



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Pluoštinių pektino membranų gavimas ir jų taikymas kosmetikai

Baigiamasis magistro projektas

Eglė Meištininkaitė

Projekto autorė

Doc. dr. Odeta Baniukaitienė

Vadovė

Kaunas, 2021



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Pluoštinių pektino membranų gavimas ir jų taikymas kosmetikai

Baigiamasis magistro projektas

Taikomoji chemija (6211CX014)

Eglė Meištinkaitė

Projekto autorė

Doc. dr. Odeta Baniukaitienė

Vadovė

Vyr. m. d. Edvinas Krugly

Recenzentas

Kaunas, 2021



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Eglė Meištinkaitė

Pluoštinių pektino membranų gavimas ir jų taikymas kosmetikai

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.

Eglė Meištinkaitė

Patvirtinta elektroniniu būdu

Meištininkaitė, Eglė. Pluoštinių pektino membranų gavimas ir jų taikymas kosmetikai. Magistro baigiamasis projektas / vadovė doc. dr. Odeta Baniukaitienė; Kauno technologijos universitetas, Cheminės technologijos fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): chemija, fiziniai mokslai.

Reikšminiai žodžiai: pektinas, elektrinis verpimas, membrana kosmetikai.

Kaunas, 2021. 57 p.

Santrauka

Polimerinės membranos yra vienos iš perspektyviausių odos priežiūros priemonių. Priklausomai nuo imobilizuotų aktyviųjų junginių, membranos gali odą šviesinti, drėkinti, mažinti paburkimą ir raukšles. Jos taip pat gali pašalinti nešvarumus, negyvas epidermio odos ląsteles, sumažinti odos šiurkštumą, normalizuoti riebalų sekreciją, stimuliuoti kraujotaką, skatinti odos regeneraciją.

Šio projekto metu polimerinės membranos buvo suformuotos iš pektino taikant elektrinį verpimą. Nustatyta, kad jų morfologija priklauso nuo pektino koncentracijos, papildomų priedų ir technologinių įrangos parametrų. Pagrindiniai technologiniai parametrai, kurie turi įtakos pluoštinės struktūros formavimuisi yra: įtampa, atstumas tarp adatos ir kolektoriaus, tirpalo tiekimo debitas bei santykinė drėgmė. Atrinktos optimalios elektrinio verpimo sąlygos: įtampa – 28 kV, atstumas iki kolektoriaus – 15 cm, tirpalo tekėjimo debitas – 3 ml/h, santykinė drėgmė – 32 %. Polimerinės gijos formuojasi, kai tirpalų sudėtyje yra 2–5 % pektino, 0,25 % arba 0,35 % PEO bei 1,5 % nejoninės paviršinio aktyvumo medžiagos ir vandens iki 100 %. Tinkamiausios morfologijos membranai suformuoti tirpale turi būti 4 % pektino, 0,35 % PEO, 1,5 % nejoninės paviršinio aktyvumo medžiagos ir vandens iki 100 %. Sutinklinus pektiną, membranos pluoštinė struktūra išlieka. Nustatyta, kad tinklinto pektino membranoje daugiausiai yra gijų, kurių storis 0,1–0,2 μm, jos sudaro apie 71 % visų gijų.

Sukurtos penkios veido odos priežiūrai skirtos kompozicijos ir pagal jas pagamintos priemonės, kurios mažina odos sudirgimą, raukšlių gylį, naikina bakterijas ir slopina riebalinių liaukų veiklą, balina odą ar drėkina. Pagamintų priemonių pH, klampa priklauso nuo aktyviųjų komponentų ir naudojamų tirštiklių. Nustatyta, kad sutinklinto pektino membrana išlieka stabili kompozicijose net 24 val.

Meištininkaitė, Eglė. Preparation of Fibrous Pectin Membrane and Their Application in Cosmetics. Master's Final Degree Project / supervisor assoc. prof., Odeta Baniukaitienė; Faculty of Chemical Technology, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Chemistry, Physical Sciences.

Keywords: pectin, electrospinning, membrane for cosmetics.

Kaunas, 2021. 57 p.

Summary

Polymeric membranes are one of the most promising skincare products. Depending on the immobilized active compounds the membranes can brighten, moisturize, and reduce puffiness and wrinkles of the skin. They can also remove dirt and the stratum corneum, reduce skin roughness, normalize sebum secretion, stimulate blood circulation and promote skin regeneration.

In this project, polymeric membranes were formed from pectin by electrospinning. Their morphology depends on the concentration of pectin, additional additives, and technological parameters of the equipment. The main technological parameters that influence the formation of the fibrous structure are voltage, distance between the needle and the collector, solution supply flow, and relative humidity. Optimal conditions for pectin electrospinning were selected: voltage - 28 kV, collecting distance - 15 cm, solution flow rate - 3 ml/h, humidity - 32%. Polymeric fibers are formed when the solutions contain 2-5 % pectin, 0.25 % or 0.35 % PEO, and 1.5 % non-ionic surfactant and water up to 100 %. The most suitable morphology membrane is produced from a solution that contains 4 % pectin, 0.35 % PEO, 1.5 % non-ionic surfactant, and up to 100% water. After pectin crosslinking, the fibrous structure of the membrane remains. The crosslinked pectin membrane contains the largest number of fibers with a thickness of 0.1–0.2 μm , they make up about 71 % of all fibers.

Five compositions for facial skincare were developed and products were made according to them. Products reduce skin irritation, wrinkle depth, kill bacteria and inhibit sebaceous glands, brighten skin or moisturize. The pH, viscosity of the products depend on the active components and the thickeners used. The crosslinked pectin membrane was found to remain stable in the compositions for up to 24 hours.

Turinys

Santrumpų sąrašas	7
Įvadas.....	8
1. Literatūros apžvalga	9
1.1. Odos sandara ir funkcijos	9
1.2. Odos savybės ir tipai	10
1.3. Odos priežiūra	11
1.4. Polimerinės pluoštinės membranos	12
1.4.1. Sintetiniai polimerai	13
1.4.2. Gamtiniai polimerai.....	15
1.5. Biologiškai aktyvios medžiagos	17
1.6. Literatūros apžvalgos apibendrinimas	19
2. Medžiagos ir tyrimų metodai	20
2.1. Naudotos medžiagos.....	20
2.2. Tirpalų membranoms gauti ruošimas	20
2.3. Tirpalų klampos matavimas	21
2.4. Tirpalų elektrinio laidumo matavimas.....	21
2.5. Polimerinių membranų gavimas	21
2.6. Analizė skenuojančiu elektroniniu mikroskopu	22
2.7. Furje transformacijos infraraudonųjų spindulių spektroskopija.....	23
2.8. Vilgymo kampo nustatymas	23
2.9. Elementinės sudėties nustatymas	24
2.10. Storio matavimas	24
2.11. Mechaninės savybės	24
2.12. Polimerinių membranų sorbcijos tyrimas.....	25
2.13. Serumų gavimas	25
2.14. Serumų pH matavimas	26
2.15. Poveikis odai	26
2.16. Duomenų analizė	27
3. Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas.....	28
3.1. Polimerinių membranų gavimas ir charakterizavimas	28
3.2. Tinklinto pektino membranos gavimas	35
3.2.1. Elementinė membranų sudėtis.....	37
3.3. Tinklinto pektino membranos savybių tyrimas	37
3.3.1. Membranų morfologija.....	37
3.3.2. Membranų mechaninės savybės	38
3.3.3. Membranų hidrofiliškumas	38
3.4. Tinklinto pektino membranos funkcionalizavimas	39
3.5. Serumų poveikis odai	46
3.5.1. Sorbcija ir stabilumas	46
Išvados	48
Literatūros sąrašas	49
Publikacijų sąrašas	57

Santrumpų sąrašas

Santrumpos:

AHA – α -hidroksirūgštys;

MSM – metilsulfonilmetanas;

PCL – poli(heksano-6-laktonas);

PEO – poli(oksietilenas);

PGA – poli(2-hidroksiacto rūgštis);

PLA – poli(2-hidroksipropano rūgštis);

TGF- β 3 – transformuojantis augimo faktorius beta trys.

Įvadas

Pastaruoju metu kosmetikos pramonėje didelis dėmesys yra skiriamas polimerinių membranų kūrimui. Tai vienos iš perspektyviausių odos priežiūros priemonių. Priklausomai nuo imobilizuotų aktyvių junginių, membranos gali odą drėkinti, šviesinti, mažinti odos sudirgimą, paburkimą, šiurkštumą ar raukšlių gylį. Jos taip pat gali naikinti bakterijas ir slopinti riebalinių liaukų veiklą, pašalinti nešvarumus, negyvas epidermio odos ląsteles, stimuliuoti kraujotaką, skatinti odos regeneraciją. Membranos funkcionalizuojamos bioaktyviais junginiais jų formavimo metu arba inkliuduojant jas aktyvių junginių kompozicijomis [1].

Membranas galima gauti iš gamtinių, sintetinių polimerų ar jų mišinių naudojant įvairius gamybos metodus: 3D spausdinimą, elektrinį verpimą ar elektrinį purškimą, liofilizaciją ir kt. [2]. Elektrinis verpimas – tai vienas žinomiausių ir plačiausiai naudojamų metodų pluoštinės struktūros membranoms gauti [3]. Elektrinio verpimo būdu galima suformuoti nano-, mikrogijas bei pasiekti didelį pluoštų akytumą. Tokios membranos yra vertinamos ne tik kosmetikos pramonėje, bet ir biomedicinoje, audinių inžinerijoje, farmacijoje [4]. Jų praktinis panaudojimas dažniausiai priklauso nuo pasirinktų polimerų, tirpiklių, papildomų priedų, suformuoto pluošto suderinamumo su biologinėmis sistemomis, morfologijos, mechaninių savybių.

Projekto tikslas – suformuoti pluoštinės struktūros pektino membranas ir ištirti jų panaudojimo galimybes kosmetikai.

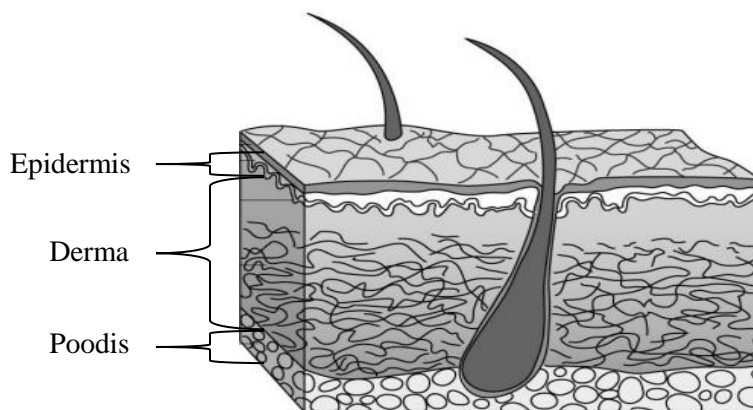
Projekto uždaviniai:

1. elektrinio verpimo būdu suformuoti pluoštinės struktūros membranas, atrinkti optimalius technologinius parametrus ir ištirti polimerų koncentracijos įtaką membranų morfologijai;
2. sutinkinti pektiną divalenčiais kalcio jonais ir ištirti tinklinto pektino membranos morfologiją, hidrofiliškumą, mechanines ir sorbcines savybes bei stabilumą;
3. sukurti polimerinėms membranoms skirtų serumų kompozicijas ir pagal jas pagaminti priemones, nustatyti jų pH, ištirti klampą, jų poveikį odai.

1. Literatūros apžvalga

1.1. Odos sandara ir funkcijos

Oda – tai yra didžiausias žmogaus organas, kuris sudaro vidutiniškai 16 % kūno svorio [5]. Ji susideda iš epidermio, dermos, o po šių sluoksnių yra poodis (žr. 1.1 pav.). Žinios apie šių sluoksnių struktūrą, mechanines savybes yra svarbios tiriant odos ligas, taikant gydymą bei kuriant odos priežiūros priemones. Odos sluoksnio storis skiriasi priklausomai nuo anatomicinės vietos ir epidermio bei dermos sluoksnių storio. Išskiriami du odos tipai: plaukuota oda ir oda be plaukų. Plaukuotoje odoje yra riebalinių liaukų ir plaukų folikulų, o oda be plaukų pasižymi storesniu epidermio sluoksniu, nėra plaukų folikulų, tokia oda būdinga delnams ir padams [6].



1.1 pav. Odos struktūros schema [5]

Epidermis – tai išorinis odos sluoksnis, kurio storis svyruoja nuo 0,05 mm (akies vokas) iki 1,55 mm (delnai, padai) [6]. Jį sudaro paprastai keturi sluoksniai: raginis, grūdėtasis, spygliuotasis ir bazalinis. Epidermio vyraujančios ląstelės yra keratinocitai (daugiau nei 90 %), be to, yra melanocitų, Langerhanso ir Merkelio ląstelių [7]. Sluoksnių storis skiriasi dėl esančių ląstelių išsidėstymo ir formos. Pagrindinis odos sluoksnis – derma yra storiausias ir tvirčiausias sluoksnis, sudarytas iš kolageno, elastino ir retikulino baltymų plaušelių. Kolageno skaidulos sudaro apie 70 % dermos [6]. Dermą galima skirstyti į du sluoksnius: liaukinį ir tinklinį. Giliausias odos sluoksnis poodis sudarytas iš kolageno ir elastino baltymų plaušelių, tarpai užpildyti riebalais. Poodžio storis priklauso nuo anatomicinės vietos, amžiaus, lyties, rasės ar mitybos [5].

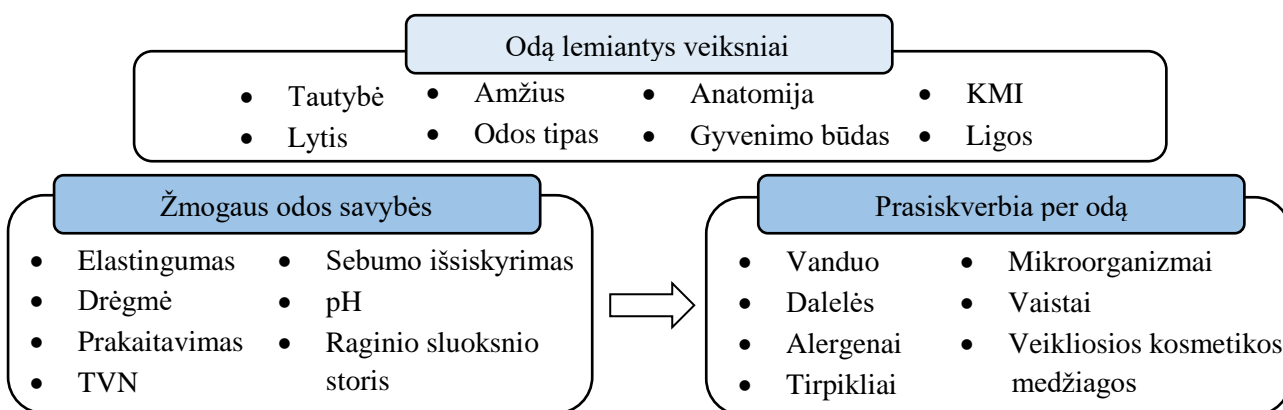
Žmogaus oda – sąsaja tarp organizmo ir išorinės aplinkos. Viena svarbiausių jos funkcijų yra apsaugoti organizmą nuo patogenų, UV spindulių, cheminių medžiagų ir mechaninių veiksnių. Oda veikia kaip apsauginis ir fizinis barjeras bei gamina daug antimikrobinių peptidų ir baltymų, pavyzdžiui, defenzinus ir katelicidinus [8]. Taip pat epidermio raginis sluoksnis apsaugo odą nuo išdžiūvimo, jo tarpląstelinė erdvė susideda iš lipidų mišinio, kuris sumažina vandens ir druskų praradimą iš odos ir vandenyje tirpių medžiagų prasiskverbimą. Normalus vandens judėjimas iš raginio sluoksnio į aplinką yra vadinamas transepiderminiu vandens netekimu (TVN). Jo matavimai gali būti naudingi nustatant odos pažeidimus, kuriuos gali sukelti cheminės medžiagos, fiziniai veiksniai, nes vandens netekimo dažnis didėja proporcingai žalos lygiui [9].

Oda yra didžiausias jutimo organas, kuriame yra daugybė receptorių, reaguojančių į terminį, cheminį ir mechaninį dirginimą. Oda atsakinga už organizmo termoreguliaciją. Žmogaus odoje esantys receptoriai reaguoja į aplinkos temperatūrą ir padeda palaikyti pastovią kūno temperatūrą (apie 37

°C) [10]. Taip pat oda kaupia riebalus, vandenį, vitaminą D, sintetina hormonus, neuropeptidus ir citokinus. Epidermis yra pagrindinė vitamino D sintezės vieta organizme. Procesas vyksta keratinocituose, kurie yra atsakingi už 7-dehidrocholesterolio virtimą vitaminu D, veikiant saulės UV spinduliuotei. Dar viena funkcija yra medžiagų apykaita. Poodyje esantys adipocitai (riebalų ląstelės) kaupia energijos perteklių riebalų pavidalu, kurie gali būti panaudojami trūkstant energijos [8, 10].

1.2. Odos savybės ir tipai

Odos savybės ir būklė skiriasi priklausomai nuo anatomicinės vietos, taip pat įtaką gali daryti ir kitokie veiksniai, pavyzdžiui, tautybė, odos tipas, lytis, amžius, gyvenimo būdas ar kūno masės indeksas (KMI) [11]. Prasiskverbimą į odą lemia jos savybės (žr. 1.2 pav.), žmogaus odos pralaidumas yra svarbi savybė, kuri gali būti naudojama kosmetikos tikslais ar vaistų pernašai.



1.2 pav. Pagrindiniai veiksniai, darantys įtaką žmogaus odai [11]

Odos atspalvis įvairiose etninėse grupėse skiriasi. Įrodyta, jog tamsesnė oda yra atsparesnė senėjimo procesams ir jos raginis sluoksnis storesnis palyginus su šviesią odą turinčiais individais [12]. Lytis turi įtakos prakaito išsiskyrimui, vyrų prakaitavimo dažnis 30–40 % didesnis nei moterų bei nustatyta, jog vyrų odos epidermio sluoksnis yra šiek tiek storesnis nei moterų [11].

Odos drėgmės kiekiui didelės įtakos turi amžius. Didėjant individo amžiui, drėgmė mažėja. Taip pat mažėja odos elastingumas, nes sumažėja kolageno ir elastino skaidulų bei kolageno gamyba dermoje. Odos storis pradžioje didėja, storiausias odos sluoksnis pasiekiamas 30–40 metų moterims ir 40–50 metų vyrams, po to storis žymiai sumažėja [13]. Vyresnio amžiaus žmonių odos pH yra didesnis, nes dėl amžiaus sumažėja rūgštinių natūralių drėkinamųjų veiksnių kiekis odoje [11, 13]. Gyvenimo būdas siejamas su odos būkle, tinkama apsauga nuo saulės, apsaugo odą nuo senėjimo, odos vėžio rizikos bei kitų odos pakitimų.

Odos tipas, jos pigmentacija, drėgmės kiekis ir kiti parametrai yra labai individualūs, todėl reikalauja skirtingos priežiūros. Veido odos tipas gali priklausyti nuo išsiskiriančio sebumo kiekio bei drėgmės esančios aplinkoje, taip pat ir dėl naudojamų drėkinamųjų priemonių [14]. Kosmetinis veido odos tipas gali pakisti per visą žmogaus gyvenimą, nes riebalų sekrecijos kiekis nėra vienodas. Tad skirstoma į šiuos tris pagrindinius tipus: normali, riebi ir sausa oda. Taip pat išskiriami mišrios ir jautrios odos tipai. Pastarąją galima suskirstyti į keturis potipius: spuoguota (aknė), rožinė, perštinti ar alergiška oda. Pavyzdžiui, pacientams, kuriems dažnai pasireiškia bėrimai dėl odos priežiūros, atsiranda spuogai, nustatoma į aknę linkusios, alergiškos jautrios odos tipas [15]. Tokiu atveju labai

svarbu parinkti tinkamas odos priežiūros priemonės su tikslingai veikiančiomis veikliosiomis medžiagomis.

Normali oda yra tarpinis variantas tarp riebios ir sausos odos. Nėra normalios odos tipo apibrėžimo, bet tai išreiškiama kaip sveika, gerai drėkinama oda, išskiriamas tinkamas kiekis sebumo. Riebi oda pasižymi ryškesne, drėgna ir storesne išvaizda, kuri atsiranda dėl didelio sebumo kiekio išsiskyrimo ir išsiplėtusių porų, o tai palengvina komedonų atsiradimą. Riebalų perteklius gali paveikti odos mikroreljefą, pakeisti odos šiurkštumą dėl atsiradusių spuogų, inkštirų ar tokių ligų kaip seborėjinis dermatitas. Taip pat paveikiamas odos elastingumas, nes padidėjus porų skaičiui, odos elastingumas sumažėja [16].

Sausai odai, dar vadinamai kserozine, būdinga blanki spalva, šiurkštumas bei didesnis įtrūkimų skaičius. Reginio sluoksnio lipidai, riebalai, natūralūs drėkinamieji veiksniai ir akvaporinai (integraliniai baltymai), kurie yra atsakingi už vandens judėjimą odoje, padeda reguliuoti sausą odą [17]. Vanduo yra būtinas sveikos odos komponentas, jei yra jo trūkumas, skaidulos, surišančios paviršines ląsteles, neištirpsta ir sukelia odos dalelių lupimąsi [16]. Mišrus odos tipas pasižymi sausumu ir riebumu skirtingose veido zonose. T zona (kakta, nosis ir smakras) dažniausiai gali būti riebi, šioje srityje padidėjęs sebumo išsiskyrimas, kurį sukelia androgenų aktyvumas. Veido U zonoje (smakras ir skruostai) arba tik skruostuose oda yra normali arba sausa [14].

1.3. Odos priežiūra

Veido oda yra svarbi kūno dalis, kuria reikia tinkamai rūpintis. Kasdien veido oda veikiama dulkių, nešvarumų, ultravioletinių spindulių, kosmetikos ir kitų veiksnių. Reguliariai prižiūrėti odą galima naudojant tinkamą rutiną ir kosmetikos priemones. Odos priežiūros rutina – tai procesas, užtikrinantis, kad oda būtų švari ir sveika. Rutinos pagrindą sudaro kasdienis odos valymas, drėkinimas dieną ir naktį ir apsauga, naudojant priemones su UV filtrais. Procedūrų gali būti ir daugiau, priklausomai nuo odos tipo ir jos būklės, pagrindinis skirtumas naudojamų kosmetikos gaminių ingredientai [18].

