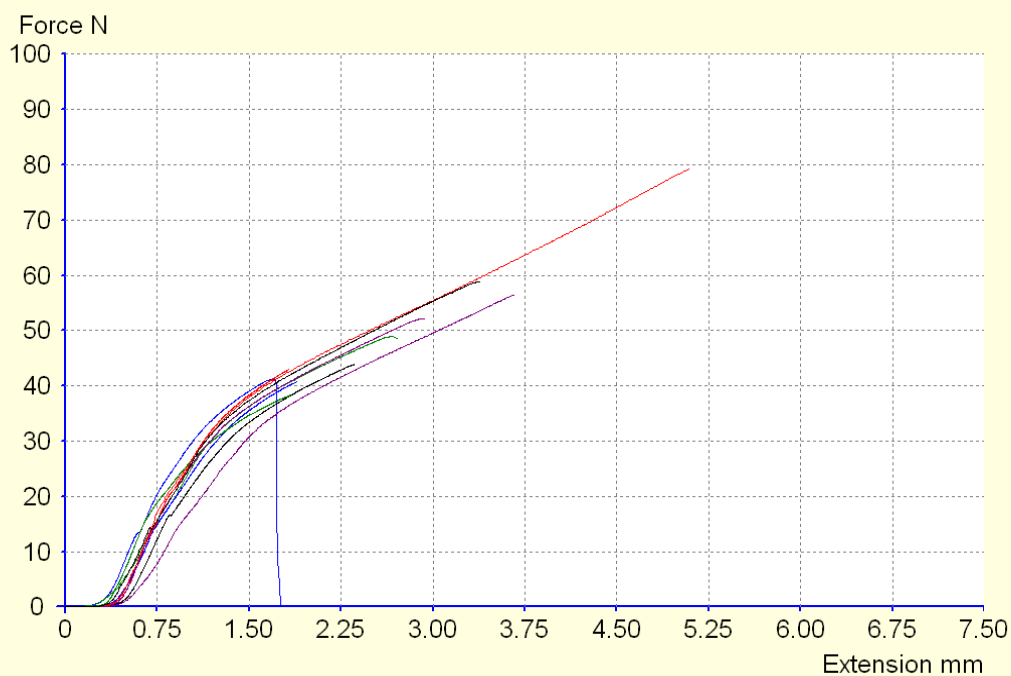
Specimen No	Max Force N	Elong at Max %	Elongation %	Force at Break N
1	92,5	9,33	12,33	88,7
2	85,2	14,35	16,62	82,8
3	68,8	15,8	16,87	66,2
4	85,5	9,38	9,38	85,5
5	65	13,53	14,25	63,9
6	68,5	15,6	17,05	65,7
7	69	17,77	20	67
Mean	76,3	13,68	15,22	74,3
Std. Dev.	11	3,236	3,519	10,85