Odos valymas yra svarbi priemonė pašalinant epidermio negyvas ląsteles, mikroorganizmus, nešvarumus, sebumą ir kosmetiką, taip pat reikalingas žingsnis paruošiant odą drėkinimui ir kitoms procedūroms. Naudojamas veido odos valymo priemonės galima skirstyti į chemines (kosmetinės) ir fizines (valomosios servetėlės, medvilniniai vatos lapeliai, specialios šluostės ar mechaniniai prietaisai). Odai valyti naudojamos įvairios kosmetinės odos priežiūros priemonės. Galima naudoti veido prausiklį, šveitiklį, pienelį, toniką, muilą (skirtą veido odai), valomąsias putas, gelį, nuplaunamą aliejų, micelinį vandenį ar kaukes [19].

Odos drėkinimo pagrindinis tikslas yra pagerinti jos išvaizdą ir funkcijas. Drėkinimu padidinamas vandens kiekis epidermyje, išlyginamas ir suminkštinamas odos paviršius. Šias priemones dažnai sudaro vanduo kartu su drėkinamaisiais ingredientais [20]. Emolientai daugiausiai yra lipidai ir aliejai, kurie minkština odą, suteikia jai lankstumo ir lygumo, blokuoja TVN iš epidermio raginio sluoksnio ir sudaro hidrofobinį barjerą ant odos. Drėkikliai gali vandenį pritraukti iš dermos į epidermį ir esant pakankamai drėgmės – iš aplinkos [21]. Rinkoje yra įvairių odos drėkinimui skirtų priemonių, pavyzdžiui, kremai, losjonai, tepalai, geliai, serumai, hidrolatai, įvairių tipų kaukės. Kosmetikos gaminiai turi būti nekomedogeniški, nesukeliantys aknės ir hipoalerginiai, kad jie galėtų efektyviai veikti odą.

„Kosmetikos gaminys – tai medžiaga arba mišinys, skirtas išorinėms žmogaus kūno dalims (epidermiui, plaukams, nagams, lūpoms ir išoriniams lyties organams) arba dantims ar burnos ertmės gleivinei, norint tik arba daugiausia valyti, kvėpinti, pakeisti išvaizdą, apsaugoti išlaikyti jų gerą būklę arba pašalinti kūno kvapus“¹. Kosmetikos priemonių įvairovė yra labai didelė, gali būti kremai, losjonai, geliai, emulsijos, aliejai, serumai, kaukės, valomosios priemonės (pvz.: geliai, muilai, šampūnai, pastos), dekoratyvinė kosmetika, savaiminio įdegio gaminiai ir kt.

Tarpe įvairių veido priežiūros priemonių, kurios pasižymi ilgalaikiu poveikiu, yra ypač vertinamos veido kaukės. Kosmetines veido kaukes lengva naudoti, jos iškart veikia odą ir jų pasiūla bei paklausa tik didėja. *Statista* 2018 metų duomenimis veido kaukių rinkos vertė tais metais siekė 32,76 milijardus JAV dolerių, prognozuota, kad iki 2025 metų padidės iki 50,91 mlrd. \$ [22]. Kaukės gali būti skirtingų tipų, tokių kaip geliai, emulsijos, pastos, kremai ar lakštai. Jos parenkamos pagal odos tipą, pavyzdžiui, molio kaukės tinka riebiai odai, o kreminės kaukės – sausai odai. Kaip lakštinės kaukės gali būti naudojamos polimerinės membranos. Į šias kosmetines priemones pridedami bioaktyvūs junginiai, taip pat gali būti drėkinantys, šveičiantys, šviesinantys ingredientai, įvairūs vitaminai, baltymai, mineralai, augimo faktorius ir kitos medžiagos – medus ar kofermentas Q [23].

1.4. Polimerinės pluoštinės membranos

Polimerinės membranos yra gaminamos iš įvairių polimerų, gamtinių, sintetinių, jų mišinių ir naudojamos įvairios gamybos technologijos. Gali būti gaunamos 3D spausdinimu, elektriniu purškimu ar verpimu ir kt. [2]. Suformuotos polimerinės membranos perspektyvios biomedicinoje, audinių inžinerijoje ir vis daugiau dėmesio sulaukia kosmetikoje.

Dėl polimerų mokslo pažangos, naftos pagrindu pagamintus polimerus beveik kiekvienoje srityje galima pakeisti biologiniais polimerais. Naudojant polimerus iš atsinaujinančių šaltinių įvairiose srityse pereinama prie tvaresnės, aplinkai draugiškesnės ir mažiau priklausomos gamybos technologijos. Pastaruoju metu daugiau dėmesio skiriama gamtinių polimerų naudojimui kaip biomedžiagas audinių inžinerijoje, žaizdų tvarsčiams gaminti, vaistų pernešimo sistemoms ir kitoms kuriamoms alternatyvoms. Taip pat galima pritaikyti kosmetinių veido kaukių gamybai elektrinio verpimo metodu. Taikant šią technologiją, įmanoma pagaminti pluoštą, imituojantį ekstraląstelinę matricą, reikalingą normaliai odos ląstelių funkcijai ir sąveikai [24].

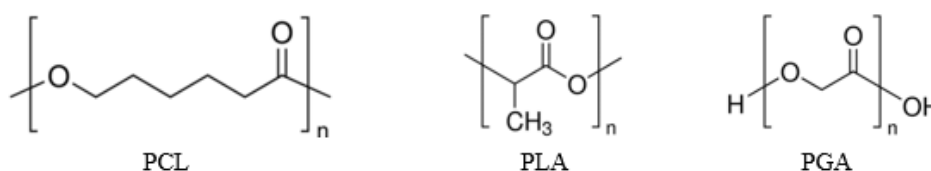
Elektrinis verpimas – tai vienas žinomiausių ir plačiausiai naudojamų metodų pluoštinėms struktūroms gauti, pritaikomas tiek laboratorijoje, tiek pramonėje [3]. Šis procesas yra paprastas, našus ir ekonomišką. Polimerinės struktūros gaunamos, veikiant elektrostatinėms jėgoms. Skystu polimeru (polimeriniu tirpalu arba lydalų) pripildomas švirkštas. Stūmoklis skystą polimerą stumia į verptuvą (adata), o išstūmus iš jo, aukštos įtampos paveiktas skystis yra traukiamas link kolektoriaus (turi priešingą krūvį nei adata). Plona skysčio srovė, džiūdama ant kolektoriaus, suformuoja polimerinį pluoštą. Įvairūs parametrai, tokie kaip polimero, tirpiklio ir tirpalo savybės, proceso ir aplinkos sąlygos, lemia elektrinio verpimo metodu gauto pluošto morfologiją. Nustatyta, kad suformuoto pluošto gijų skersmuo yra tiesiogiai susijęs su polimero tirpalo koncentracija, molekuline mase, klampa ir debitu [25].

¹ Prieiga per internetą: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/HTML/?uri=CELEX:32009R1223&from=LT> [žiūrėtas 2020-11-23]

Gijų skersmuo didėja, padidinus verpiamo polimero koncentraciją. Taip pat esant per mažai polimero molekulinėi masei, dažnai formuojasi gijų praplatėjimai (angl. *beads*) ir vyksta ne elektrinis verpimas, o purškimas [1]. X. Geng'as ir kt. tyrė chitozano molekulinės masės ($30 \cdot 10^3$ g/mol, $106 \cdot 10^3$ g/mol, $398 \cdot 10^3$ g/mol) ir koncentracijos poveikį pluošto morfologijai. Chitozano tirpalas, kuriame polimero molekulinė masė – $106 \cdot 10^3$ g/mol ir esant 7 % koncentracijai, sudarė tolygių gijų pluoštą [26]. Taip pat svarbūs elektrinio verpimo proceso parametrai, padidėjus įtampai, sumažėja gijos skersmuo, gali formotis gijų praplatėjimai. Atstumas tarp adatos ir kolektoriaus turi įtakos gijų praplatėjimų susidarymui, tirpiklio garavimui, taip pat didesnis atstumas lemia silpnesnį elektrinį lauką. Aplinkos parametrai, kaip drėgmė, veikia tirpiklio garavimą, o temperatūra – gijos storį, padidinus temperatūrą, jos storis mažėja [3].

1.4.1. Sintetiniai polimerai

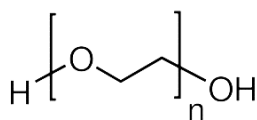
Polimerinės membranos gali būti formuojamos elektrinio verpimo metodu iš sintetinių polimerų. Plačiausiai tiek farmacijos pramonėje, tiek biomedicinoje naudojamas poli(heksano-6-laktonas) (PCL), poli(2-hidroksipropano rūgštis) (PLA) ir poli(2-hidroxiacto rūgštis) (PGA) rūgštys (žr. 1.3 pav.). Šie polimerai dėl savo skaidumo, biosuderinamumo su organizmo sistemomis yra ypač vertinami, todėl manoma, kad juos galima pritaikyti ir kosmetikos pramonėje.



1.3 pav. Sintetinių polimerų cheminių struktūrų fragmentai

Sintetiniai polimerai dažnai pigesni už gamtinius polimerus, gali būti gaminami dideliais kiekiais ir ilgai sandėliuojami. PCL buvo vienas pirmųjų polimerų susintetintų *Carothers* grupės 1930-ųjų metų pradžioje [27]. Šis polimeras yra alifatinis poliesteris, pusiau kristalinis polimeras, kurio kristališkumo laipsnis gali siekti 69 %, didėjant molekulinėi masei, kristališkumas mažėja. Fizikinės, terminės ir mechaninės savybės priklauso nuo polimero molekulinės masės ir kristališkumo laipsnio. PCL biologinė irimo trukmė gali būti nuo kelių mėnesių iki kelerių metų, priklausomai nuo skilimo sąlygų, polimero molekulinės masės ir kristališkumo laipsnio [28]. Mikroorganizmai, tokie kaip bakterijos, grybai ar dumbliai, gali visiškai suardyti šį sintetinį polimerą.

PCL daugelį metų naudojamas biomedicinoje dėl savo puikių mechaninių savybių, jis yra biosuderinamas su organizmo audiniais, netoksiškas, tinkamas pritaikant ir kosmetikos srityje. PCL sėkmingai naudojamas gaminant tvarsčius žaizdoms gydyti, siūlus, taip pat pritaikytas širdies ir kraujagyslių, kaulinių audinių inžinerijoje bei nervų regeneracijoje [29]. Elektrinis verpimas pritaikytas ir kosmetikos reikmėms, S.Byeon'as ir kt. suformavo dvisluoksnius nanopluošto kosmetinius padelius (angl. *cosmetic patches*), kurie naudojami aktyvių medžiagų pernašai į odą. Pluoštą sudaro suformuotas PCL pagrindas ir ant jo verptas poli(okistelino) (PEO) (žr. 1.4 pav.), alginato ir *Spirulina* ekstrakto mišinys. PCL naudotas kaip pirmas sluoksnis, kad išlaikytų stabilų antrąjį sluoksnį, kadangi PEO, alginato ir *Spirulina* sluoksnio negalima tinkinti dėl *Spirulina* ekstrakto pašalinimo [30].



1.4 pav. PEO cheminė struktūra

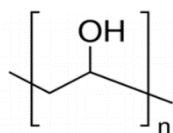
PLA yra alifatinis poliesteris, gaunamas iš atsinaujinančių išteklių (pavyzdžiui, kukurūzų, kviečių ar ryžių), biologiškai skaidus polimeras, kuris yra perdirbamas ir kompostuojamas. Taip pat biosuderinamas, netoksiškas, todėl pritaikomas biomedicinos srityje. PLA pasižymi geromis terminėmis savybėmis, todėl puikiai tinka gaminant pluoštus elektrinio verpimo metodu [31]. PLA gali būti sumaišytas su biologiškai skaidomais arba neskaidomais polimerais, tokiais kaip polietilenas, polipropilenas, chitozanas, polistirenas, polietileno tereftalatas ir polikarbonatai ir kt.

PLA dėl savo savybių naudojama gaminti karkasus audinių inžinerijoje, pernešimo sistemos medžiagas, dengiančias membranas, įvairius biologiškai absorbuojamus medicininius implantus. S. Cesur ir kt. elektrinio verpimo metodu sėkmingai pagamino biologiškai skaidų ir suderinamą nanopluoštą, skirtą kaulinių audinių inžinerijai. Pluoštas gautas iš PLA, natrio alginato ir trikalcio fosfato, nustatytas tokios sudėties pluošto vidutinis gijų storis siekė 396 nm [32]. Taip pat iš šio biopolimero gaminami siūlai, naudojami chirurgijoje, dermatologijoje ir kosmetikoje. PLA siūlai gyjant žaizdas gali suskilti į CO₂ ir H₂O, tai padeda išvengti skausmo, kurį sukelia siūlų pašalinimas. Dėl šios priežasties tokie siūlai pritaikomi chirurgijoje, ypač atliekant vidaus organų, veido ir kaklo operacijas [33].

PGA yra linijinis alifatinis poliesteris, plačiai naudojamas biomedicinos srityje dėl biologinio skaidumo ir suderinamumo bei gerų mechaninių savybių. Šio biopolimero savybės susijusios su didele molekuline mase, kristaline struktūra, lydymosi ir stiklėjimo temperatūromis, tempiamuoju stipriu [34]. PGA mechaninį stabilumą užtikrina didesnė molekulinė masė ir kristališkumas. Iš mažos molekulinės masės PGA pagaminta medžiaga labai greitai biologiškai suyra, kadangi vyksta greita hidrolizė, todėl ji netaikoma ilgalaikiam naudojimui. Įrodyta, jog PGA ir jos skilimo produktai yra netoksiški ir nekenksmingi [35].

PGA dėl savo cheminių ir fizikinių savybių naudojama farmacijos, biomedicinos srityse, gaminant odontologines, ortopedines priemones, medicininius siūlus, pakuotes. Naudojama regeneracinės medicinos reikmėms, didesnė molekulinė masė sumažina biopolimero skilimo greitį, o tai svarbu audiniams, turintiems ilgesnį regeneracijos laikotarpį (pavyzdžiui, kaulams, kremzlėms). Didelis dėmesys skiriamas audinių inžinerijai. R. Aghdam'as ir kt. suformavo elektrinio verpimo metodu nanopluoštą skirtą minkštųjų audinių inžinerijai iš PCL ir PGA mišinio. Didinant PGA koncentraciją, nanopluošto gijų storis padidėjo nuo 303 nm iki 445 nm, taip pat padidėjo ir pačio pluošto hidrofiliškumas [36].

Elektrinio verpimo procesui pagerinti dažnai naudojamas PEO, propilenoksidas, poli(1-hidroksietilenas) (PVA) (žr. 1.5 pav.). Pavyzdžiui, PEO yra linijinis, netoksiškas ir hidrofiliškas sintetinis polimeras, biologiškai suderinamas ir skaidomas, taip pat pasižymi geromis pluošto formavimo savybėmis. Tai pusiau kristalinė medžiaga, kurios kristališkumas yra 70–85 %, o kambario temperatūroje – amorfinė fazė. Polimeras tirpsta įvairiuose tirpikliuose, pavyzdžiui, etanolyje, acetone, toluene, chloroforme ar vandenyje [37].

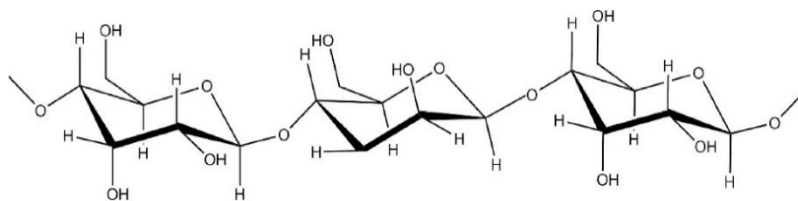


1.5 pav. PVA cheminės struktūros fragmentas

Dėl savo saugumo PEO gali būti naudojamas kosmetikos gaminiuose kaip tirštiklis, biomedicinoje, audinių inžinerijoje ir žaizdų tvarščiams gaminti. Šis polimeras tai pat naudojamas kaip polimerizacijos reakcijos priedas, kuris slopina putojimą ir stabilizuoja polimerizaciją, pavyzdžiui, gaminant vinilchloridą ir akrilnitrilo butadieno stireną [37]. Minkštųjų audinių inžinerijoje pritaikomas nanopluoštas sukurtas P. Basu ir kt., panaudojant elektrinio verpimo metodą. Pluoštą formuojantis tirpalas sudarytas iš PEO ir natrio karboksimetilceliuliozės, didesnė PEO koncentracija lėmė didesnių gijų susidarymą. Nustatyta, kad toks pluoštas netoksiškas ir tinkamas naudojimui ant minkštųjų audinių [38].

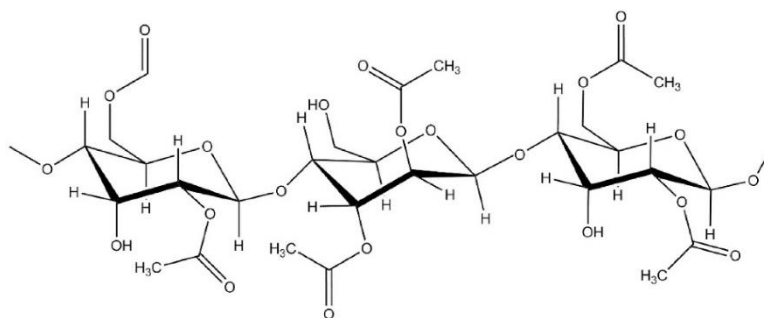
1.4.2. Gamtiniai polimerai

Gamtiniai polimerai naudojami įvairiose pramonės srityse, nes jie netoksiški, biologiškai suderinami, bioskaidūs, atsinaujinantys ir tvarūs. Dėl šių savybių vis daugiau taikomi biomedicinoje, farmacijoje ar kosmetikoje.



1.6 pav. Celiuliozės cheminės struktūros fragmentas

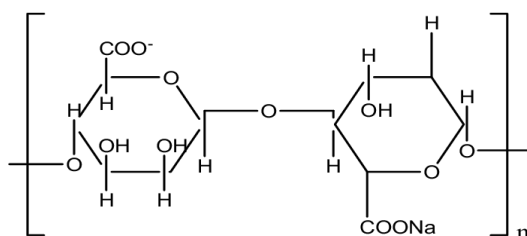
Celiuliozė – linijinis homopolimeras, sudarytas iš gliukopiranozės, sujungtų $\beta(1 \rightarrow 4)$ tipo glikozidine jungtimi (žr. 1.6 pav.). Daugybės naujų funkcinių medžiagų, pritaikomų įvairiose srityse, kūrimui naudojama celiuliozė, nes didėja ekologiškų ir biologiškai suderinamų gaminių paklausa. Celiuliozė yra vienas iš labiausiai paplitusių polisacharidų, kurio nedidelė kaina, didelis hidrofiliškumas ir biologinis suderinamumas pavertė ją perspektyvia žaliava. Naudojama popieriaus, tekstilės, membranų ir farmacinių junginių gamyboje [39]. Celiuliozės gausu medienoje, medvilnėje, džiute, linuose, ji gali būti sintetinama kai kurių dumblių bei grybų. Taip pat net yra bakterijų (*Gluconacetobacter*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*), kurios gali sintetinti šį polisacharidą iš angliavandenių šaltinių, pavyzdžiui iš gliukozės [40].



1.7 pav. Celiuliozės acetato cheminė struktūra

Tarp įvairių celiuliozės darinių, labiausiai išskiriamas vienas – celiuliozės acetatas (žr. 1.7 pav.), kuris naudojamas membranų gamyboje dėl savo tirpumo poliniuose organiniuose tirpikliuose. Celiuliozės esteris pasižymi biologiniu suderinamumu ir skaidomumu, taip pat jis yra netoksiškas. Gana mažos kainos, mažiau higroskopiška bei karščiui atspari medžiaga [41]. Celiuliozės acetatas naudojamas formuoti nanopluoštas elektrinio verpimo metodu. E. Vatankhah suformavo nanopluošta iš celiuliozės acetato ir rozmarino rūgšties mišinio. Atlikti tyrimai patvirtino, kad toks pluoštas pasižymi antioksidantinėmis ir priešuždegiminėmis savybėmis bei biosuderinamumu. Pasak autoriaus, celiuliozės acetato ir rozmarino rūgšties nanopluoštas potencialus kaip transderminis pleistras [42], dėl antioksidantinių ir priešuždegiminių savybių taip pat būtų galima pritaikyti ir kosmetikoje.

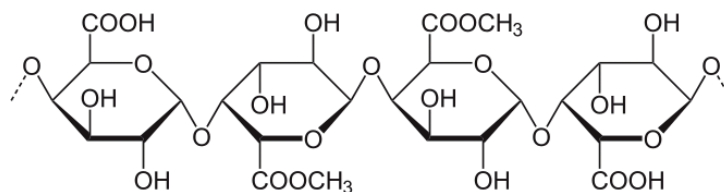
Natrio alginatas – linijinis polimeras, sudarytas iš β -D-manuronato ir α -L-guluronato likučių (žr. 1.8 pav.). Alginatas gali lengvai jungtis su įvairiais metalo jonais, sudarant kovalentinius ryšius. Taip pat pasižymi svarbiomis reologinėmis savybėmis, pavyzdžiui, gelių susidarymu, klampos didinimu, dispersijų stabilizavimu. Natrio alginatas yra netoksiškas, biologiškai suderinamas ir skaidomas, stabilus hidrofilinis biopolimeras. Jo kokybė daugiausiai priklauso nuo dumblių rūšies šaltinio [43].



1.8 pav. Natrio alginato cheminės struktūros fragmentas

Didelis dėmesys skiriamas natrio alginatui audinių inžinerijoje dėl galimybės jį derinti su kitais biopolimerais, pavyzdžiui, hialurono rūgštimi, chitozanu ir kt. Taip pat galima derinti su nanostrukūromis, pavyzdžiui, metalo ir keramikos nanodalelėmis, tai efektyvus būdas gauti kompozicines medžiagas [44]. A. Dodero ir kt. elektrinio verpimo metodu suformavo natrio alginato membranas su ZnO nanodalelėmis. ZnO pasižymi antibakterinėmis savybėmis ir gali sumažinti infekcijos riziką. Gauti rezultatai patvirtino, kad gautos membranos pasižymi antibakteriniu poveikiu ir galima sėkmingai naudoti kaip chirurginius pleistrus ar tvarsčius žaizdų gydymui [45]. Kadangi ZnO plačiai naudojamas kosmetikoje, tad elektrinio verpimo metodu gauta membrana iš natrio alginato ir ZnO nanodalelių būtų perspektyvi šioje srityje.

Pektinas – gamtinis heterogeninis polisacharidas, kuris yra daugiausiai sudarytas iš esterifikuotos D-galakturono rūgšties, esančios (1,4) α padėtyje (žr. 1.9 pav.), linijinių grandinių bei įvairių cukrų, tokių kaip arabinozės, galaktozės, ramnozės. Ištirpęs pektinas greitai suyra deesterifikacijos arba depolimerizacijos būdu, skilimo greitis priklauso nuo tirpalo pH ir temperatūros [46]. Šis heteropolisacharidas yra pagrindinis vaisių žievelės ir daržovių minkštimo komponentas. Pektino gausu citrusinių vaisių (apelsinų, citrinų, žaliųjų citrinų), vynuogių žievelėse, bulvių, cukrinių runkelių minkštyme. Daugiausiai jo išskiriama iš citrusinių vaisių žievelės, nustatyta, kad 25–30 % šių žievelių sauso svorio sudaro pektinas [47].



1.9 pav. Pektino cheminė struktūra

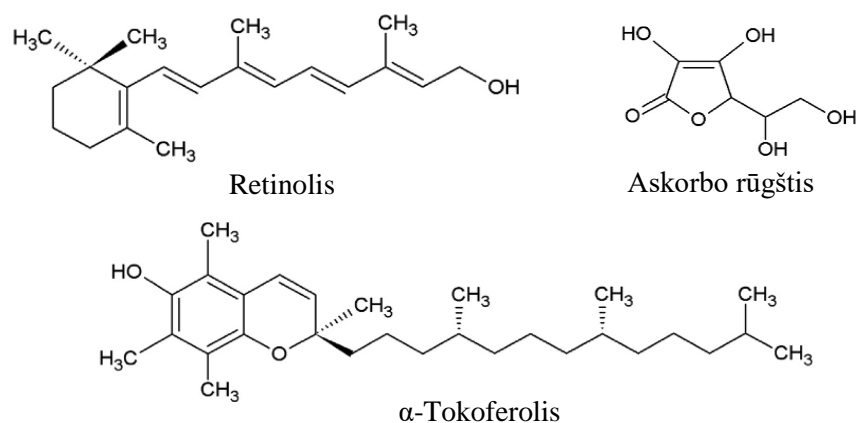
Pektinas yra perspektyvus gamtinis polisacharidas, kuris pasižymi geru biologiniu skaidumu, suderinamumu ir yra netoksiškas [48]. Šios savybės leidžia panaudoti biomedžiagą, pavyzdžiui, medicinoje, farmacijoje, maisto pramonėje ar kosmetikoje. Pektinas naudojamas kaip emulsiklis kosmetikos gaminiuose ir vis daugiau dėmesio susilaukia membranų ir pluoštų gamyboje, kuriuos galima pritaikyti biomedicinoje, audinių inžinerijoje, žaizdų gydyme ar kosmetikoje [47, 48]. Elektrinio verpimo metodu gauti pluoštai tik iš pektino sudėtinga, todėl jis derinamas su kitais polimerais, pavyzdžiui, sintetiniais, gamtiniais ar sintetinių ir gamtinių polimerų mišiniais [49]. Šiuo metu duomenų apie pektino pluoštų panaudojimo galimybes nėra labai daug, tačiau atliekama vis daugiau tyrimų. Audinių inžinerijoje potencialų pluoštą elektriniu verpimo metodu suformavo H. Lin'as ir kt. [50]. Nanopluoštas sėkmingai gautas iš pektino, chitozano ir PVA polimerinio mišinio, nenaudojant kenksmingų organinių tirpiklių. Toks pluoštas buvo tinklinamas, siekiant pagerinti mechanines savybes ir stabilumą. S. Chen ir kt. [51], elektrinio verpimo metodu suformavo pektino ir PEO nanopluošta. Gautas pluoštas buvo sutinklintas ir pasižymėjo gera ląstelių adhezija, mechaniniu stiprumu, skaidumu organizme, todėl perspektyvu naudoti *in vivo* audinių inžinerijoje ir žaizdų gydyme.

Pluoštų formavimas elektrinio verpimo metodu tik iš gamtinių polimerų yra problematiškas dėl jų sudėtingos grandinės chemijos ir tirpalo savybių [52]. Dažnai naudojami toksiški tirpikliai, kurie po verpimo proceso pašalinami papildomu etapu. Siekiant gauti pluoštus, skirtus naudojimui ant veido odos, reikia išvengti agresyvių ir toksiškų cheminių medžiagų panaudojimo. Taip pat pridedami priedai, kurie gerina elektrinio verpimo procesą ir pluošto morfologiją.

1.5. Biologiškai aktyvios medžiagos

Biologiškai aktyvių ingredientų naudojimas kosmetikos pramonėje sulaukia vis didesnio dėmesio, dėl jų galimo saugumo, ekonomiškumo bei savo biologinių funkcijų. Bioaktyvius junginius galima gauti iš įvairių gyvų organizmų, pavyzdžiui, grybų, augalų, dumblių, vaisių. Taip pat aptinkami ir gyvūninės kilmės pirminiuose ar antriniuose metabolituose.

Vitaminai yra gyvybiškai svarbūs žmogaus organizmui, kadangi jis pats visiškai nesintetina arba sintetina minimaliais kiekiais, svarbu gauti vitaminų su maistu. Šios grupės junginiai taip pat svarbūs veido odos priežiūroje, pavyzdžiui, pašalinant laisvuosius radikalus, kurie yra viena iš odos senėjimo priežasčių. Dažniausiai naudojami vitaminai (A, E ir C) (žr. 1.10 pav.) kremuose, serumuose, veido kaukėse ar kituose kosmetikos gaminiuose. Vitaminas A (retinolis) mažina kolagenazės lygį ir reguliuoja keratinizaciją, mažina raukšles, taip pat produktus su retinoliu galima naudoti saulės pažeistai odai [53]. Spuogutos odos gydymui naudojami vitamino A dariniai – retinoidai arba retinolio rūgštis. Dažnai retinolis į kosmetines priemones dedamas kartu su vitaminu E (tokoferoliu), siekiant apsaugoti jį nuo oksidacijos [54].



1.10 pav. Vitaminų cheminės struktūros

Vitaminas E yra aštuonių tipų: tokoferoliai (α , β , γ , ir δ) bei tokotrienoliai (α , β , γ , ir δ), α -tokoferolis yra biologiškai aktyviausia forma [55]. Šis vitaminas gali nežymiai pašalinti pigmentines dėmes ar neleisti joms susidaryti. Tai yra natūralus antioksidantas, apsaugo odą nuo neigiamo oksidacinio streso poveikio ir pašalina laisvuosius radikalus, kurių padaugėja senstančioje odoje ar fotosenėjimo metu bei regeneruoja odą [56]. Senstant organizmui, mažėja vitamino C (askorbo rūgšties) kiekis. Šis bioaktyvus junginys, antioksidantas, sumažina veido raukšles, pagerina fotosenėjimo paveiktos odos būklę, gali padidinti kolageno sintezę taip sustabdant odos senėjimą. Askorbo rūgštis naudojama kremuose, serumuose ir kituose kosmetikos produktuose [57].

Fermentai naudojami ne tik farmacijoje, maisto pramonėje, bet ir kosmetikoje. Pavyzdžiui, bromelainas yra vienas iš proteolitinių fermentų, kuris randamas ananaso (*Ananas comosus*) stiebe, vaisiuje ir lapuose. Kosmetikoje bromelainas naudojamas kaip aktyvus ingredientas veido ir kūno priežiūros priemonėse, kurių funkcija – švelnus odos šveitimas, pašalinant raginio sluoksnio negyvas ląsteles. Šis fermentas taip pat gali sumažinti mėlynės ir odos tinimą po kosmetinių injekcijų procedūrų, efektyviai veikia raukšles, spuogus bei tinkamas sausai odai [58]. Kosmetikos produktuose dažnai su bromelainu naudojamas papainas, fermentas išskiriamas iš papajos (*Carica papaya*) vaisiaus. Šio bioaktyvaus junginio savybės panašios į bromelaino, pašalina negyvas odos ląsteles, mažina raukšles. Suteikia laisvų aminorūgščių, reikalingų naujų baltymų sintezei, taip padedama atstatyti odos audinius, skatinamas naujų odos ląstelių augimas. Taip pat gali sumažinti strazdanas, pigmentines dėmes, išlygina odą [59].

Peptidai dažniausiai kosmetikoje naudojami kaip komponentai prieš senėjimą, raukšles, jie skatina kolageno ir elastino sintezę. Buvo sukurti bioaktyvūs peptidai, įskaitant ir trumpos sekos oligopeptidus, kojo rūgšties-tripeptido junginiai, dipeptidai ir tripeptidai, cisteino turintys dipeptidai, visi minėti junginiai naudoti kaip kosmetiniai peptidai [60]. Oligopeptidas-68 (seka: Arg-Asp-Gly-Ile-Leu-Ser-Thr-Trp-Tyr) yra balinanti odą medžiaga, naudojama kosmetikoje melasmos paveiktai odai. Jis slopina tirozinazės aktyvumą ir pagrindinius pigmentacijos fermentus. Palmitoilo tripeptidas-3/5 (seka: Pal-Lys-Val-Lys) skatina kolageno sintezę odoje. Tyrimais patvirtinta, kad kremai su šiuo tripeptidu efektyviai mažina veido raukšlių atsiradimą ir odos šiurkštumą [61].

Cinko, sieros ir silicio junginiai yra vieni svarbiausių ir daugiausiai naudojami kosmetikos produktuose. Cinkas pasižymi antioksidantinėmis, priešuždegiminėmis, antimikrobinėmis, valančiomis ir stabilizuojančiomis savybėmis, taip pat cinko oksidas naudojamas apsauginėse priemonėse nuo saulės [54]. Cinko junginiai efektyviai naudojami spuogutai odai, cinko oksidas

sutraukia ir džiovina spuogus, sumažina sebumo išsiskyrimą. Taip pat šis oksidas pasižymi dezodoruojančiomis savybėmis, trumpas ir vidutinio ilgumo laisvas riebalų rūgštis paverčia vandenyje netirpiomis, nelakiomis druskomis [62].

Sieros junginiai seniai naudojami aknės gydymui, kadangi pasižymi džiovinančiomis ir antibakterinėmis savybėmis. Tai komponentai įeinantys į ploviklių, losjonų, kremų, receptinių ir nereceptinių kaukių sudėtį, taip pat aptinkami šampūnuose ir balzamuose nuo plaukų slinkimo. Siera gali būti naudinga gydant rožinę ar seborėjinę dermatitą [54, 63]. Trečias pagal gausumą žmogaus organizme esantis mikroelementas yra silicis. Silicis svarbus kaulų mineralizacijoje, palaiko odos elastingumą ir tvirtumą, dalyvauja kolageno sintezėje, sumažina plaukų slinkimą. Silicio dioksida, tirpų vandenyje ir augaliniuose ekstraktuose, gerai įsisavina žmogaus organizmas, todėl plačiai pritaikomas kosmetikos produktuose. Pavyzdžiui, naudojamas emulsijose, serumuose, kaukėse senstančiai odai, kaip abrazyvas ar absorbentas, lengvai sugeriantis praikaitą ir riebalus [54, 64].

Dar viena plačiai naudojama bioaktyvių medžiagų grupė yra eteriniai aliejai – tai cheminių junginių mišinys, kurį gali sudaryti pavyzdžiui, alkoholiai, angliavandeniliai, ketonai, rūgštys, esteriai, eteriai. Pagrindinė jų naudojimo priežastis yra aromatas, tačiau pasižymi ir kitomis puikiomis savybėmis. Rožių eterinis aliejus dažniausiai ekstrahuojamas iš *Rosa damascene* gėlių žiedų, kurį sudaro citronelolis, geraniolis, nerolis, farnesolis, rožių oksidas ir kiti komponentai [65]. Naudojamas tokiuose kosmetikos produktuose, kaip veido kremai, serumai, plaukų ir kūno aliejai. Rožių eterinis aliejus pasižymi antibakterinėmis, priešuždegiminėmis savybėmis, efektyviai drėkina sausą odą, mažina senėjimo požymius. Tai pat rozmarinų eterinis aliejus išskiriamas distiliuojant garais *Rosmarinus officinalis* žydinčias viršūnes. Šį aliejų sudaro daugiausiai eukaliptolis, α -pinenas, kamparas, bornilo acetatas, kamfenas, β -mircenas, limonenas ir borneolis [66]. Naudojamas vonios druskose, tepaluose, geliuose, plaukų priežiūros priemonėse. Rozmarinų eterinis aliejus maitina plaukus, skatina jų augimą bei mažina pleiskaną. Pasižymi antibakterinėmis, priešuždegiminėmis, priešgrybelinėmis ir antioksidantinėmis savybėmis.

1.6. Literatūros apžvalgos apibendrinimas

Žinios apie odos sandarą, jos savybes ir tipus padeda parinkti tinkamą odos priežiūros rutiną bei priemones. Vienos iš jų gali būti polimerinės membranos. Atlikus literatūros analizę, pastebėta, kad pluoštinės polimerinės membranos vertinamos ne tik biomedicinoje, farmacijoje ar audinių inžinerijoje, bet yra perspektyvios ir kosmetikos srityje. Jų formavimui naudojamos įvairios technologijos, o vienas dažniausiai ir plačiausiai naudojamų metodų yra elektrinis verpimas. Šiuo metodu membranos gaminamos iš tokių poliesterių, kaip PCL, PLA, PGA, tačiau kosmetikos pramonėje labiau vertinami gamtiniai polimerai. Pavyzdžiui, celiuliozė, natrio alginatas, pektinas pasižymi biologiniu suderinamumu ir skaidumu, yra netoksiški, hidrofiliškai ir gaunami iš atsinaujinančių šaltinių. Tačiau membranas formuoti tik iš gamtinių polimerų elektrinio verpimo metodu yra sudėtinga, todėl naudojami sintetinių ir gamtinių polimerų mišiniai. Suformuotos polimerinės membranos gali būti funkcionalizuojamos įvairiais aktyviais junginiais, pavyzdžiui, vitaminais, fermentais, peptidais, mikroelementais ir kt. Tokie junginiai yra naudingi odai, nes gali ją drėkinti, maitinti, regeneruoti ar šviesinti, mažinti raukšlių gylį.

2. Medžiagos ir tyrimų metodai

Šioje dalyje pateikiamos darbui naudotos medžiagos, aprašomi tyrimo metodai, nurodomi naudoti prietaisai.

2.1. Naudotos medžiagos

Projekto metu naudotos medžiagos:

- *Aromanatural*, Lietuva: glikolio rūgštis (70 %), niacinamidas, pieno rūgštis (90 %), tripeptidai;
- *Aroma-Zone*, Prancūzija: alantoinas, D-pantenolis, citrinos rūgštis, ksantanas, natrio hialuronatas ($20\text{-}50\cdot 10^3$ Da), raudonųjų jūros dumblių ekstraktas;
- *Ekooazė*, Lietuva: metilsulfonilmetanas (MSM);
- *Ellmuilas*, Lietuva: alavijo ekstraktas (200:1);
- *Eurochemicals*, ES (Europos Sąjunga): natrio chloridas, natrio hidroksidas (NaOH);
- *Fagron*, Belgija: saldymedžio ekstraktas;
- *LaboChema*, Lietuva: kalio chloridas, KH_2PO_4 , Na_2HPO_4 ;
- *Melisa*, Lenkija: agurkų ekstraktas (glicerino-vandens mišinyje), medetkų ekstraktas (glicerino-vandens mišinyje), ramunėlių žiedų ekstraktas (glicerino-vandens mišinyje), didžiųjų varnalėšų šaknų ekstraktas (glicerino-vandens mišinyje);
- *Merck KGaA*, Vokietija: pektinas iš citrusinių vaisių žievelės, *Triton X-100*;
- *Nordisk Droge & Kemikalie A/S*, Danija: kalcio laktatas;
- *SERVA Feinbiochemica*, Vokietija: PEO ($1\cdot 10^5$, $3\cdot 10^5$ ir $5\cdot 10^6$ g/mol);
- *Sharon Laboratories*, Izraelis: *Sharomix 721* (benzilo alkoholis, dehidro acto rūgštis, vanduo);
- *Soliance*, Prancūzija: natrio hialuronatas ($1,6\cdot 10^6$ Da);
- Stumbras, Lietuva: etilo alkoholis (96,6 %);
- *Wratislavia-Biodiesel*, Lenkija: glicerolis (analitiškai grynas, 99,5 %).

Medžiagos prieš naudojimą papildomai grynintos nebuvo.

2.2. Tirpalų membranoms gauti ruošimas

Polimerinių membranų formavimui paruošiami tirpalai, kurių sudėtyje yra 1–6 % pektino, 0,25 % arba 0,35 % skirtingos molekulinės masės PEO: $1\cdot 10^5$ g/mol, $3\cdot 10^5$ g/mol ir $5\cdot 10^6$ g/mol, 1,5 % nejoninės paviršinio aktyvumo medžiagos *Triton X-100* ir vandens iki 100 %. Analitinėmis svarstyklėmis *Kern ABJ 220-4NM* (*Kerni & Sohn GmbH*, Vokietija) (žr. 2.1 pav.) pasveriamos sausos medžiagos ir užpilamas reikiamas kiekis distiliuoto vandens. Tirpalai, padėti ant magnetinės maišyklės *IKA RCT* (*IKA*, Vokietija) (žr. 2.2 pav.), maišomi 24 val. palaikant 100–130 aps./min. maišymo greitį. Polimerams ištirpus, tirpalai sumaišomi ir pridedamas reikiamas kiekis paviršinio aktyvumo medžiagos.



2.1 pav. Analitinės svarstyklės²



2.2 pav. Magnetinė maišyklė³

2.3. Tirpalų klamos matavimas

Tirpalų klampa matuojama *Fungilab smart* (*Fungilab*, Ispanija) rotaciniu viskozimetru (žr. 2.3 pav.).



2.3 pav. Rotacinis viskozimetras⁴



2.4 pav. Elektrinio laidumo matuoklis⁵

Matavimams naudojamos L3 ir L4 geometrijos ir 25 ml kiekvieno tirpalo. Panardinus darbinį kūną į tirpalą, nustatomas 50 aps./min greitis. Kiekvienas matavimas yra atliekamas kambario temperatūroje (20 ± 1 °C). Rezultatuose pateikiamas trijų matavimų aritmetinis vidurkis.

2.4. Tirpalų elektrinio laidumo matavimas

Tirpalų laidumas matuojamas *pH/Cond 340i* (*WTW GmbH*, Vokietija) elektrinio laidumo matuokliu (žr. 2.4 pav.). Matavimams naudojama po 25 ml kiekvieno tirpalo. Prieš atliekant matavimą elektrodas praplaunamas distiliuotu vandeniu ir nuvalomas. Panardinus elektrodą į tiriamą tirpalą yra fiksuojamas elektrinis laidumas. Visi matavimai atliekami kambario temperatūroje (20 ± 1 °C). Rezultatuose pateikiamas trijų matavimų aritmetinis vidurkis.

2.5. Polimerinių membranų gavimas

Polimerinės membranos gaunamos elektrinio verpimo būdu. Principinė elektrinio verpimo schema pateikta 2.5 paveiksle. Polimeriniu tirpalu pripildomas 10 ml švirkštas, uždedama 0,34 mm vidinio

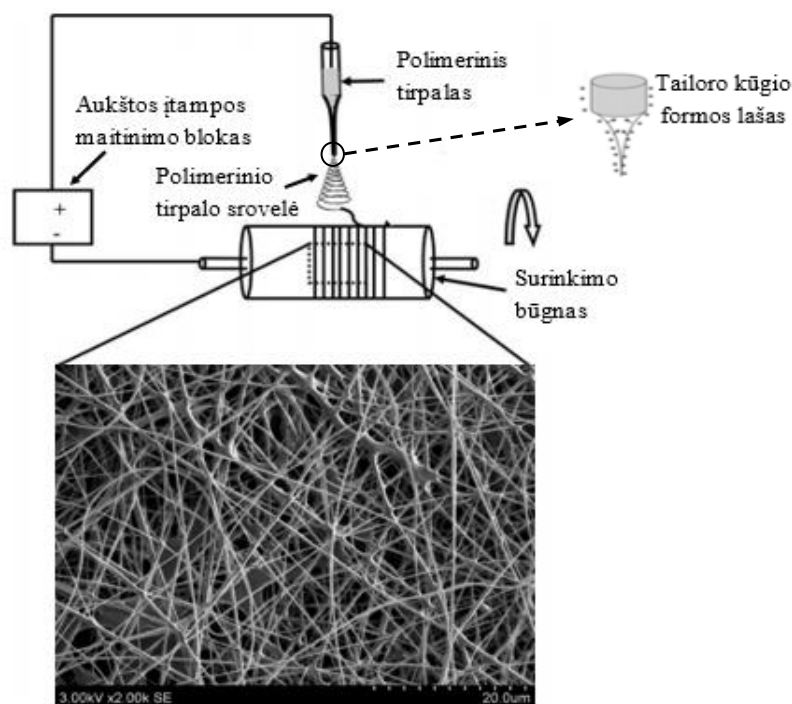
² Prieiga per internetą: <https://www.kern-sohn.com/en/ABJ%20120-4NM> [žiūrėta 2021-02-07]

³ Prieiga per internetą: <https://www.ika.com/en/Products-Lab-Eq/Magnetic-Stirrers-Hot-Plate-Lab-Mixer-Stirrer-Blender-csp-188/RCT-basic-cpdt-3810000/> [žiūrėta 2021-02-07]

⁴ Prieiga per internetą: <https://apcis.ktu.edu/CTF/lt/site/katalogas?more=8646> [žiūrėta 2021-02-07]

⁵ Prieiga per internetą: <https://pr.vwr.com/store/product/4787386/multi-340i-and-ph-cond-340i-handheld-multimeters-wtw> [žiūrėta 2021-02-07]

skersmens adata ir nustatomi technologiniai parametrai: įtampa, temperatūra, drėgmė, atstumas tarp elektrodų, debitas. Pluoštas surenkamas ant aliuminio folijos.