3 priedas. 3 grupės bandinių tempimo bandymo rezultatai ir tempimo grafikas

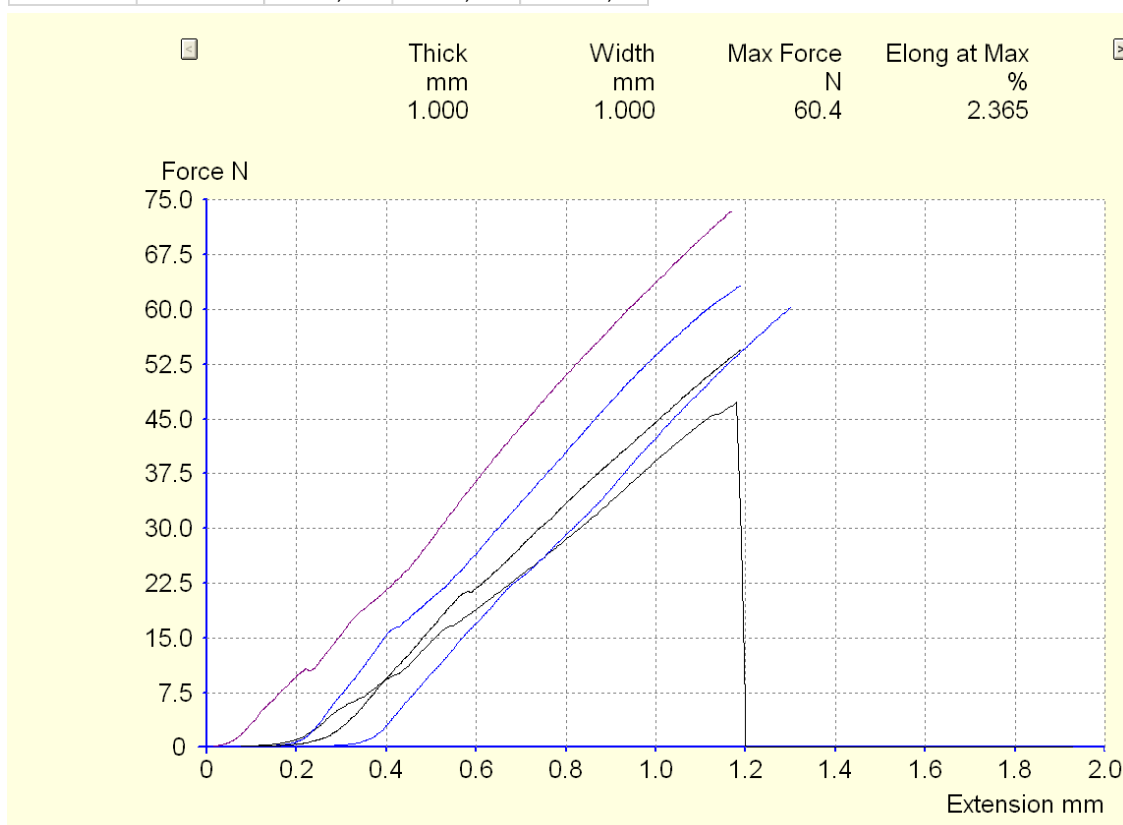
Specimen N	Max Force	Elong at Max	Elongation	Force at B
	N	%	%	N
1	41,25	3,086	4,382	0,05
2	48,95	4,815	4,945	48,35
3	56,5	6,67	6,68	56,5
4	79,2	9,25	9,26	79,2
5	43,9	4,286	4,291	43,9
6	40,8	3,447	3,455	40,8
7	38,36	3,356	3,364	38,36
8	52,2	5,3	5,35	52,2
9	43	3,32	3,327	43
10	58,7	6,09	6,17	58,7
Mean	50,3	4,961	5,12	46,1
Std. Dev.	12,29	1,95	1,857	20,07

Thick mm 1.000
 Width mm 1.000
 Max Force N 58.7
 Elong at Max % 6.09



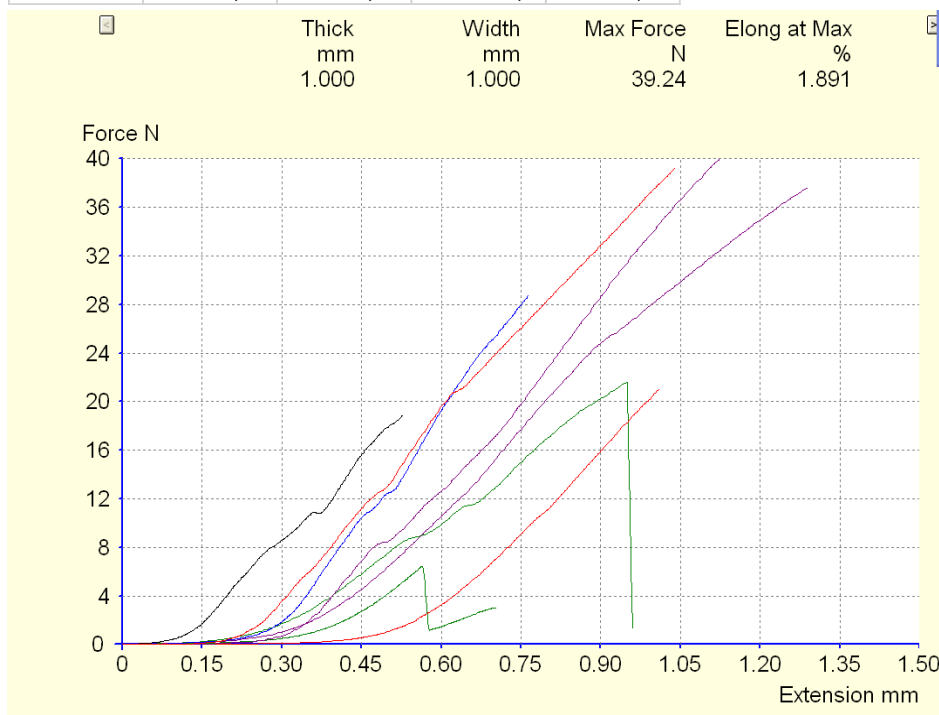
4 priedas. 4 grupės bandinių tempimo bandymo rezultatai ir tempimo grafikas