2.5 pav. Elektrinio verpimo principinė schema

Suformuota membrana (7,7×6,1 cm) merkiama į 200 ml 2 % kalcio laktato tirpalą ir laikoma 1 val. 50 °C temperatūroje. Sutinklinta membrana galiausiai, dedama į silikoninę formelę ir džiovinama krosnelėje *Binder ED53* (*Binder*, Vokietija) (žr. 2.6 pav.) 50 °C temperatūroje iki pastovios masės.



2.6 pav. Džiovinimo krosnelė⁶

Po džiovinimo polimerinė membrana dedama į eksikatorių.

2.6. Analizė skenuojančiu elektroniniu mikroskopu

Polimerinių membranų morfologija tiriama aukštos skiriamosios gebos skenuojančiu elektroniniu mikroskopu (SEM) *S-3400N* (*Hitachi*, Japonija) (žr. 2.7 pav.).

⁶ Prieiga per internetą: <https://www.directindustry.com/prod/binder/product-36327-326781.html> [žiūrėta 2021-02-07]



2.7 pav. SEM⁷



2.8 pav. FT-IR spektrometras⁸

Naudojant *Image J* programinį paketą, apskaičiuojamas polimerinių gijų storis, jų pasiskirstymas. Matavimams naudojamos 10000 kartų padidinto vaizdo SEM nuotraukos (kiekvienam mėginiui po tris). Išmatuojamos 45 gijos, rezultatuose pateikiamas aritmetinis vidurkis.

2.7. Furje transformacijos infraraudonųjų spindulių spektroskopija

Furje transformacijos infraraudonųjų spindulių (FT-IR) visiško vidinio atspindžio spektrai užrašomi spektrometru *Perkin Elmer Frontier* (*Perkin Elmer, JAV*) (žr. 2.8 pav.). Medžiaga dedama ant deimantinio kristalo plokštelės, prispaudžiama ir intervale nuo 4000 cm^{-1} iki 650 cm^{-1} užrašomas spektras (skenavimų skaičius – 5, skiriamoji geba – 4 cm^{-1}).

2.8. Vilgymo kampo nustatymas

Vandens vilgymo kampas (θ) matuojamas *Theta Lite TL 101* (*Biolin Science, Suomija*) optiniu tensiometru (žr. 2.9 pav.).



2.9 pav. Tensiometras⁹

Mėginys ($1 \times 1\text{ cm}$) padedamas ant prietaiso plokštelės ir ant jo užlašinama $20\text{ }\mu\text{l}$ distiliuoto vandens. Vandens vilgymo kampas išmatuojamas naudojant *OneAttension 1.0* programinę įrangą. Matavimai atliekami kambario temperatūroje ($20 \pm 1\text{ }^\circ\text{C}$). Rezultatuose pateikiamas trijų matavimų aritmetinis vidurkis.

⁷ Prieiga per internetą: <https://www.selectscience.net/products/s-3400n-fully-automated-vp-sem/?prodID=104117> [žiūrėta 2021-02-08]

⁸ Prieiga per internetą: <https://www.perkinelmer.com/product/frontier-mir-fir-sp10-std-11280044> [žiūrėta 2021-02-08]

⁹ Prieiga per internetą: <https://www.biolinscientific.com/attension/optical-tensiometers/theta-lite#> [žiūrėta 2021-02-08]

2.9. Elementinės sudėties nustatymas

Mikroskope įmontuotu rentgeno spindulių energijos dispersijos spektrometru (EDS) *XFlash 4030* (*Bruker AXS Microanalysis Gmb*, Vokietija) tiriama bandinių paviršiaus elementinė sudėtis.



2.10 pav. *XFlash 4030* detektorius¹⁰

Tiriami kontrolės ir tinklinto pektino membranos mėginiai.

2.10. Storio matavimas

Elektrinio verpimo metodu gautų membranų storis matuojamas *Mitutoyo 547-301* (*Mitutoyo Co*, Japonija) skaitmeniniu stormačiu 0,01 mm tikslumu (žr. 2.11 pav.).



2.11 pav. Skaitmeninis stormatis¹¹

Storis išmatuojamas keturiose polimerinės membranos vietose ir rezultatai pateikiami išvedant aritmetinį vidurkį.

2.11. Mechaninės savybės

Bandymas atliekamas naudojant *Zwick/Roell BDO-FB 0.5 TH* tempimo mašiną (*Zwick, GmbH & Co*, Vokietija) (žr. 2.12 pav.).

¹⁰ Prieiga per internetą: https://www.personalas.ktu.lt/~tomtamu/SEM/eds_en.htm [žiūrėta 2021-05-17]

¹¹ Prieiga per internetą: <https://www.itm.com/product/mitutoyo-547-301-digital-thickness-gauge> [žiūrėta 2021-02-08]



2.12 pav. Tempimo mašina¹²

Iš tinklintos ir netinklintos polimerinės membranos iškerpami mėginiai (6×1 cm). Tiriamojo mėginio galai įtvirtinami tarp gnybtų ir tempiami 1 mm/s greičiu kol nutrūksta. Kompiuterine programa *Software V11.02 TestXpert* nustatomas σ_B – tempiamasis stipris. Tyrimui naudojama po keturis kiekvienos grupės mėginius, rezultatuose pateikiamas gautų duomenų aritmetinis vidurkis.

2.12. Polimerinių membranų sorbcijos tyrimas

Sorbcijos tyrimas atliekamas, norint nustatyti membranos gebą sorbuoti pagamintus veido serumus. Iš kontrolės ir tinklinto pektino membranos iškerpami mėginiai, pasveriami ir merkami į 4 ml serumo. Mėginiai išimami tam tikru laiko intervalu, nusausinus perteklinį skystį filtro popieriumi, pasveriami. Sorbcija S (%) apskaičiuojama pagal 1 formulę:

$$S(\%) = \frac{m_b - m_s}{m_s} \cdot 100; \quad (1)$$

čia m_b – išbrinkusio mėginio masė, g; m_s – sauso mėginio masė, g.

2.13. Serumų gavimas

Odos sudirginimą mažinančio serumo (E1) gavimas. Atsveriamas alavijo ekstraktas, natrio hialuronatas, alantoinas ir medžiagos užpilamos vandens ir glicerolio mišiniu. Mišinys maišomas ant magnetinės maišyklės, palaikant 220–260 aps./min. maišymo greitį ir 60 °C temperatūrą. Ištirpus komponentams, sumažinama temperatūra iki 40 °C ir sudedamas D-pantenolis, ekstraktai, konservantas. Serumo pH koreguojamas NaOH.

Serumo (E2), kuris mažina raukšlių gylį, gavimas. Atsveriamas ksantanas ir užpilama vandens ir glicerolio mišinio. Tirpalas maišomas ant magnetinės maišyklės, palaikant 220–260 aps./min. maišymo greitį ir 60 °C temperatūrą. Ištirpus ksantanui, temperatūra sumažinama iki 40 °C ir pridedama MSM, D-pantenolio, tripeptido ir konservanto. Serumo pH koreguojamas NaOH.

Serumo (E3), kuris naikina bakterijas ir slopina riebalinių liaukų veiklą, gavimas. Atsveriamas alavijo ekstraktas, ksantanas ir užpilama vandens ir glicerolio mišiniu. Tirpalas maišomas ant magnetinės maišyklės, palaikant 220–260 aps./min. maišymo greitį ir 60 °C temperatūrą. Ištirpus tirštikliui,

¹² Prieiga per internetą: <https://apcis.ktu.edu/MIDF/en/site/katalogas?more=653> [žiūrėta 2021-02-08]

temperatūra sumažinama iki 40 °C ir pridedama medetkų ekstrakto, konservanto. Sureguliuojamas serumo pH iki 6 naudojant NaOH ir po to pridedama niacinamido.

Serumo (E4), kuris balina odą, gavimas. Atsveriamas alavijo ekstraktas, natrio hialuronatas ir užpilama vandens ir glicerolio mišiniu. Tirpalas maišomas ant magnetinės maišyklės, palaikant 220–260 aps./min. maišymo greitį ir 60 °C temperatūrą. Ištirpus natrio hialuronatui, temperatūra sumažinama iki 40 °C ir supilamos α -hidroksirūgštys (AHA), sudedami ekstraktai, konservantas. Serumo pH koreguojamas NaOH iki pH 4,0–4,5.

Serumo (E5), kuris drėkina odą, gavimas. Atsveriamas natrio hialuronatas ir užpilamas vandens ir glicerolio mišiniu. Tirpalas maišomas ant magnetinės maišyklės, palaikant 220–260 aps./min. maišymo greitį ir 60 °C temperatūrą. Ištirpus natrio hialuronatui, temperatūra sumažinama iki 40 °C ir pridedama D-pantenolio, ekstrakto, konservanto. Serumo pH koreguojamas citrinos rūgštimi.

2.14. Serumo pH matavimas

Serumo pH nustatomas *Thermo Scientific Orion Star a111* (*Thermo Fisher Scientific*, JAV) pH matuokliu (žr. 2.13 pav.).



2.13 pav. pH matuoklis¹³

Prieš atliekant matavimą elektrodas plaunamas distiliuotu vandeniu ir nuvalomas. Panardinus elektrodą į tiriamą serumą, fiksuojamas pH. Matavimai atliekami 3 kartus, rezultatai pateikiami apskaičiuavus aritmetinį vidurkį.

2.15. Poveikis odai

Serumo poveikis odai tiriamas korneometru *Soft Mini-1* (*Callegari*, Italija) (žr. 2.14 pav.). Matavimai atliekami viršutinio dilbio srityje, kai korneometro zondas pridedamas prie odos ir lengvai paspaudžiamas.



2.14 pav. Korneometras¹⁴

¹³ Prieiga per internetą: <https://www.thermofisher.com/order/catalog/product/STARA1110#/STARA1110> [žiūrėta 2021-02-08]

¹⁴ Prieiga per internetą: <https://www.callegari1930.com/en/skin-care/soft-mini1> [žiūrėta 2021-03-02]

Pirmiausiai išmatuojama švarios odos drėgmė. Po to ant odos užtepama (2 mg/cm^2) serumo, kuris laikomas 2 val. Po 2 val. oda nuplaunama po tekančia vandens srove ir nudžiūvus, pamatuojamas drėgmės kiekis. Drėgmės padidėjimo rezultatu laikomas keturių matavimų aritmetinis vidurkis.

2.16. Duomenų analizė

Polimerinių membranų gijų storis išmatuojamas naudojant *ImageI* kompiuterinę programą. Gautų rezultatų vidurkiai ir standartinio nuokrypio vertės apskaičiuojamos naudojant *MS Excel* programinį paketą.

Aritmetinis vidurkis A apskaičiuojamas pagal formulę:

$$A = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i; \quad (2)$$

čia n – reikšmių kiekis; a – nario reikšmė; i – aibės duotasis narys.

Standartinis nuokrypis SN apskaičiuojamas pagal šią formulę:

$$SN = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (a_i - A)^2}; \quad (3)$$

čia n – reikšmių kiekis; a – nario reikšmė; i – aibės duotasis narys.

3. Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

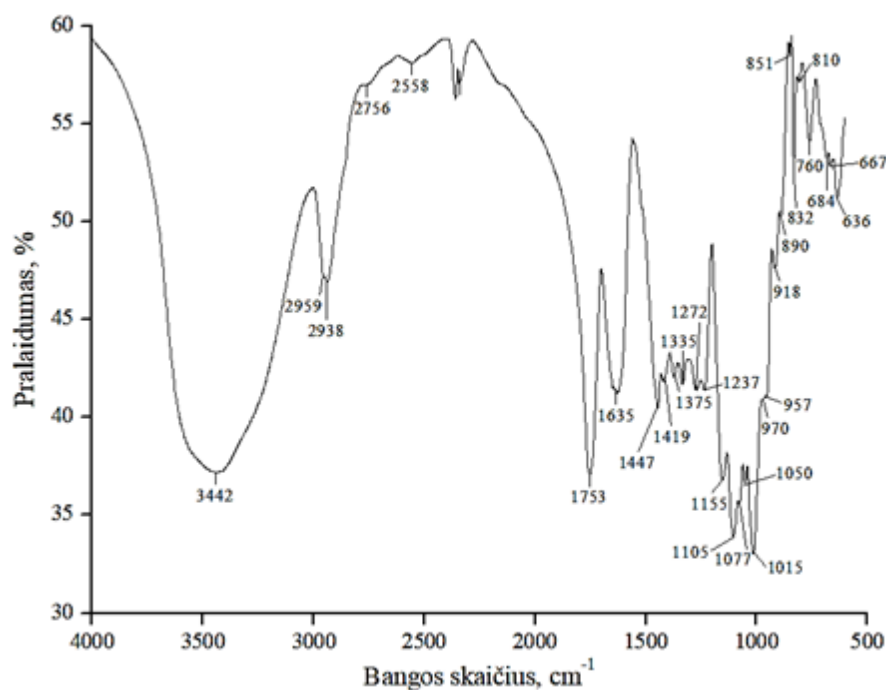
Šio projekto metu suformuotos pektino membranos, sukurtos serumų kompozicijos ir pagal jas pagamintos priemonės bei ištirtas membranų, įmirkytų serumais, stabilumas.

3.1. Polimerinių membranų gavimas ir charakterizavimas

Pluoštinės struktūros polimerinės membranos buvo formuojamos iš pektino ir priedų taikant elektrinį verpimą. Tai vienas žinomiausių ir plačiausiai naudojamų metodų pluoštinėms struktūroms gauti [3]. Naudojant šią technologiją galima suformuoti pluoštus iš nano-, mikrogijų, kurie gali būti pritaikomi ne tik kosmetikoje, bet ir farmacijoje ar audinių inžinerijoje [67]. Jų praktinis panaudojimas dažniausiai priklauso nuo pasirinktų polimerų, tirpiklių, papildomų priedų, suformuoto pluošto suderinamumo su biologinėmis sistemomis, morfologijos, mechaninių savybių ir kt. [3, 67].

Šiame projekte pluoštinėms membranoms gauti pasirinktas pektinas. Tai anijoninis polisacharidas, naudojamas maisto, kosmetikos, farmacijos pramonėse [46]. Pektinas yra bioskaidus, netoksiškas, biosuderinamas su organizmo sistemomis [48].

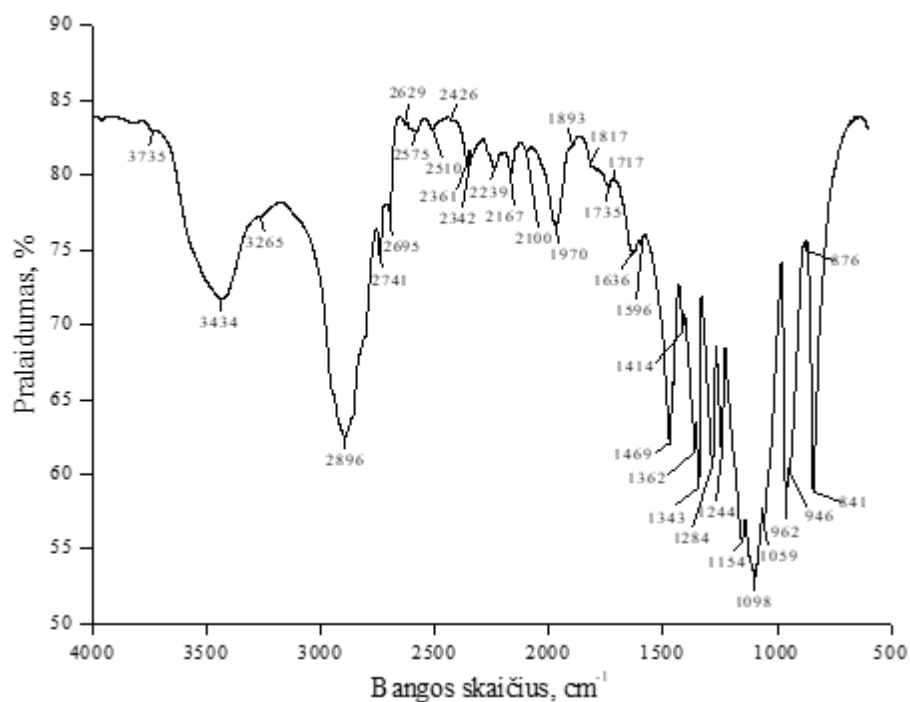
Siekiant suformuoti polimerines gijas, pektinas buvo maišomas su PEO. Pradinių žaliavų FT-IR spektrai pateikti 3.1 pav. ir 3.2 pav.



3.1 pav. Pektino FT-IR spektras

Pektino FT-IR spektre matyti plati, didelio intensyvumo juosta $3600\text{--}3200\text{ cm}^{-1}$ spektro srityje. Šioje spektro srityje esanti smailė ties 3442 cm^{-1} stebima dėl simetrinių valentinių O–H ryšio virpesių. Smailės, intervale $3000\text{--}2800\text{ cm}^{-1}$, stebimos dėl C–H ryšio valentinių virpesių. Dvi intensyvios smailės matomos $1755\text{--}1630\text{ cm}^{-1}$ srityje. Smailė ties 1753 cm^{-1} priskiriama esterintoms karboksilo grupėms. Smailė ties 1635 cm^{-1} priskiriama karbonilo grupėms $\text{C}=\text{O}$. $1500\text{--}1350\text{ cm}^{-1}$ spektro srityje – metilo grupės deformaciniai virpesiai. $1350\text{--}1150\text{ cm}^{-1}$ spektro srityje smailės atsiranda dėl CH_2 vėduoklinių ir sukamųjų virpesių. $1100\text{--}1015\text{ cm}^{-1}$ srityje stebimi valentiniai C–O virpesiai.

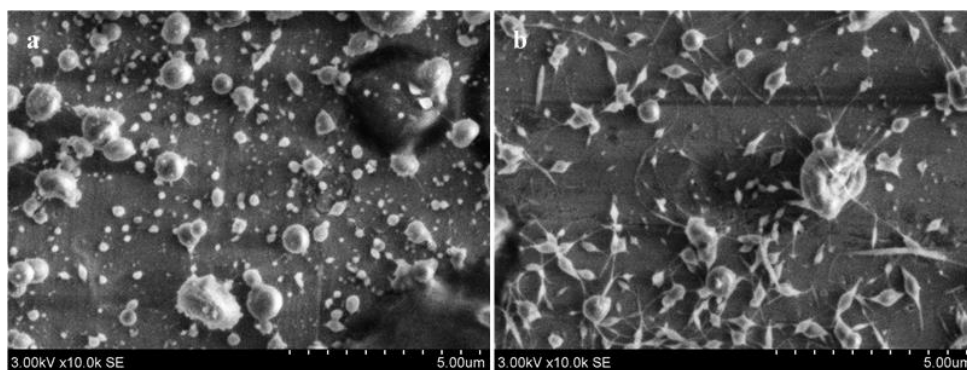
PEO FT-IR spektras pateiktas 3.2 pav.



3.2 pav. PEO FTIR spektras

PEO FT-IR spektre 3700–3200 cm^{-1} intervale esanti smailė ties 3434 cm^{-1} nurodo yra O–H ryšio buvimą. 3000–2700 cm^{-1} srityje esanti intensyvi smailė atitinka valentinius C–H ryšio virpesius CH_2 grupėse. 1500–1240 cm^{-1} srityje esančios smailės aptinkamos dėl deformacinių virpesių metilo grupėje. Jos atsiranda dėl CH žirklinių, svyruoklinių ir sukamųjų virpesių. 1154 cm^{-1} , 1098 cm^{-1} ir 1059 cm^{-1} smailės atitinka C–O–C ryšio asimetrinius valentinius virpesius.

Pluoštų formavimui buvo paruošti įvairios sudėties tirpalai, siekiant nustatyti galimas polimerų koncentracijų ribas ir PEO molekulinę masę. Visų tirpalų sudėtyje buvo 1,5 % *Triton X-100*. Nustatyta, kad elektrinio verpimo procesas priklauso nuo pektino koncentracijos, PEO molekulinės masės bei papildomų priedų, kurie sumažina paviršiaus įtempį. Esant pektino koncentracijai intervale nuo 1 % iki 6 % ir naudojant PEO, kurio molekulinė masė $1 \cdot 10^5$ arba $3 \cdot 10^5$ g/mol, vyksta ne elektrinis verpimas, o elektrinis purškimas (žr. 3.3 pav., a ir b). Šio proceso metu formuojasi nano-/mikrodidžio dalelės. Kai PEO molekulinė masė didesnė nei $2 \cdot 10^6$ g/mol, formuojasi nano- ir mikrogijos.



3.3 pav. Polimerinių dalelių SEM nuotraukos: a) kai tirpalų mišinyje PEO $1 \cdot 10^5$ g/mol, b) kai tirpalų mišinyje PEO $3 \cdot 10^5$ g/mol. Didinimas – 10000 kartų

PEO numatyta pašalinti iš pluošto, todėl tikėtinas gijų suplonėjimas. Atsižvelgiant į galimus gijų pokyčius, tolimesniems tyrimams nuspręsta naudoti PEO, kurio molekulinė masė yra $5 \cdot 10^6$ g/mol.

Sukurtos įvairios sudėties tirpalų receptūros (žr. 3.1 lentelę). Tirpalai, pažymėti numeriais nuo 1 iki 8, buvo ruošiami iš pektino, kurio tirpale buvo 2–5 %. Į tirpalus pridėta 0,25 % arba 0,35 % PEO bei 1,5 % nejoninės paviršinio aktyvumo medžiagos *Triton X-100* ir vandens iki 100 %.