Specimen	Max Force N	Elong at M %	Elongation %	Force at B N
4,1	47,3	2,145	3,509	0,05
2	63,2	2,161	2,164	63,2
3	68,3	3,396	5,82	47,85
4	73,5	2,127	2,127	73,5
5	43,05	1,593	1,593	43,05
6	54,5	2,164	2,164	54,5
7	60,4	2,365	2,365	60,4
Mean	58,6	2,279	2,82	48,94
Std. Dev.	11	0,547	1,444	23,79



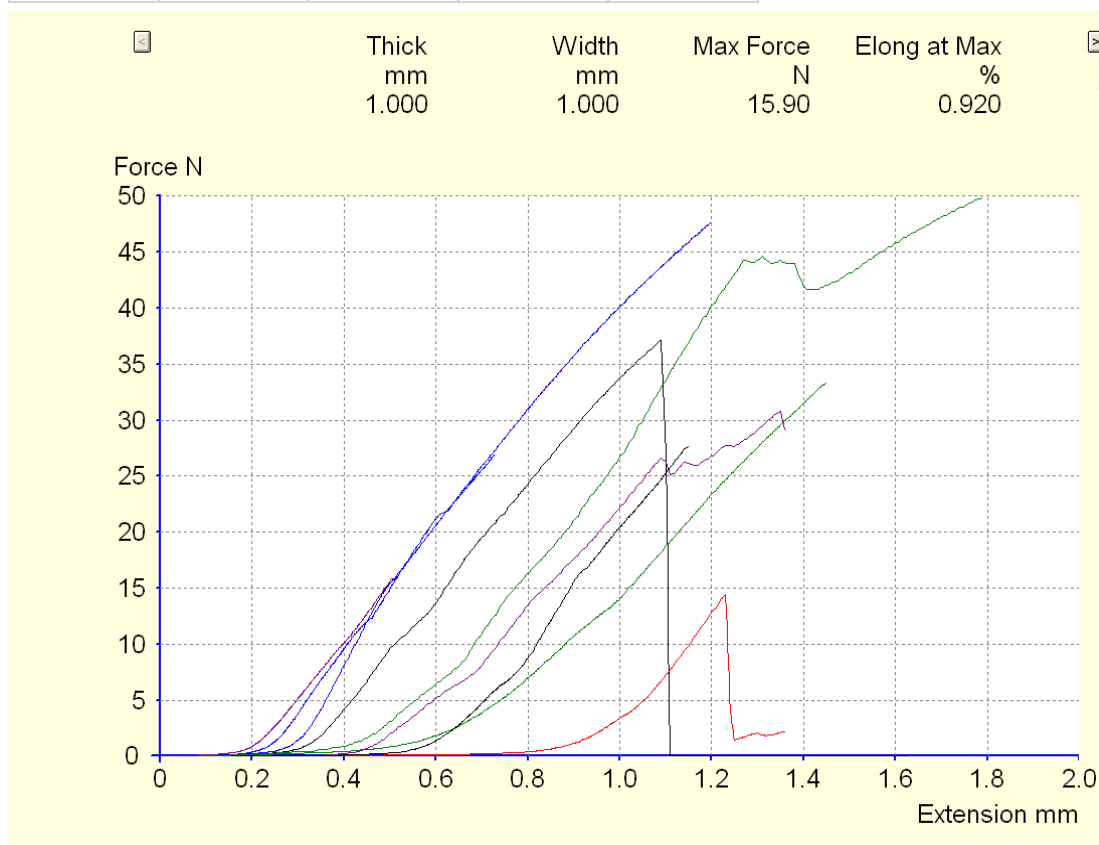
5 priedas. 5 grupės bandinių tempimo bandymo rezultatai ir tempimo grafikas