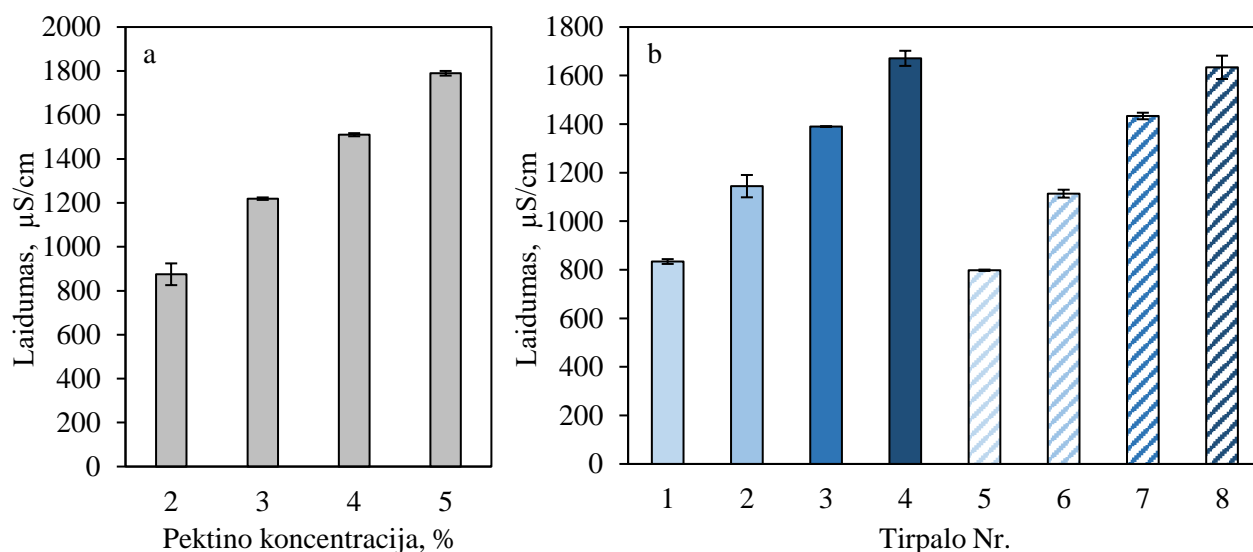
3.1 lentelė. Tirpalų receptūros membranoms formuoti

Tirpalo Nr.	Masės dalis, %			
	Pektinas	PEO	Distiliuotas vanduo	<i>Triton X-100</i>
1.	2	0,25	96,25	1,5
2.	3	0,25	95,25	
3.	4	0,25	94,25	
4.	5	0,25	93,25	
5.	2	0,35	96,15	
6.	3	0,35	95,15	
7.	4	0,35	94,15	
8.	5	0,35	93,15	

Atrinktos optimalios elektrinio verpimo sąlygos: įtampa – 28 kV, atstumas iki kolektoriaus – 15 cm, būgno sukimosi greitis – 142 aps./min., tirpalo tekėjimo debitas – 3 ml/h, drėgmė – 32 %.

Iš literatūros duomenų yra žinoma, kad PEO priedas pagerina elektrinio verpimo procesą, nes sumažina tirpalų elektrinį laidumą [68]. *Triton X-100* – nejoninė paviršinio aktyvumo medžiaga, kuri sumažina tirpalų paviršiaus įtampą ir yra būtina pluoštų elektriniam verpimui [69].

Išmatuotas įvairios koncentracijos pektino tirpalų ir paruoštų tirpalų (žr. 3.1 lentelę) elektrinis laidumas.

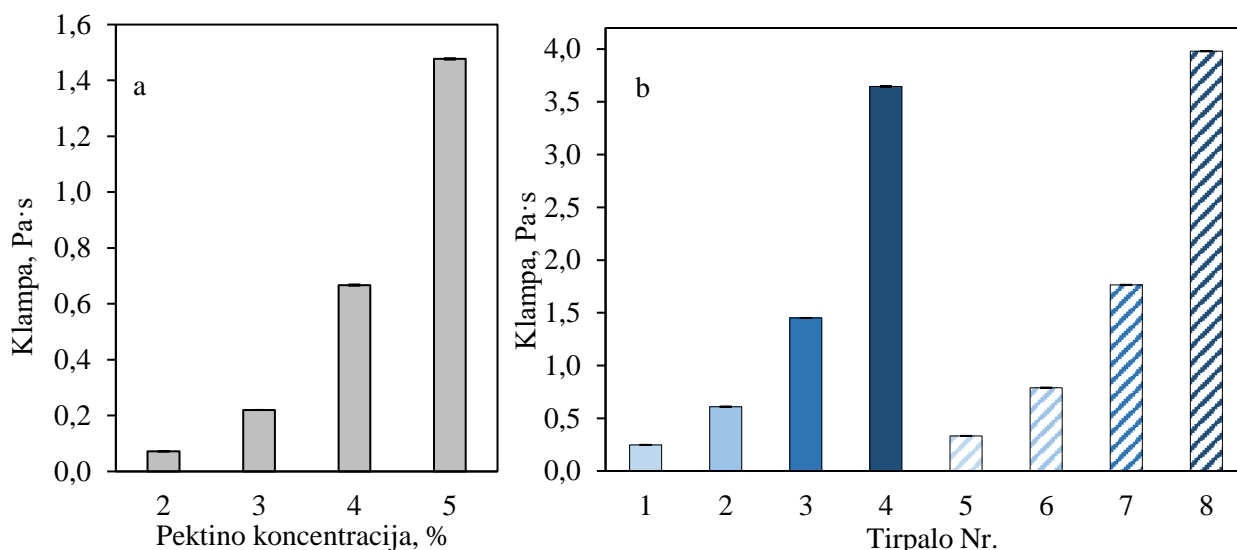


3.4 pav. Tirpalų elektrinis laidumo priklausomybės nuo polimerų koncentracijos

Iš 3.4 pav. pateiktų duomenų matyti, kad didėjant pektino koncentracijai, tirpalų laidumas tolygiai didėja (žr. 3.4 pav., a), o pridėjus PEO elektrinis laidumas tirpalų sumažėja (žr. 3.4 pav., b).

Iš literatūros duomenų [70] yra žinoma, kad tirpalo klampa turi įtakos elektrinio verpimo procesui, suformuotų pluoštų morfologijai. Esant pernelyg mažai tirpalo klampai, formuojasi gijų praplatėjimai, elektrinio verpimo procesas nėra stabilus.

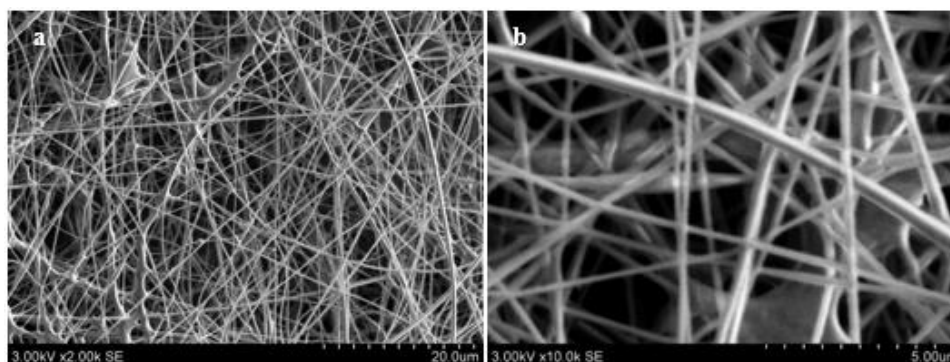
Paruoštų tirpalų klamos tyrimo rezultatai pateikti 3.5 pav.



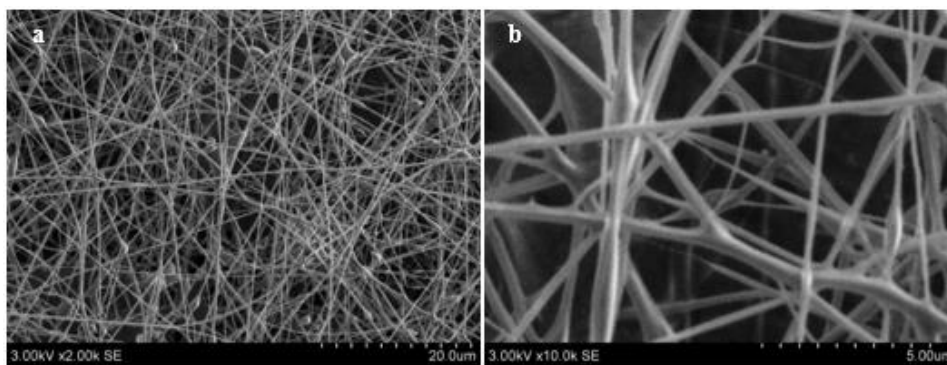
3.5 pav. Tirpalų klamos priklausomybės nuo polimerų koncentracijos

Iš gautų duomenų matyti, kad didinant pektino koncentraciją, tirpalų klampa didėja (žr. 3.5 pav., a). Šis dėsningumas stebimas abiem atvejais t. y., kai PEO koncentracija tirpale yra 0,25 % ir 0,35 % (žr. 3.5 pav., b). Didinant PEO koncentraciją, kai pektino koncentracija tirpale yra vienoda, klampa didėja, tačiau nežymiai. Mažiausios klamos nustatytos tirpalų, kurių sudėtyje pektinas sudaro 2–3 %, o PEO koncentracija yra 0,25 % arba 0,35 %.

Analizuojant suformuotų pluoštų SEM nuotraukas, matyti, kad gijų praplatėjimai formuojasi tik tuomet, kai pektino tirpale yra 2–3 %, o PEO – 0,25 % (žr. 3.6 ir 3.7 pav.). Elektrinio verpimo procesas stabilesnis, padidinus PEO koncentraciją (žr. 3.10 ir 3.11 pav.).

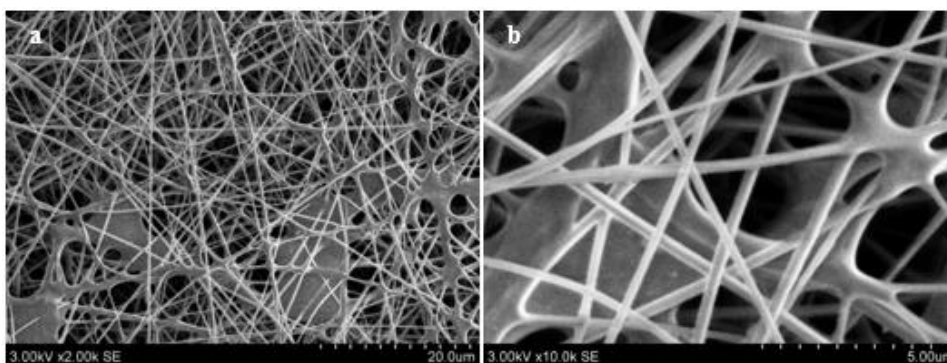


3.6 pav. Pluošto Nr. 1 SEM nuotraukos: a) didinimas 2000 kartų, b) didinimas 10000 kartų



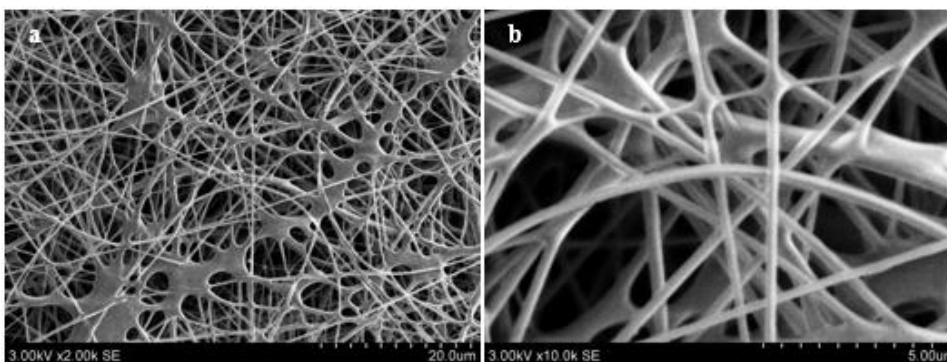
3.7 pav. Pluošto Nr. 2 SEM nuotraukos: a) didinimas 2000 kartų, b) didinimas 10000 kartų

Priklausomai nuo polimerų koncentracijos vietomis stebimas gijų susilieėjimas. Padidinus pektino koncentraciją iki 4 % ir pridėjus 0,25 % PEO, polimerinės gijos vietomis susilieja (žr. 3.8 pav.).



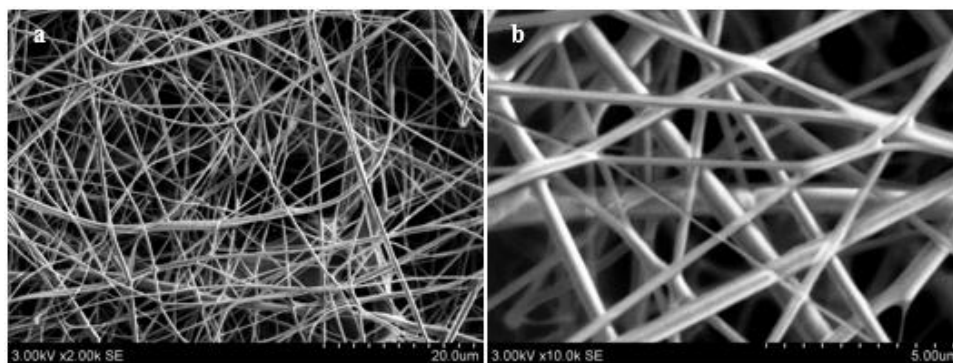
3.8 pav. Pluošto Nr. 3 SEM nuotraukos: a) didinimas 2000 kartų, b) didinimas 10000 kartų

Visais atvejais didžiausi gijų susilieėjimai stebimi tuomet, kai pektino koncentracija yra 5 % (žr. 3.9 ir 3.13 pav.). Padidinus PEO koncentraciją, gijų susilieėjimų stebima dar daugiau (žr. 3.13 pav.). Manoma, kad padidinus polimerų koncentracijas, tirpalų klampa padidėja (žr. 3.5 pav., a) ir elektrinio verpimo procesas tampa nestabilus.



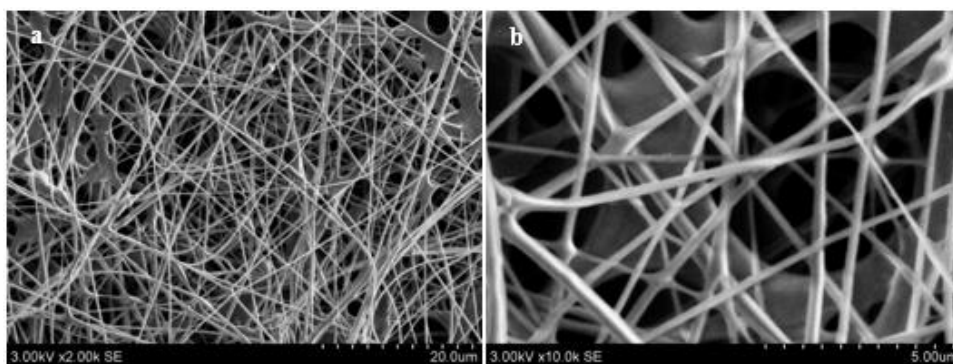
3.9 pav. Pluošto Nr. 4 SEM nuotraukos: a) didinimas 2000 kartų, b) didinimas 10000 kartų

Analizuojant suformuotų pluoštų SEM nuotraukas (žr. 3.10 pav.) matyti, kad gijų praplatėjimai nėra stebimi.

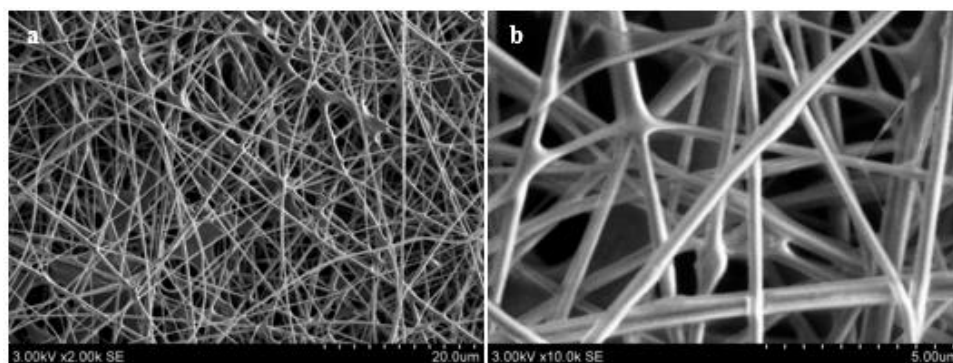


3.10 pav. Pluošto Nr. 5 SEM nuotraukos: a) didinimas 2000 kartų, b) didinimas 10000 kartų

Esant pektino koncentracijai 2 % ir PEO 0,35 %, formuojasi nenutrūkstamos polimerinės gijos. Toliau didinant pektino koncentraciją taip pat formuojasi nenutrūkstamos polimerinės gijos (žr. 3.11 ir 3.12 pav.).

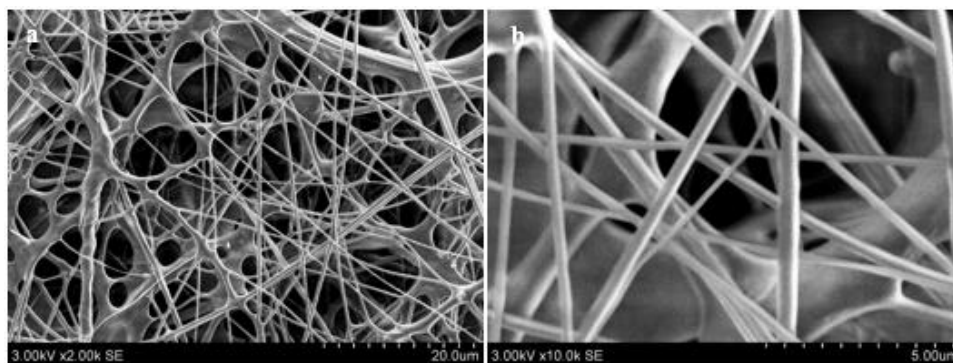


3.11 pav. Pluošto Nr. 6 SEM nuotraukos: a) didinimas 2000 kartų, b) didinimas 10000 kartų



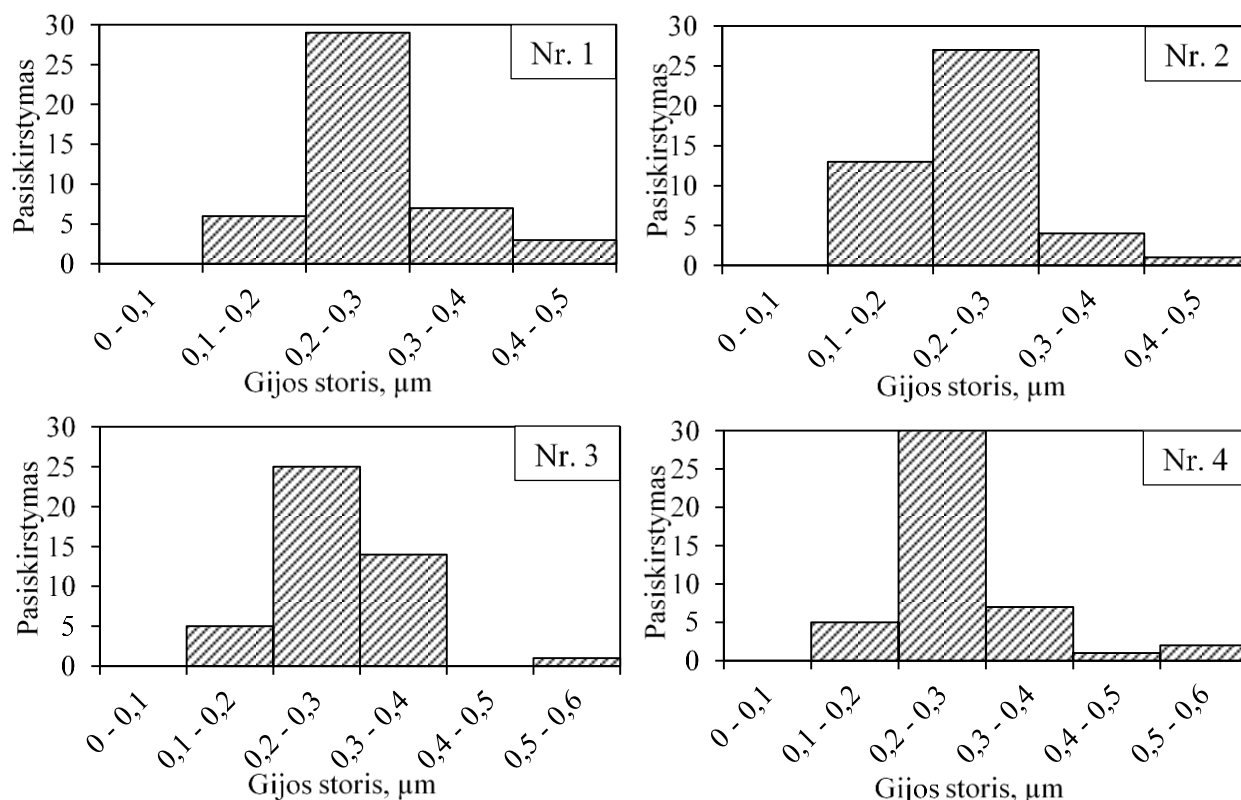
3.12 pav. Pluošto Nr. 7 SEM nuotraukos: a) didinimas 2000 kartų, b) didinimas 10000 kartų

Esant didžiausioms pektino ir PEO koncentracijoms, elektrinio verpimo procesas tampa nestabilus ir stebima daug gijų susiliejimų.



3.13 pav. Pluošto Nr. 8 SEM nuotraukos: a) didinimas 2000 kartų, b) didinimas 10000 kartų

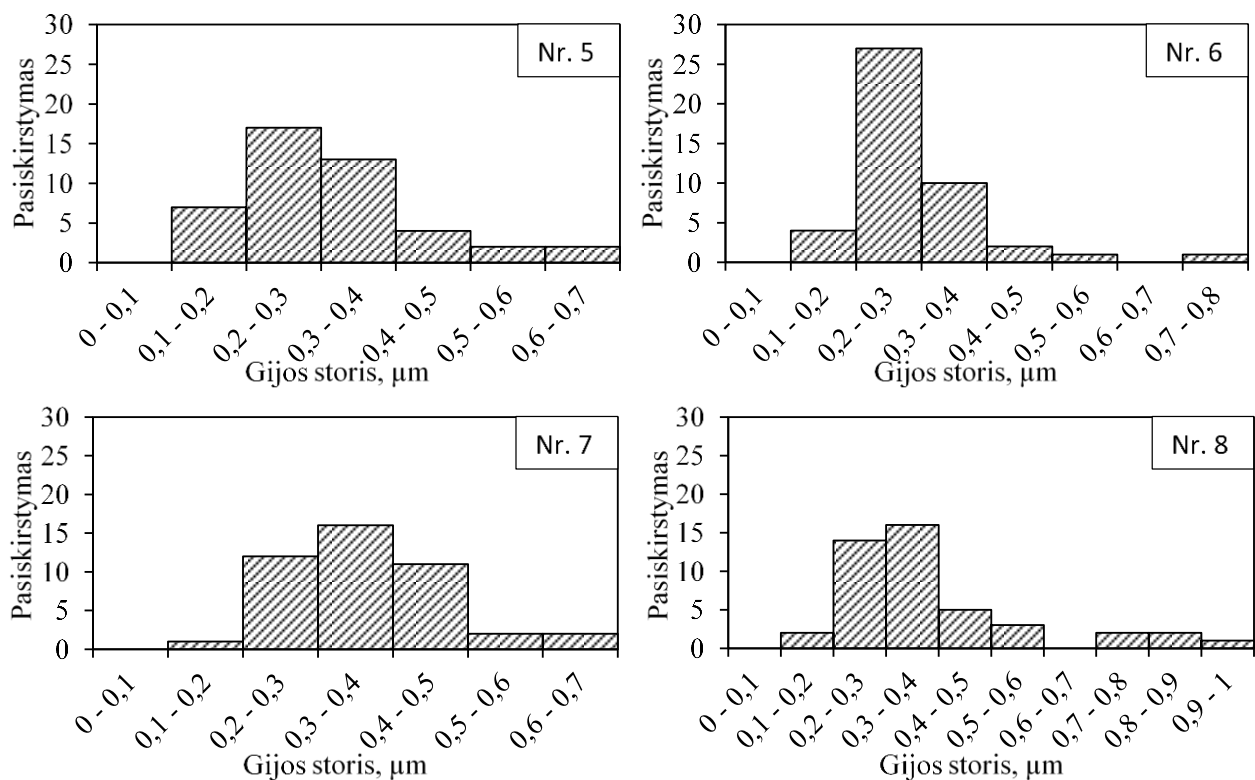
Naudojant *Image J* programinį paketą, apskaičiuotas polimerinių gijų storis. Nustatyta, kad pluoštuose Nr. 1 ir Nr. 2 gijos yra ploniausios, o jų storio pasiskirstymas labai panašus. Pluošte Nr. 1 daugiausiai yra 0,2–0,3 μm storio gijų. Jos sudaro $\sim 64\%$ visų gijų. Vidutinis gijų storis yra $0,26 \pm 0,07 \mu\text{m}$. Pluošte Nr. 2 taip pat daugiausiai yra 0,2–0,3 μm storio gijų ($\sim 60\%$). Daugiau gijų, kurių storis yra intervale nuo 0,1 iki 0,2 μm , formuojasi pluošte Nr. 2, nei pluošte Nr. 1 (žr. 3.14 pav., Nr. 1 ir Nr. 2). Vidutinis gijų storis pluošte Nr. 2 yra $0,24 \pm 0,07 \mu\text{m}$. Manoma, kad šis skirtumas susijęs su didesne pektino koncentracija.



3.14 pav. Polimerinių pluoštų (Nr. 1–4) gijų storio pasiskirstymas

Padidinus pektino koncentraciją iki 4 ar 5 %, taip pat daugiausiai susiformuoja gijų, kurių storis yra intervale nuo 0,2 μm iki 0,3 μm (žr. 3.14 pav., Nr. 3 ir Nr. 4). Pluošte Nr. 3 jos sudaro 56 % visų gijų, o pluošte Nr. 4 – 67 %. Vidutinis gijų storis pluošte Nr. 3 yra $0,28 \pm 0,07 \mu\text{m}$. Šiame pluošte padaugėja gijų, kurių storis yra 0,3–0,4 μm , tačiau neaptinkama gijų, kurių storis yra intervale nuo 0,4–0,5 μm . Pluošte Nr. 4 gijų, kurių storis yra intervale 0,3–0,4 μm , sumažėja, lyginant su pluoštu

Nr. 3, ir ima formotis storesnės gijos. Vidutinis gijų storis pluošte Nr. 4 yra $0,28 \pm 0,08 \mu\text{m}$. Abiejuose pluoštuose (žr. 3.14 pav., Nr. 3 ir Nr. 4) formuojasi 0,5–0,6 μm storio gijų.



3.15 pav. Polimerinių pluoštų (Nr. 5–8) gijų storio pasiskirstymas

Padidinus PEO koncentraciją pluošte Nr. 5 atsiranda gijų, kurių storis yra intervale 0,6–0,7 μm , o pluošte Nr. 6 atsiranda 0,7–0,8 μm storio gijų (žr. 3.15 pav., Nr. 5 ir Nr. 6). Pluošte Nr. 5 vidutinis gijų storis yra $0,31 \pm 0,11 \mu\text{m}$. Pluošte Nr. 6 vidutinis gijų storis yra $0,29 \pm 0,10 \mu\text{m}$. Polimerinių gijų pasiskirstymas pluošte Nr. 6 nėra tolygus. Vidutinis gijų storis šiame pluošte yra mažesnis nei pluošte Nr. 5, nes formuojasi daugiau gijų, kurių storis yra 0,2–0,3 μm intervale.

Pluošte Nr. 7 nustatytas gana tolygus gijų storio pasiskirstymas (žr. 3.15 pav., Nr. 7). Didžioji dalis gijų yra 0,2–0,5 μm storio. Vidutinis gijų storis yra $0,37 \pm 0,11 \mu\text{m}$. Pluošte Nr. 8 gijų storio pasiskirstymas yra netolygus (žr. 3.15 pav., Nr. 8). Atsiranda gijų, kurių storis yra 0,7–1,0 μm intervale. Vidutinis gijų storis yra $0,39 \pm 0,18 \mu\text{m}$.

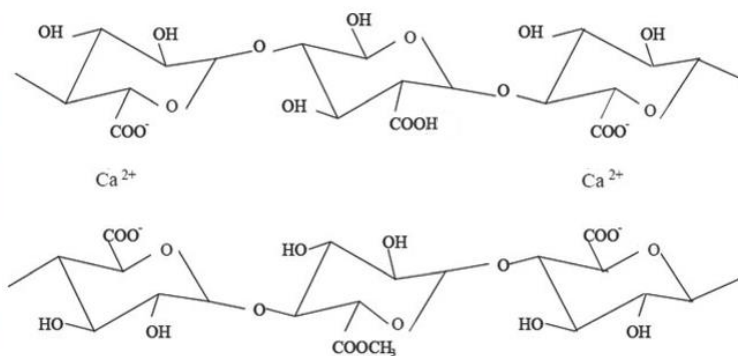
Galima daryti išvadą, kad pluoštas Nr. 7 pasižymi tinkamiausia morfologija, todėl šis pluoštas bus naudojamas tolimesniems tyrimams.

3.2. Tinklinto pektino membranos gavimas

Elektrinio verpimo metodu suformuota $0,28 \pm 0,05 \text{ mm}$ storio pluoštinė polimerinė membrana. Siekiant padidinti membranos stabilumą vandeniniuose tirpaluose, pektinas buvo tinklinamas divalenčiais kalcio katijonais. Kalcio laktatas pasirinktas kaip kalcio jonų šaltinis. Tinklinimo reakcijos mechanizmo schema pateikta 3.17 pav.



3.16 pav. Tinklinto pektino membrana

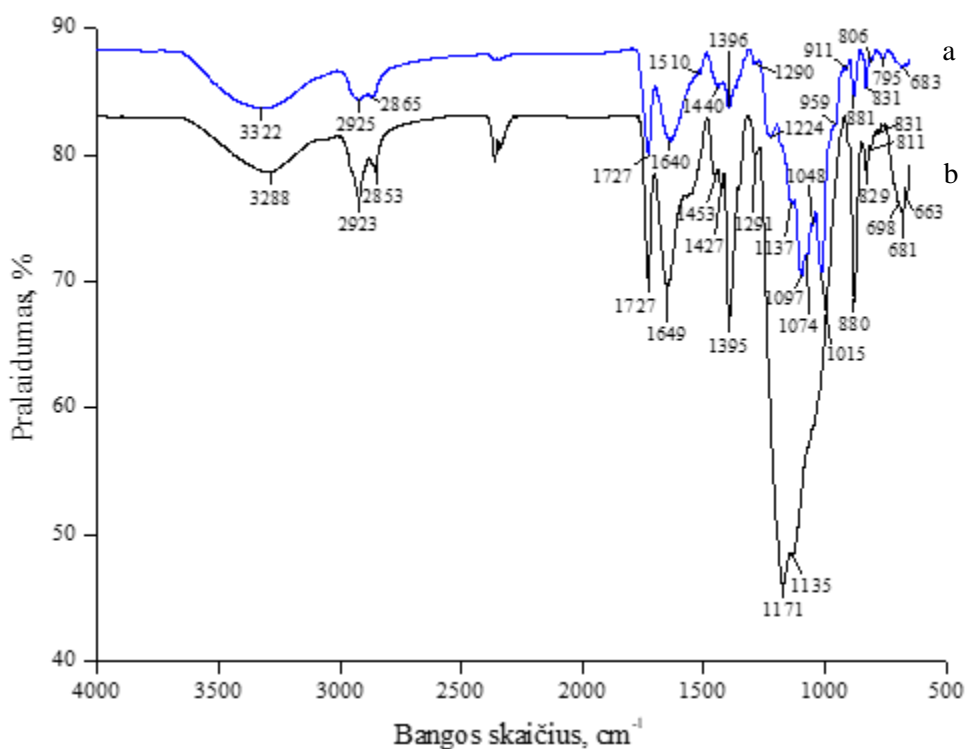


3.17 pav. Pektino tinklinimo mechanizmo schema

Nustatyta, kad gelio frakcijos yra $85 \pm 1\%$.

Po tinklinimo reakcijos membrana (žr. 3.16 pav.) susitraukia. Membranos plotis sumažėja apie 11 %, o ilgis – 7 %. Susitraukusios membranos storis padidėja ir siekia $0,39 \pm 0,03$ mm.

Atlikta kontrolės ir tinklinto pektino membranos FT-IR analizė (žr. 3.18 pav.).

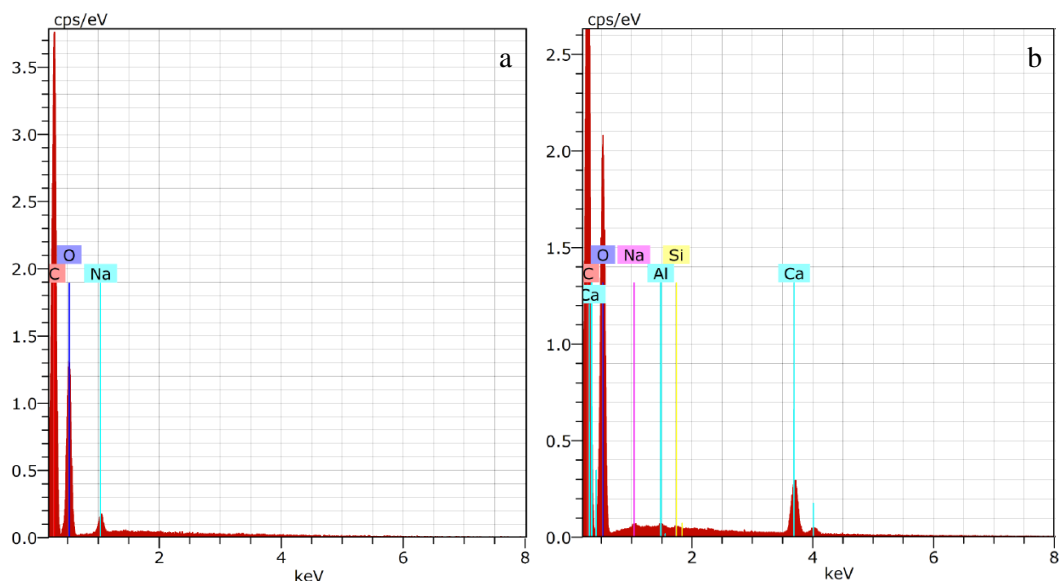


3.18 pav. FTIR spektrai: a) kontrolė, b) tinklinto pektino membrana

Pektinui būdingos smailės intervaluose: $3750\text{--}3000\text{ cm}^{-1}$, $3000\text{--}2800\text{ cm}^{-1}$ ir $1800\text{--}1500\text{ cm}^{-1}$. Šiose srityse smailės atitinkamai atsiranda dėl --OH , --CH ir --C=O (COOCH_3 ir COO^-) virpesių. D-galakturono rūgšties karboksigrupės sąveiką su kalcio jonais patvirtina --C=O virpesiams būdingos smailės intensyvumo padidėjimas. Be to, smailė ties 1640 cm^{-1} (žr. 3.1 pav.) po tinklinimo reakcijos pasislenka į didesnę bangų skaičiaus pusę (žr. 3.18 pav.).

3.2.1. Elementinė membranų sudėtis

Atlikus analizę elektronine dispersine spektroskopija (EDS), nustatyta kontrolinės ir tinklinto pektino membranos elementinė sudėtis.



3.19 pav. EDS analizės spektrai: a) kontrolės, b) tinklinto pektino membranos

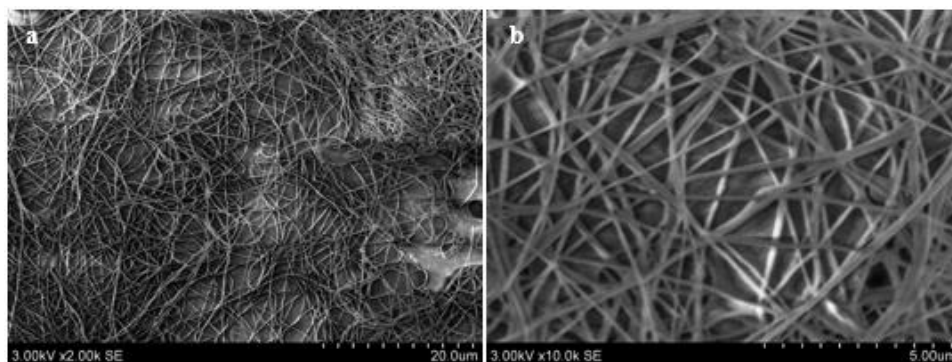
Kontrolinėje membranoje aptikti pektino ir priedų, naudotų elektrinio verpimo proceso pagerinimui, sudėtiniai cheminiai elementai: anglis (C) ir deguonis (O) (žr. 3.19 pav., a). Spektrometras registruoja cheminius elementus nuo boro (B) iki americio (Am), todėl spektruose nėra dar vieno sudėtinio elemento – vandenilio (H).

Tinklinto pektino membranos spektre matyti ne tik cheminiams elementams C ir O būdingos smailės, bet ir smailės, priskiriamos kalciumui (Ca) (3.19 pav., b). Aptiktas kalcis patvirtina, kad polimerinė membrana buvo sutinklinta. Kitų elementų smailės aptinkamos dėl aliuminio folijos, kuri buvo naudojama pluoštams surinkti.

3.3. Tinklinto pektino membranos savybių tyrimas

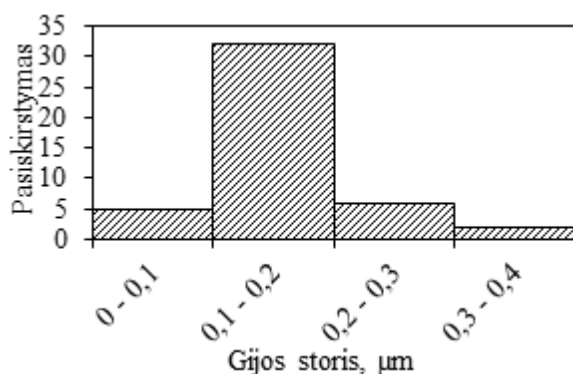
3.3.1. Membranų morfologija

SEM nuotraukos patvirtino, kad po tinklinimo reakcijos ir džiovinimo pektino membranos pluoštinė struktūra išlieka (žr. 3.20 pav.).



3.20 pav. Tinklinto pektino membranos SEM nuotraukos: a) didinta 2000 kartų, b) didinta 10000 kartų

Kontrolinėje membranoje gijų storis yra intervale nuo 0,1 iki 0,7 μm (žr. 3.15 pav., Nr. 7). Po tinklinimo reakcijos, intervalas susiaurėja (žr. 3.21 pav.).

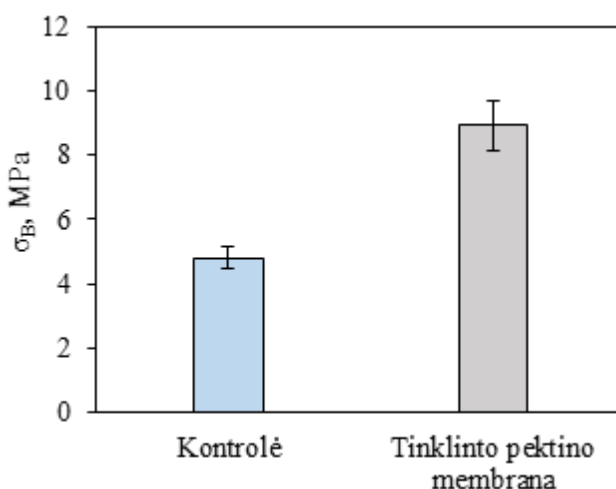


3.21 pav. Tinklinto pektino membranos gijų storio pasiskirstymas

Membranos tinklinimo ir plovimo metu buvo pašalinti priedai, naudoti elektrinio verpimo procesui pagerinti, todėl polimerinės gijos suplonėja. Daugiausiai yra gijų, kurių storis 0,1–0,2 μm , jos sudaro ~71 % visų gijų, tuo tarpu kontrolėje tokio dydžio gijos sudaro tik ~ 2 %. Vidutinis sutinkintos membranos gijų storis yra $0,16 \pm 0,10 \mu\text{m}$.

3.3.2. Membranų mechaninės savybės

Projekto metu ištirtos membranų mechaninės savybės, rezultatuose pateikiamas tempiamasis stipris (σ_B).



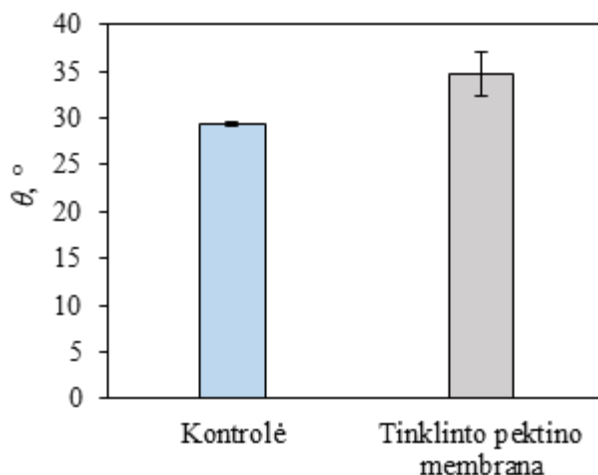
3.22 pav. Tempiamasis stipris

Analizuojant 3.22 pav. pateiktus duomenis matyti, kad tinklinto pektino membranos σ_B reikšmė yra didesnė. Šie tyrimų rezultatai patvirtina, kad tinklinto pektino membranoje vyrauja plonesnės gijos nei kontrolinėje membranoje. Iš literatūros duomenų yra žinoma, kad tempiamasis stipris didėja, kai polimerinių gijų storis mažėja [71].

3.3.3. Membranų hidrofiliškumas

Vandens vilgymo kampas (θ) nustatomas siekiant išsiaiškinti, koks yra tiriamos medžiagos paviršius – hidrofilinis, hidrofobinis ar labai hidrofobinis (angl. *superhydrophobic*). Hidrofilinės medžiagos

pasižymi giminingumu vandeniui, o hidrofobinės jį atstumia. Kai vilgymo kampas yra $< 90^\circ$, medžiagos paviršius yra hidrofilinis, kai $\geq 90^\circ$ – paviršius hidrofobinis, esant $\geq 150^\circ$ – paviršius yra labai hidrofobinis [72].



3.23 pav. Vandens vilgymo kampas

Nustatyta, kad tinklinto pektino membranos vandens vilgymo kampas yra didesnis nei kontrolinio mėginio, tačiau mažesnis nei 90° (žr. 3.23 pav.). Galima daryti išvadą, kad suformuoti tinklinto pektino pluoštai išlieka hidrofiliniai ir yra tinkami pritaikymui kosmetikai.

3.4. Tinklinto pektino membranos funkcionalizavimas

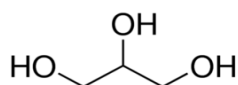
Sukurtos penkios veido odos priežiūrai skirtos kompozicijos (toliau – serumai) ir pagal jas pagamintos priemonės, kurios mažina odos sudirgimą (E1), raukšlių gylį (E2), naikina bakterijas ir slopina riebalinių liaukų veiklą (E3), balina odą (E4) ar drėkina (E5). Serumų kompozicijos pateiktos 3.2 lentelėje.