Specimen	Max Force	Elong at M	Elongation	Force at B
	N	%	%	N
1	21,6	1,727	1,745	10,82
2	37,64	2,345	2,345	37,64
3	21,05	1,836	1,836	21,05
4	18,87	0,96	0,96	18,87
5	28,8	1,389	1,389	28,8
6	6,45	1,024	1,28	3,019
7	47,35	2,381	2,381	47,35
8	39,24	1,891	1,891	39,24
Mean	27,62	1,694	1,729	25,85
Std. Dev.	13,26	0,54	0,5	15,16



6 priedas. 6 grupės bandinių tempimo bandymo rezultatai ir tempimo grafikas

Specimen	Max Force N	Elong at M %	Elongation %	Force at B N
1	37,16	1,982	2,964	0,04
2	47,75	2,182	2,182	47,75
3	33,36	2,637	2,637	33,36
4	30,8	2,455	2,473	29,04
5	14,46	2,236	2,474	2,22
6	27,6	2,089	2,091	27,6
7	26,9	1,324	1,324	26,9
8	55,7	3,745	3,745	55,7
9	15,9	0,92	0,92	15,9
Mean	32,18	2,174	2,312	26,5
Std. Dev.	13,46	0,799	0,838	18,57



Alternatyvių medžiagų panaudojimas mados pramonėje

Sveiki, esu KTU Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakulteto Mados inovacijų technologijų programos magistratūros studentė. Baigiamajam projektui atlieku tyrimą apie pirkėjų požiūrį į alternatyvias tekstilės medžiagas mados industrijoje.

Tekstilės pramonė susiduria su iššūkiu, kaip patenkinti rinkos poreikius bei kartu mažinti aplinkos taršą susijusią su drabužių gamybos procesu.

Kuo daugiau drabužių perkame, tuo daugiau medžiagų reikia pagaminti. Itin populiarios medvilnės ir poliesterio žaliavos gamyba, kelia eilę ekologinių problemų. Siekiant spręsti mados tvarumo problemą ieškoma naujų alternatyvių žaliavų, kurios gali būti išgaunamos iš maisto pramonėje susidarantių atliekų ar kitų mažesnį neigiamą poveikį aplinkai darančių medžiagų ir procesų.

Šios apklausos klausimai yra skirti sužinoti Lietuvos vartotojų požiūrį į alternatyvių medžiagų panaudojimą mados pramonėje.

Apibendrinti apklausos rezultatai bus panaudoti rengiant magistro baigiamąjį projektą.

Jūsų asmeninė informacija nėra renkama, sukaupti duomenys nebus skelbiami.

Demografiniai duomenys renkami tik statistiniam apklausos apdorojimui.

1. Amžius

Pažymėkite tik vieną ovalą.

- iki 18
- 18 - 24 metai
- 25 - 44 metai
- 45 - 55 metai
- virš 55 metų

2. Lytis

Pažymėkite tik vieną ovalą.

- Moteris
- Vyras

3. Išsilavinimas

Pažymėkite tik vieną ovalą.

- Mokausi mokykloje
- Vidurinis
- Profesinis
- Aukštasis
- Kita: _____

4. Ar turite sąsajų su mados sektoriumi?

Pažymėkite tik vieną ovalą.

- Domiuosi mada ir stiliumi
- Dirbu šiame sektoriuje
- Dirbu mados prekyboje
- Dirbu su mada susijusios gamybos sektoriuje
- Mano studijos susiję su mada
- Ne
- Kita: _____

5. 1. Ar dėvite/naudojate natūralios odos gaminius?

Pažymėkite tik vieną ovalą.

- Taip
- Ne

6. 2. Ar dėvite/naudojate dirbtinės odos gaminius?

Pažymėkite tik vieną ovalą.

- Taip
- Ne

7. 3. Ar domitės tvaria, ekologiška mada/apranga?

Pažymėkite tik vieną ovalą.