3.2 lentelė. Serumų kompozicijos

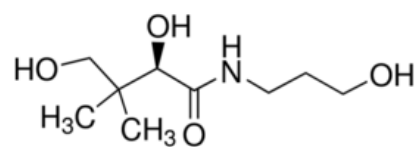
Ingredientai	Masės dalis, %				
	E1	E2	E3	E4	E5
Distiliuotas vanduo	Iki 100	Iki 100	Iki 100	Iki 100	Iki 100
Glicerolis	5,00	3,98	4,50	3,00	5,55
D-pantenolis	3,00	3,00	-	-	3,00
Alavijo ekstraktas	0,50	-	0,50	0,50	-
Natrio hialuronatas ($1,6 \cdot 10^6$ Da)	0,10	-	-	0,50	0,50
Natrio hialuronatas ($20-50 \cdot 10^3$ Da)	-	-	-	-	0,10
Alantoinas	0,20	-	-	-	-
Didžiųjų varnalėšų šaknų ekstraktas	0,15	-	-	-	-
Ramunėlių žiedų ekstraktas	0,15	-	-	-	-
Ksantanas	-	0,05	0,05	-	-

MSM	-	2,00	-	-	-
Tripeptidas	-	0,02	-	-	-
Niacinamidas	-	-	5	-	-
Medetkų ekstraktas	-	-	0,3	-	-
Saldymedžio ekstraktas	-	-	-	0,50	-
Glikolio rūgštis	-	-	-	3,50	-
Pieno rūgštis	-	-	-	6,30	-
Raudonųjų jūros dumblių ekstraktas	-	-	0,53	-	0,53
Agurkų ekstraktas	-	-	-	-	0,13
Benzilo alkoholis	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Dehidroacto rūgštis	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Natrio benzoatas	0,01	-	-	-	0,004
Kalio sorbatas	0,01	-	-	-	0,01
NaOH	p.p.(iki 5,5–6,0)	p.p. (iki 5,5–6,0)	p.p. (iki 5,5–6,0)	p.p. (iki 4,0–4,5)	-
Citrinų rūgštis	-	-	-	-	p.p. (iki 5,5–6,0)

Serumų, pažymėtų E1–E5, sudėtyje vandens yra daugiau nei 84 %. Glicerolio serumuose yra ne mažiau 3 % ir ne daugiau 6 %. Esant mažesnei koncentracijai, serumas, kurio sudėtyje yra polimerinių tirštiklių, gali uždziūti. Glicerolis – trihidroksilis alkoholis, savo struktūroje turintis tris hidroksigrupes (žr. 3.24 pav.). Tai klampus (1412 mPa·s, 20 °C), saldaus skonio, bespalvis ar šiek tiek gelsvas skystis. Glicerolis yra daugelio kosmetikos gaminių sudedamoji dalis. Kosmetikos gaminiuose didžiausia glicerolio koncentracija: nenuplaunamose priemonėse – iki 79,2 %, nuplaunamose priemonėse – iki 99,4 %, vonios priemonėse – iki 47,9 %, kūdikių priemonėse – iki 21 %, losjonuose akims – iki 40,6 %, kvėpaluose – iki 25%, burnos higienos priemonėse – iki 68,6 %, įdegio priemonėse – iki 17,9 %, aerozoliuose, purškiamuosiuose produktuose – iki 30 % [73].



3.24 pav. Glicerolio cheminė struktūra



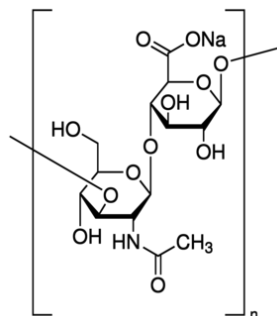
3.25 pav. D-pantenolio cheminė struktūra

D-pantenolis – bekvapis, bespalvis arba šiek tiek gelsvas, labai klampus skystis (esant 20 °C temperatūrai D-pantenolio klampa yra didesnė nei 200 000 mPa·s. D-pantenolis – provitaminas B5 (žr. 3.25 pav.), pasižymi stipriu drėkinančiuoju efektu, skatina epitelizaciją, audinių atsinaujinimą. Be to, D-pantenolis pasižymi priešūždegiminėmis savybėmis [74]. Dėl minėtų savybių jis naudojamas tiek farmacijos, tiek kosmetikos pramonėje.

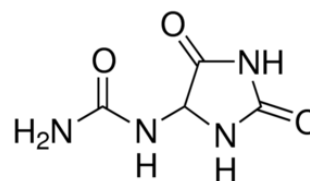
Siekiant sumažinti odos sudirgimus, ją drėkinti, kosmetikos priemonių sudėtyje D-pantenolio būna 0,5–5 % [75, 76]. Veido kremų sudėtyje D-pantenolio būna nuo 0,5 % iki 5 %, kūno losjonuose jo būna 0,5–2 %, muiluose 0,5–3 % [76]. Manoma, kad serumų E1, E2, E5 sudėtyje D-pantenolio koncentracija turėtų būti 3 %, nes be šio komponento serumų kompozicijose yra ir kitų odą

drėkinančių priedų. Serumų E1, E4, E5 sudėtyje yra natrio hialuronato ($1,6 \cdot 10^6$ Da ir (arba) $20\text{--}50 \cdot 10^3$ Da).

Natrio hialuronatas – bekvapiai, balti, gerai tirpstantys vandenyje milteliai. Natrio hialuronato 0,5 % tirpalo pH yra 5,0–8,5. Cheminiu požiūriu, natrio hialuronatas yra hialurono rūgšties (HR) natrio druska (žr. 3.26 pav.).



3.26 pav. Natrio hialuronato cheminė struktūra



3.27 pav. Alantoino cheminė struktūra

HR – glikozaminoglikanas, sudarytas iš $\beta(1\rightarrow4)$ tipo glikozidine jungtimi sujungtų disacharidų. Disacharidinis fragmentas susideda iš *D*-gliukurono rūgšties ir *N*-acetyl-*D*-gliukozamino, sujungtų $\beta(1\rightarrow3)$ tipo glikozidine jungtimi. HR savybės priklauso nuo molekulinės masės ir koncentracijos kosmetikos gaminyje. Didelės molekulinės masės ($>1 \cdot 10^6$ Da) HR padengia odą ir ją drėkina. Be to, HR ($>1 \cdot 10^6$ Da) padidina priemonių klampą. Rekomenduojama HR koncentracija kosmetikos gaminiuose – iki 2 % [77]. HR ($20 \cdot 10^3$ – $50 \cdot 10^3$ Da) ypač intensyviai drėkina gilesnius odos sluoksnius, skatina audinių regeneraciją [78], rekomenduojama koncentracija 0,005–0,2 % [77].

Natrio hialuronato ($1 \cdot 10^6$ Da) yra serumų E1 ir E4 sudėtyje. Odą balinančio serumo E4 sudėtyje natrio hialuronato yra daugiau nei serume E1. Serumo E4 klampa turi būti pakankamai didelė, kad priemonė nepatektų į akis, todėl natrio hialuronato dedama daugiau. Serumo E5 sudėtyje pasirinkta naudoti natrio hialuronatą kelių molekulių masių ($1,6 \cdot 10^6$ Da ir $20 \cdot 10^3$ – $50 \cdot 10^3$ Da), siekiant užtikrinti odos drėkinimą [78].

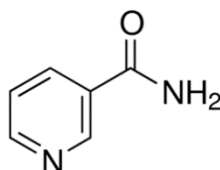
Alantoinas (žr. 3.27 pav.) – bekvapiai, balti milteliai. Tai heterociklinis junginys, gaunamas iš purino. Alantoinas pasižymi drėkinančiomis, odą kondicijuojančiomis ir minkštinančiomis savybėmis. Taip pat pasižymi keratolintiniu poveikiu, kai skatinamas odos atsinaujinimas pašalinant suragėjusias odos ląsteles [79]. Alantoinas naudojamas įvairiuose kosmetikos gaminiuose dėl odą raminančių ir drėkinančių savybių ir jo sudėtyje būna 0,0001–2 %. Kreminiuose prausikliuose alantoino būna 0,001–0,2 %. Veido kremuose ir losjonuose alantoino būna 0,002–0,4 %, naktiniuose veido kremuose 0,1–0,2 %, o drėkinamosiose priemonėse iki 0,5 % [80]. Serumo E1 sudėtyje alantoinas sudaro 0,2 %. Tai optimali koncentracija derinyje su kitomis odos sudirginimą mažinančiomis medžiagomis (*D*-pantenoliu, natrio hialuronatu).

Alavijo (*Aloe barbadensis*) ekstraktas – iš lapų išgaunami, gelsvos spalvos, vandenyje tirpūs milteliai. Tai vienas daugiausiai naudojamų kosmetikos ingredientų, kuris pasižymi drėkinančiomis, raminančiomis, priešuždegiminėmis, antioksidantinėmis ir odą regeneruojančiomis savybėmis [81,82]. Kosmetikos gaminiuose didžiausia rekomenduojama alavijo ekstrakto koncentracija gali siekti iki 6 %. Veido kremų sudėtyje alavijo ekstrakto būna 0,00009–1 %, drėkinamosiose priemonėse

0,1–0,5 % [83]. Veido odos drėkinimui ir ramimui serumuose E1, E3 ir E4 naudota 0,5 % alavijo ekstrakto.

Didžiųjų varnalėšų (*Arctium lappa*) šaknų ir ramunėlių (*Chamomilla recutita*) žiedų ekstraktai ypač vertinami kosmetikoje. Didžiųjų varnalėšų šaknų ekstrakto sudėtyje yra daug aktyviųjų komponentų, pavyzdžiui, kofeino, fenolinių rūgščių, flavanoidų, lignanų [84]. Šis ekstraktas pasižymi raminančiomis, priešuždegiminėmis, antibakterinėmis ir priešgrybelinėmis savybėmis [84, 85]. Odą raminančiu poveikiu pasižymi ir ramunėlių žiedų ekstraktas. Ramunėlių žiedų ekstraktą sudaro bisabololis, matricinas, flavanoidai, chamaviolinas ir kiti aktyvūs komponentai [85]. Nuplaunamose priemonėse rekomenduojama ekstrakto naudoti iki 0,5 %, o nenuplaunamose – iki 0,2 % [86]. Abu ekstraktai dėl išskirtinių savo savybių naudoti serume E1. Serumo sudėtyje abiejų ekstraktų mišinys sudaro 0,3 %.

MSM – balti, vandenyje tirpūs milteliai. Tai organinis sieros junginys, kuris kaip sieros šaltinis yra svarbus siekiant išlaikyti lygią ir jaunatvišką odą, taip pat svarbus plaukams ir nagams [87]. MSM dažniausiai naudojamas priemonėse mažinančiose raukšles, taip pat kūno ir plaukų priežiūros priemonėse, kuriose koncentracija gali būti 0,1–8 %, optimaliausia – 4 % [88]. Serume E2 nuspręsta naudoti 2 % MSM, nes be jo serumo sudėtyje yra dar vienas aktyvus komponentas – palmitoilo tripeptidas-5 (Palm-Lys-Val-Lys). Šis peptidas stimuliuoja TGF-β3 veikimą, kuris skatina kolageno biosintezę, slopina kolageną skaidančią proteazę [89]. Siekiant padidinti odos stangrumą ir elastingumą, serume E2 tripeptido naudota 0,02 %. Pažymima, kad remiantis gamintojo pateikta informacija, šio tripeptido koncentracija serume neviršija leistinos normos. Gamintojas nurodo, kad kosmetikos gaminiuose tripeptido koncentracija galima nuo 0,01 % iki 0,03 %¹⁵.



3.28 pav. Niacinamido cheminė struktūra

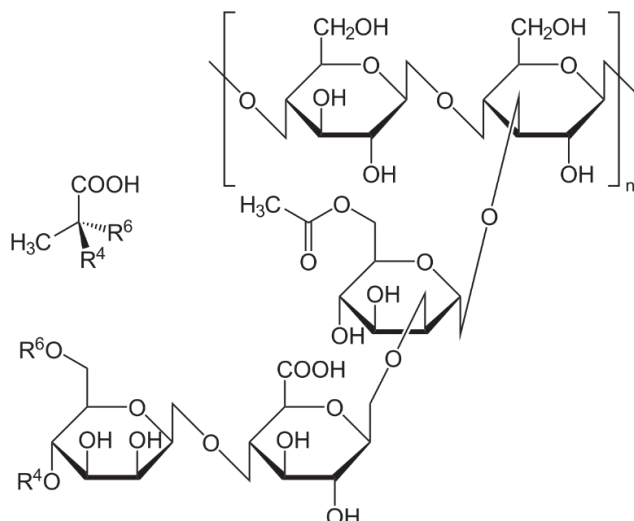
Niacinamidas (vitaminas B₃) (žr. 3.28 pav.) – balti, bekvapiai, vandenyje tirpūs milteliai. Ši vitamino B forma veikia kaip antioksidantas, taip pat šviesina odą, reguliuoja sebumo išsiskyrimą. Pasižymi priešuždegiminėmis ir raminančiomis savybėmis, gerina odos elastingumą, stiprina epidermio apsaugines funkcijas [90]. Niacinamidas naudojamas įvairiose kosmetikos priemonėse (kremuose, emulsijose, geliuose, serumuose, prausikliuose ir kt.). Kosmetikos gaminiuose niacinamido būna 1–5 %. Iš literatūros duomenų yra žinoma, kad priemonės, kurių sudėtyje yra 5 % niacinamido, slopina riebalinių liaukų veiklą, gydo aknės pažeistą odą [91].

Medetkų (*Calendula officinalis*) ekstrakto gausu flavonoidų, fenolinių rūgščių, saponinų, karotenoidų, triterpeno alkoholių, polinesočiųjų riebalų rūgščių [85]. Medetkų ekstraktas pasižymi antioksidantinėmis savybėmis, priešuždegiminiu poveikiu, skatina žaizdų gijimą. Taip pat ramina ir drėkina odą. Rekomenduojama didžiausia koncentracija plaukų priežiūros priemonėse – 0,01 %,

¹⁵ Prieiga per internetą: https://www.dsm.com/personal-care/en_US/products/skin-bioactives/syn-coll.html [žiūrėtas 2021-05-16]

prausikliuose – 0,1 %, drėkinamosiose priemonėse – 0,8 % [92]. Medetkų ekstraktas yra serumo E3 sudėtyje ir sudaro 0,3 %.

Ksantanas (angl. *Xanthan gum*) (žr. 3.29 pav.) – gelsvos spalvos, bekvapiai, vandenyje tirpūs milteliai. Tai didelės molekulinės masės heteropolisacharidas, sudarytas iš gliukozės, gliukurono rūgšties ir manozės likučių [93]. Jis yra gaunamas angliavandenių fermentacijos metu, naudojant *Xanthomonas campestris* bakterijas.

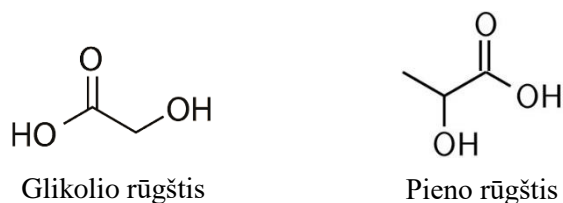


3.29 pav. Ksantano cheminės struktūros fragmentas

Ksantanas yra netoksiškas, geba formuoti plėvelę ant odos, todėl efektyviau sulaikoma drėgmė joje. Dėl savo didelės molekulinės masės kosmetikos gaminiuose naudojamas kaip vandeninių sistemų stabilizatorius ir klamos reguliatorius [94]. Rekomenduojama ksantano koncentracija tiek nuplaunamose, tiek nuplaunamose kosmetinėse priemonėse yra iki 6 % [93]. Siekiant padidinti serumų E2 ir E3 klampą, naudota 0,05 % ksantano.

Saldymedžio (*Glycyrrhiza glabra*) šaknų ekstraktas – yra ryškios rusvai oranžinės spalvos milteliai. Šį ekstraktą sudaro daug bioaktyvių komponentų, pavyzdžiui, glikozidai, flavonoidai, fenoliai, saponinai, terpenai ir kt. Pagrindinis aktyvusis komponentas yra glicirizinas [95]. Saldymedžio ekstraktas pasižymi antioksidantinėmis, priešuždegiminėmis, odą balinančiomis savybėmis [96]. Kosmetikos priemonėse rekomenduojama naudoti 0,1–2 % saldymedžio ekstrakto. Odos balinimui skirtame serume E4 saldymedžio ekstrakto yra 0,5 %.

Glikolio rūgštis ir pieno rūgštis (žr. 3.30 pav.) yra priskiriamos prie AHA. Tai bespalviai, bekvapiai skysčiai.

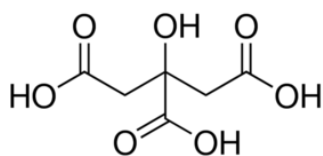


3.30 pav. AHA cheminės struktūros

Daugelio tyrimų duomenimis [97], AHA funkcijos ir efektyvumas priklauso nuo pH, koncentracijos ir poveikio laiko. Mažos koncentracijos (iki 1 %) AHA gali būti naudojamos kaip pH reguliatoriai, esant iki 10 % – veikia kaip drėkinančios medžiagos, o esant didesnei nei 10 % – pasižymi keratolitiniu poveikiu, balinama oda [98]. Didžiausia galima glikolio rūgšties koncentracija kosmetikos gaminiuose yra 50 %, o pieno rūgšties – 30 % [99].

Raudonųjų jūros dumblių (*Chondrus crispus*) ekstrakte gausu polisacharidų, baltymų, vitaminų ir antioksidantų. Iš literatūros duomenų yra žinoma, kad šis ekstraktas sulaiko drėgmę odoje [100]. Nuplaunamuose kosmetikos gaminiuose rekomenduojama naudoti iki 1,4 % raudonųjų jūros dumblių ekstrakto, o nenuplaunamuose – iki 0,8 % [101]. Serume E5 šis ekstraktas sudaro 0,53 %, manoma, kad tokios koncentracijos pakanka, nes naudojami ir kiti drėkinantys komponentai.

Odos drėgmei padidinti taip pat naudojamas agurkų (*Cucumis sativus*) ekstraktas. Šiame ekstrakte yra vitaminų, mineralų, aminorūgščių ir kt. [102]. Agurkų ekstraktas naudojamas kosmetikos produktuose, nes pasižymi raminančiomis, drėkinančiomis, antioksidantinėmis savybėmis, mažina tinimą ir minkština odą. Rekomenduojama naudoti agurkų ekstrakto nuplaunamose priemonėse iki 0,4 %, o nenuplaunamuose – iki 1 % [102]. Odos drėkinimui ir ramimui pagerinti, serume E5 ekstrakto naudota 0,13 %.

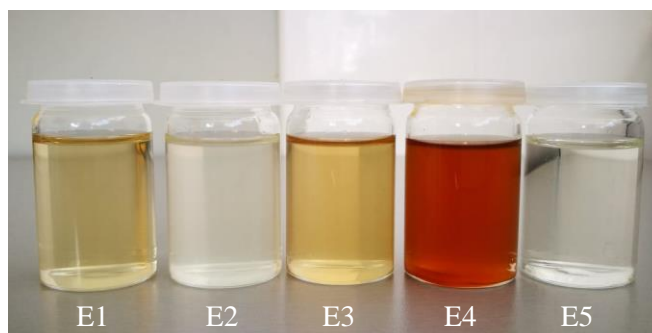


3.31 pav. Citrinos rūgšties cheminė struktūra

NaOH – baltos, gerai vandenyje tirpios granulės. Tai labai šarminis ingredientas, kurio nedidelis kiekis naudojamas kosmetikos produktų pH reguliavimui. NaOH naudojamas pagal poreikį, tačiau rekomenduojama nenuplaunamose priemonėse neviršyti 10 %, o nuplaunamose – 12,9 % [104]. pH galima reguliuoti ir citrinos rūgštimi (žr. 3.31 pav.). Tai bespalvė ir bekvapė kristalinė medžiaga. Kosmetikos priemonių pH reguliavimui, rekomenduojama nenuplaunamose priemonėse naudoti iki 4 % citrinos rūgšties, o nuplaunamose – iki 10 % [105].

Konservantai kosmetikos gaminiuose naudojami siekiant pailginti priemonių galiojimo terminą ir apsaugoti nuo mikroorganizmų, jų dauginimosi. Serumų sudėtyje pagrindinis konservantas yra benzilo alkoholis ir dehidroacto rūgšties mišinys. Kosmetikos priemonėse rekomenduojama benzilo alkoholio naudoti iki 1 %, o dehidroacto rūgšties – iki 0,6 %. [106]. Glicerolio ir vandens mišinyje ištirpintuose ekstraktuose pridedama kalio sorbato arba natrio benzoato, arba jų mišinio, siekiant pailginti ekstraktų galiojimo trukmę.

Pagal sukurtas kompozicijas, pateiktas 3.2 lentelėje, pagaminti serumai (žr. 3.32 pav.) buvo vertinami vizualiai praėjus 24 val. po pagaminimo.



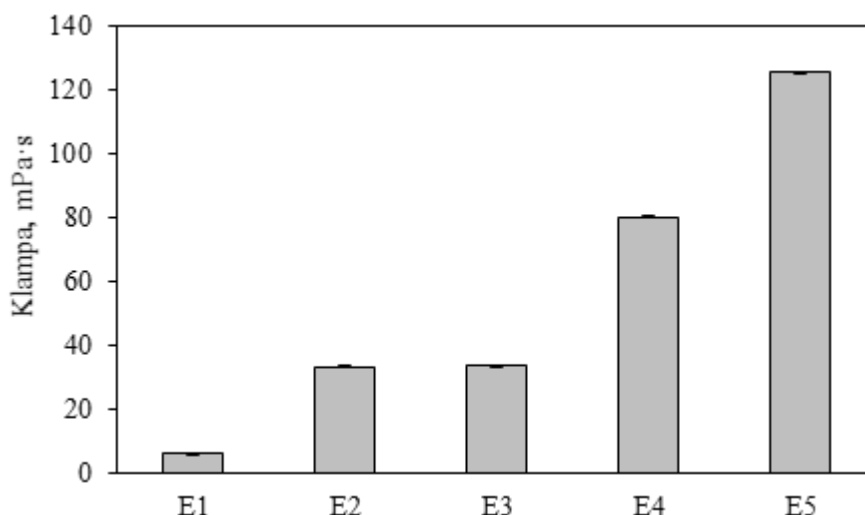
3.32 pav. Serumai E1–E5

Nustatyta, kad serumų spalva priklauso nuo pridėtų aktyviųjų komponentų, daugiausiai ekstraktų. E1 serumui gelsvą spalvą suteikė varnalėšų ir ramunėlių ekstraktai, o E2 šviesiai gelsvą spalvą – ksantanas. E3 spalvai įtakos turėjo medetkų ekstraktas, kuris suteikė serumui rusvai gelsvą spalvą. Ryškiai rusvai oranžinę spalvą E4 serumui suteikė saldymedžio ekstraktas, o E5 naudoti aktyvūs komponentai neturėjo įtakos spalvai, todėl pagamintas serumas buvo skaidrus.

Pastebėta, kad serumų kvapas būdingas gaminiui, kuris, kaip ir spalva, priklauso nuo pridėtų ekstraktų, atitinkamai ramunėlių ir varnalėšų, medetkų, saldymedžio, agurkų. Taip pat benzilo alkoholis gali suteikti silpną kvapą pagamintoms priemonėms.

Nustatyta, kad serumo E1 pH yra $5,69 \pm 0,12$, E2 – $5,74 \pm 0,06$, E3 – $5,99 \pm 0,03$, E4 – $4,06 \pm 0,01$, E5 – $5,66 \pm 0,06$. Serumo E4 pH yra mažiausias, nes jis atlieka cheminio šveitiklio funkciją, todėl efektyviam veikimui pH turi būti intervale nuo 4 iki 4,5.