Taip

Ne

Kita: _____

Žemiau nurodytose nuotraukose matote populiarus *kombucha* gėrimo gamybos metu susidarantią plėvelę. Gėrimo gamybos metu ant jo paviršiaus susidaranti gelio pavidalo plėvelė gali būti panaudota, kaip tekstilei ar odai alternatyvi medžiaga mados industrijoje.

Apžiūrėję vaizdus atsakykite į žemiau pateiktus klausimus apie šios medžiagos panaudojimo aprangos gamyboje galimybes.



a) plėvelė susidaranti gėrimo fermentacijos metu

b) gelinė plėvelė

c) išdžiovinta plėvelė

8. 4. Ar teko matyti nuotraukose nurodytą medžiagą anksčiau?

Pažymėkite tik vieną ovalą.

Taip

Ne

9. 5. Ką Jums primena ši medžiaga?

Pažymėkite tik vieną ovalą.

- Odą
- Popierių
- Plastiką
- Kita: _____

10. 6. **Apibūdinkite** anksčiau pateiktų medžiagų išvaizdą. *Pasirinkite Jums tinkamus variantus.*

Pažymėkite viską, kas tinka.

- Skaidri
- Matiška
- Lygi
- Grublėta
- Kita: _____

11. 7. **Apibūdinkite** anksčiau pateiktų medžiagų tekstūrą. *Pasirinkite Jums tinkamus variantus.*

Pažymėkite viską, kas tinka.

- Standi
- Minkšta
- Slidi
- Lipni
- Maloni paliesti/malonios tekstūros
- Nemaloni paliesti/nemalonios tekstūros
- Kita: _____

12. 8. Kokias savybes priskirtumėte šiai medžiagai? Pasirinkite Jums tinkamus variantus.

Pažymėkite viską, kas tinka.

- Lanksti
- Tąsi
- Stipri
- Laidi orui
- Nelaidi orui
- Laidi vandeniui
- Nelaidi vandeniui
- Kita: _____

13. 9. Ar tokia medžiaga Jums atrodo priimtina aprangos ir avalynės gamyboje?

Pažymėkite tik vieną ovalą.

- Taip
- Ne
- Nežinau
- Kita: _____

14. 10. Kurios iš žemiau išvardytų savybių Jums atrodo **svarbiausios** drabužyje. Pasirinkite Jums tinkamus variantus.

Pažymėkite viską, kas tinka.

- Išvaizda
- Tekstūra
- Tąsumas
- Stiprumas
- Laidumas orui
- Nelaidumas orui
- Laidumas vandeniui
- Nelaidumas vandeniui
- Kita: _____

15. 11. Kokias alternatyvias medžiagas tradicinei odai esate girdėję?

Pažymėkite viską, kas tinka.

- "Vegea" - dirbtinės odos pakaitalas gaminamas iš vyno gamybos metus susidariusių atliekų.
- "Pinatex" - dirbtinės odos pakaitalas gaminamas iš ananasų lapų ir iš kukurūzų krakmolo išgaunamo aplinkoje suyrančio plastiko.
- Bakterinė celiuliozė - plėvelė susidaranti vykstant rūgimo procesui.
- "Mushroom leather" - iš grybienos gaminama alternatyva dirbtinei odai.
- Vegan leather/veganiška oda
- Kombucha leather/ kombučia oda
- Nesu girdėjęs/ girdėjusi
- Kita: _____

16. 12. Ar dėvėtumėte iš šios medžiagos pagamintą gaminį?

Pažymėkite tik vieną ovalą.

- Taip
- Ne
- Nežinau

17. 13. Žemiau pateikti du anksčiau matytos medžiagos panaudojimo mados pramonėje variantai: A dizainerės Suzanne Lee iš *Kombucha* plėvelės sukurtas švarkas, B australų kompanijos *Nanollose* iš fermentacijos metu susidariusios celiuliozės gaminamas pluoštas. Abu gaminiai sukurti iš tos pačios medžiagos. Kuris panaudojimas jums atrodo priimtinesnis?



Pažymėkite tik vieną ovalą.

- A Plėvelė
- B Pluoštas
- Abu
- Kita: _____

Šio turinio „Google“ nekūrė ir nepatvirtino.

Google formas