Serumų klampa buvo išmatuota klampa rotaciniu viskozimetru (žr. 2.3 metodinėje dalyje).



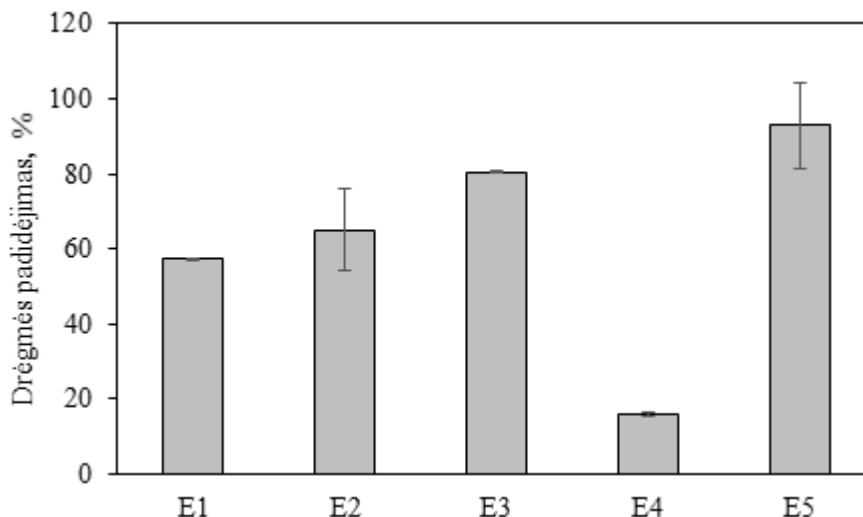
3.33 pav. Serumų E1–E5 klamos

Išmatavus pagamintų serumų klampas (žr. 3.33 pav.), nustatyta, kad mažiausia klampa ($6,0 \pm 0,10$ mPa·s) pasižymi serumas E1. Šio serumo sutirštinimui buvo naudotas didelės molekulinės masės natrio hialuronatas, kuris kompozicijoje sudarė 0,1 %. Serumų E2 ir E3 klampa yra labai panaši, atitinkamai $33,6 \pm 0,35$ mPa·s ir $33,5 \pm 0,07$ mPa·s, nes jų sudėtyje buvo vienodas kiekis tirštiklio (0,05 % ksantano). Serumo E4 klampa ($80,2 \pm 0,25$ mPa·s) yra didesnė nei serumų E1–E3, nes jo sudėtyje yra 0,5 % didelės molekulinės masės natrio hialuronato. Didžiausia klampa ($125,5 \pm 0,35$

mPa·s) pasižymi serumas E5, kurį sudarė kelių molekulinų masių natrio hialuronatas. Bendra natrio hialuronato koncentracija siekia 0,6 % (žr. 3.2 lentelę).

3.5. Serumų poveikis odai

Ištirtas pagamintų serumų drėkinamasis poveikis odai (žr. 3.34 pav.).



3.34 pav. Serumų E1–E5 drėkinamasis poveikis

Odos drėkinimas priklauso nuo pridėtų komponentų pagamintose priemonėse. Visais atvejais stebimas odos drėgmės padidėjimas (žr. 3.34 pav.). Mažiausiu drėkinančiu poveikiu pasižymi serumas E4, tarpe šių priemonių pasižymi mažiausiu pH ir veikia kaip cheminis šveitiklis. Manoma, kad naudotos AHA pažeidžia odos apsauginį barjerą, todėl greičiau iš jos pasišalina drėgmė. Serume E1 drėkinančiu poveikiu pasižymi natrio hialuronatas ir glicerolis. Serumo E2 drėkinamasis poveikis didesnis nei E1, nes sudėtyje esantis ksantanas gali suformuoti polimerinę plėvelę ant odos, kuri sulaiko drėgmę epiderminiame sluoksnyje. Serumai E3 taip pat didina drėgmės kiekį odoje, manoma, dėl niacinamido, kurio koncentracija serume siekia 5 %. Be to, serumo E3 sudėtyje yra raudonųjų jūros dumblių ekstrakto, glicerolio. Didžiausias drėgmės padidėjimas nustatytas naudojant serumą E5. Jame yra didžiausia koncentracija glicerolio, palyginus su kitomis priemonėmis, taip pat efektyviu odos drėkinimu pasižymi natrio hialuronatas, raudonųjų jūros dumblių ir agurkų ekstraktai.

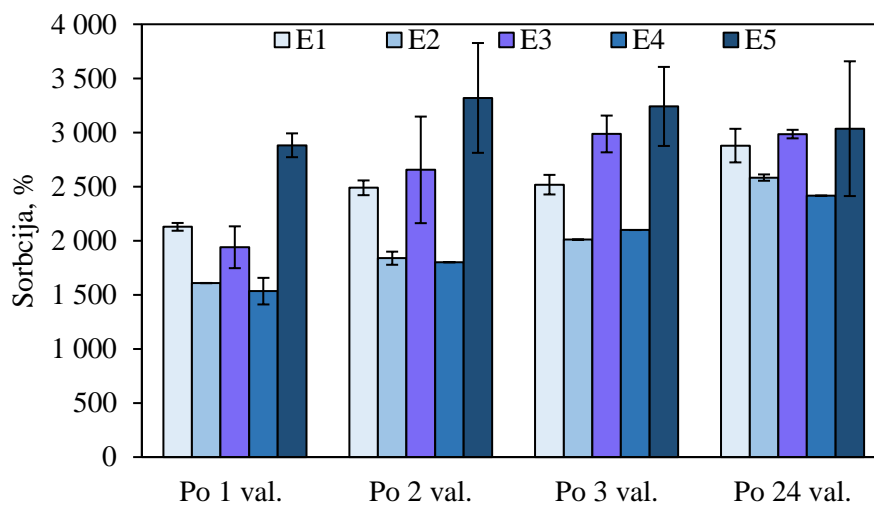
3.5.1. Sorbcija ir stabilumas

Membranos, skirtos veido odos priežiūrai, turi pasižymėti gera sorbcijos geba ir stabilumu, kad produktas būtų sėkmingai uždedamas ant odos ir galėtų efektyviai veikti. Dažniausiai rekomenduojama veido kaukes naudoti 10–25 min., ilgiausiai – 30 min., trukmė kinta priklausomai nuo kaukės atliekamos funkcijos¹⁶.

Kaip lakštinės veido kaukes būtų galima naudoti ir tinklinto pektino polimerines membranas įmirkytas serumuose. Priemonės, kurios mažina odos sudirgimus, raukšlių gylį, slopina riebalinių liaukų veiklą ar drėkina odą, galima naudoti iki 30 min., o priemonės, kurios balina odą – iki 15 min.

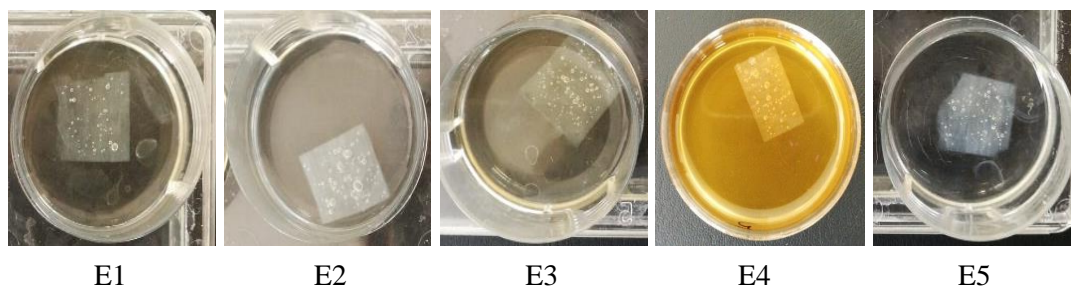
¹⁶ Prieiga per internetą: <https://www.mccabespharmacy.com/advice-centre/skin-care/face-mask/using-face-mask-sheets> [žiūrėta 2021-05-24]

Tinklinto pektino membranos mėginiai įmirkyti serumuose E1–E5. Sorbcijos geba pavaizduota 3.35 paveiksle.



3.35 pav. Tinklinto pektino membranos geba sorbuoti serumus E1–E5

Iš gautų rezultatų matyti, jog tinklinta pluoštinė pektino membrana geba sorbuoti pagamintus serumus E1–E5. Lyginant rezultatus gautus po 2 val. ir 3 val., matyti, kad sorbcija beveik nesiskiria, todėl prieš naudojimą rekomenduojama tinklinto pektino membranas mirkyti 2 val.



3.36 pav. Tinklinto pektino membranos serumuose E1–E5 po 24 val.

Nustatyta, kad tinklinto pektino membranos pagamintuose serumuose išlieka stabilios ir išlaiko formą (žr. 3.36 pav.).

Išvados

1. Taikant elektrinį verpimą suformuoti polimeriniai pluoštai. Nustatyta, kad jų morfologija priklauso nuo pektino ir papildomų priedų koncentracijų bei technologinių įrangos parametrų. Pagrindiniai technologiniai parametrai, kurie turi įtakos pluoštų formavimuisi yra: įtampa, atstumas tarp adatos ir kolektoriaus, santykinė drėgmė bei tirpalo tiekimo debitas. Atrinktos optimalios elektrinio verpimo sąlygos: įtampa – 28 kV, atstumas iki kolektoriaus – 15 cm, santykinė drėgmė – 32 %, tirpalo tekėjimo debitas – 3 ml/h. Nustatyta, kad polimerinės gijos formuojasi, kai tirpalų sudėtyje yra 2–5 % pektino, 0,25 % arba 0,35 % PEO bei 1,5 % nejoninės paviršinio aktyvumo medžiagos ir vandens iki 100 %. Tinkamiausios morfologijos membranai suformuoti tirpale turi būti 4 % pektino, 0,35 % PEO, 1,5 % nejoninės paviršinio aktyvumo medžiagos ir vandens iki 100 %.
2. Nustatyta, kad po tinklinimo reakcijos ir džiovavimo pektino membranos pluoštinė struktūra išlieka. Membranoje daugiausiai yra gijų, kurių storis 0,1–0,2 μm , jos sudaro apie 71 % visų gijų. Lyginant su kontrole, tinklinto pektino membrana yra tvirtesnė, o vandens vilgymo kampas didesnis ir siekia $34,8 \pm 2,3^\circ$. Suformuota tinklinto pektino membrana išlieka stabili įvairiose kompozicijose net 24 valandas.
3. Sukurtos penkios veido odos priežiūrai skirtos serumų kompozicijos ir pagal jas pagamintos priemonės. Priemonių pH priklauso nuo aktyvių komponentų, jų koncentracijų ir yra intervale nuo $4,06 \pm 0,01$ iki $5,99 \pm 0,03$. Komponentų koncentracija taip pat turi įtakos priemonių klampai ir ji kinta nuo $6,0 \pm 0,10 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ iki $125,5 \pm 0,35 \text{ mPa}\cdot\text{s}$. Nustatyta, kad serumai padidina drėgmės kiekį odoje 16–92 %.

Literatūros sąrašas

1. YANG, G., et al. From nano to micro to macro: Electrospun hierarchically structured polymeric fibers for biomedical applications. *Progress in Polymer Science* [interaktyvus]. 2018, **81**, 80–113 [žiūrėta 2021-05-23]. Prieiga per doi:[10.1016/j.progpolymsci.2017.12.003](https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2017.12.003)
2. KENRY and C. T. LIM. Nanofiber technology: current status and emerging developments. *Progress in Polymer Science* [interaktyvus]. 2017, **70**, 1–17 [žiūrėta 2021-05-23]. Prieiga per doi:[10.1016/j.progpolymsci.2017.03.002](https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2017.03.002)
3. BHATTARAI, D. P., et al. A Review on Properties of Natural and Synthetic Based Electrospun Fibrous Materials for Bone Tissue Engineering. *Membranes* [interaktyvus]. 2018, **8**(3), 62–75 [žiūrėta 2021-02-18]. Prieiga per doi:[10.3390/membranes8030062](https://doi.org/10.3390/membranes8030062)
4. IBRAHIM, H. M. and A. KLINGER. A review on electrospun polymeric nanofibers: Production parameters and potential applications. *Polymer Testing* [interaktyvus]. 2020, **90**, 106647 [žiūrėta 2021-05-14]. Prieiga per doi:[10.1016/j.polymertesting.2020.106647](https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2020.106647)
5. GEERLIGS, Marion. *Skin layer mechanics*. Eindhoven: Universiteitsdrukkerij TU, 2009. ISBN 9789074445924
6. FENNER, J. and R. A. F. CLARK. Anatomy, Physiology, Histology, and Immunohistochemistry of Human Skin. *Skin Tissue Engineering and Regenerative Medicine* [interaktyvus]. 2016, 1–17 [žiūrėta 2020-11-14]. Prieiga per doi:[10.1016/B978-0-12-801654-1.00001-2](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801654-1.00001-2)
7. GOPINATHAN, K. M. Skin Basics; Structure and Function. *Lipids and Skin health* [interaktyvus]. 2014, 9–23 [žiūrėta 2020-11-14]. Prieiga per doi:[10.1007/978-3-319-09943-9_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-09943-9_2)
8. LEE, S. H., et al. An Update of the Defensive Barrier Function of Skin. *Yonsei Medical Journal* [interaktyvus]. 2006, **47**(3), 293–306 [žiūrėta 2020-11-14]. Prieiga per doi:[10.3349/ymj.2006.47.3.293](https://doi.org/10.3349/ymj.2006.47.3.293)
9. BARONI, A., et al. Structure and function of the epidermis related to barrier properties. *Clinics in Dermatology* [interaktyvus]. 2012, 257–262 [žiūrėta 2020-11-14]. Prieiga per doi:[10.1016/j.clindermatol.2011.08.007](https://doi.org/10.1016/j.clindermatol.2011.08.007)
10. DANIEL, B. B. Vitamin D metabolism and function in the skin. *Molecular and Cellular Endocrinology* [interaktyvus]. 2011, **347**(1-2), 80–89 [žiūrėta 2020-11-14]. Prieiga per doi:[10.1016/j.mce.2011.05.017](https://doi.org/10.1016/j.mce.2011.05.017)
11. DABROWSKA, A. K., et al. The relationship between skin function, barrier properties, and body-dependent factors. *Skin Research and Technology* [interaktyvus]. 2017, **24**(2), 165–174 [žiūrėta 2020-11-16]. Prieiga per doi:[10.1111/srt.12424](https://doi.org/10.1111/srt.12424)
12. RAWLINGS, A. V. Ethnic skin types: are there differences in skin structure and function? *International Journal of Cosmetic Science* [interaktyvus]. 2006, **28**(2), 79–93 [žiūrėta 2020-11-16]. Prieiga per doi:[10.1111/j.1467-2494.2006.00302.x](https://doi.org/10.1111/j.1467-2494.2006.00302.x)
13. MASAYUKI, Y. and Y. YONEI. Glycative stress and skin aging. *Glycative Stress Research* [interaktyvus]. 2018, **5**(1), 50–54 [žiūrėta 2020-11-16]. Prieiga per doi:[10.24659/gsr.5.1_50](https://doi.org/10.24659/gsr.5.1_50)
14. YOUN, S. W. Cosmetic Facial Skin Type. *Measuring the Skin* [interaktyvus]. 2015, 1–6 [žiūrėta 2020-11-18]. Prieiga per doi:[10.1007/978-3-319-26594-0_90-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-26594-0_90-1)
15. BAUMANN, L. Validation of a Questionnaire to Diagnose the Baumann Skin Type in All Ethnicities and in Various Geographic Locations. *Journal of Cosmetics, Dermatological Sciences and Applications* [interaktyvus]. 2016, **6**, 34–40 [žiūrėta 2020-11-18]. Prieiga per doi:[10.4236/jcdsa.2016.61005](https://doi.org/10.4236/jcdsa.2016.61005)

16. MELO, M. O. and P. M. B. CAMPOS. Characterization of oily mature skin by biophysical and skin imaging techniques. *Skin Research and Technology* [interaktyvus]. 2018, **24**(3), 386–395 [žiūrėta 2020-11-18]. Prieiga per doi:[10.1111/srt.12441](https://doi.org/10.1111/srt.12441)
17. BAUMANN, L. Understanding and Treating Various Skin Types: The Baumann Skin Type Indicator. *Dermatologic Clinics* [interaktyvus]. 2008, **26**(3), 359–373 [žiūrėta 2020-11-18]. Prieiga per doi:[10.1016/j.det.2008.03.007](https://doi.org/10.1016/j.det.2008.03.007)
18. NOOR, N. M., et al. Development of Skin Care Routine Support System. *Journal of Computational and Theoretical Nanoscience* [interaktyvus]. 2018, **24**(10), 7830–7833 [žiūrėta 2020-11-23]. Prieiga per doi:[10.1166/asl.2018.13026](https://doi.org/10.1166/asl.2018.13026)
19. BARLAGE, T., et al. Facial Cleansers and Cleansing Cloths. *Cosmetic Dermatology – Products and Procedures* [interaktyvus]. 2016, 103–109 [žiūrėta 2020-11-24]. ISBN 9781118655580. Prieiga per: Science Direct
20. FARRIS, P. K. Topical Skin Care and the Cosmetic Patient. *Master Techniques in Facial Rejuvenation* [interaktyvus]. 2018, 68–72 [žiūrėta 2020-11-24]. ISBN 9780323378260. Prieiga per: Science Direct
21. SETHI, A., et al. Moisturizers: The Slippery Road. *Indian Journal of Dermatology* [interaktyvus]. 2016, **61**(3), 279–287 [žiūrėta 2020-11-24]. Prieiga per doi:[10.4103/0019-5154.182427](https://doi.org/10.4103/0019-5154.182427)
22. Global distribution of facial masks market launch by region in 2017. 2020 [žiūrėta 2020-11-24]. Prieiga per: [• Facial masks: share of market launches by region worldwide 2017 | Statista](https://www.statista.com/statistics/1091112/facial-masks-market-launches-by-region-worldwide-2017/)
23. MORGANTI, P., et al. Beauty Mask: Market and Environment. *Journal of Clinical and Cosmetic Dermatology* [interaktyvus]. 2019, **3**(2) [žiūrėta 2020-11-24]. Prieiga per doi:[10.16966/2576-2826.141](https://doi.org/10.16966/2576-2826.141)
24. SOARES, R. M. D., et al. Electrospinning and electrospray of bio-based and natural polymers for biomaterials development. *Materials Science and Engineering: C* [interaktyvus]. 2018, **92**, 969–982 [žiūrėta 2021-02-18]. Prieiga per doi:[10.1016/j.msec.2018.08.004](https://doi.org/10.1016/j.msec.2018.08.004)
25. JAIN, R., et al. S. Unfolding the electrospinning potential of biopolymers for preparation of nanofibers. *Journal of Drug Delivery Science and Technology* [interaktyvus]. 2020, **57**, 101604 [žiūrėta 2021-02-18]. Prieiga per doi:[10.1016/j.jddst.2020.101604](https://doi.org/10.1016/j.jddst.2020.101604)
26. GENG, X., et al. Electrospinning of chitosan dissolved in concentrated acetic acid solution. *Biomaterials* [interaktyvus]. 2005, **26**(27), 5427–5432 [žiūrėta 2021-02-18]. Prieiga per doi:[10.1016/j.biomaterials.2005.01.066](https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2005.01.066)
27. WOODRUFF, M. A. and D. W. HUTMACHER. The return of a forgotten polymer—Polycaprolactone in the 21st century. *Progress in Polymer Science* [interaktyvus]. 2010, **35**(10), 1217–1256 [žiūrėta 2020-12-10]. Prieiga per doi:[10.1016/j.progpolymsci.2010.04.002](https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2010.04.002)
28. BARTNIKOWSKI, M., et al. Degradation mechanisms of polycaprolactone in the context of chemistry, geometry and environment. *Progress in Polymer Science* [interaktyvus]. 2019, **96**, 1–20 [žiūrėta 2020-12-10]. Prieiga per doi:[10.1016/j.progpolymsci.2019.05.004](https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2019.05.004)
29. MONDAL, D., et al. Polycaprolactone-based biomaterials for tissue engineering and drug delivery: Current scenario and challenges. *International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials* [interaktyvus]. 2016, **65**(15), 255–265 [žiūrėta 2020-12-10]. Prieiga per doi:[10.1080/00914037.2015.1103241](https://doi.org/10.1080/00914037.2015.1103241)
30. BYEON, S. Y., et al. Development of a Spirulina Extract/Alginate-Imbedded PCL Nanofibrous Cosmetic Patch. *Journal of Microbiology and Biotechnology* [interaktyvus]. 2017, **27**(9), 1657–1663 [žiūrėta 2021-04-16]. Prieiga per doi:[10.4014/jmb.1701.01025](https://doi.org/10.4014/jmb.1701.01025)

31. FARAH, S., et al. Physical and mechanical properties of PLA, and their functions in widespread applications — A comprehensive review. *Advanced Drug Delivery Reviews* [interaktyvus]. 2016, **107**, 367–392 [žiūrėta 2021-04-15]. Prieiga per doi:[10.1016/j.addr.2016.06.012](https://doi.org/10.1016/j.addr.2016.06.012)
32. CESUR, S., et al. Preparation and characterization of electrospun polylactic acid/sodium alginate/orange oyster shell composite nanofiber for biomedical application. *Journal of the Australian Ceramic Society* [interaktyvus]. 2020, **56**, 533–543 [žiūrėta 2021-04-15]. Prieiga per doi:[10.1007/s41779-019-00363-1](https://doi.org/10.1007/s41779-019-00363-1)
33. LIU, S., et al. Degradation Behavior In Vitro of Carbon Nanotubes (CNTs)/Poly(lactic acid) (PLA) Composite Suture. *Polymers* [interaktyvus]. 2019, **11**(6), 1015–1027 [žiūrėta 2021-04-16]. Prieiga per doi:[10.3390/polym11061015](https://doi.org/10.3390/polym11061015)
34. SAMANTARAY, P. K., et al. Poly(glycolic acid) (PGA): a versatile building block expanding high performance and sustainable bioplastic applications. *Green Chemistry* [interaktyvus]. 2020, **22**, 4055–4081 [žiūrėta 2021-04-16]. Prieiga per doi:[10.1039/D0GC01394C](https://doi.org/10.1039/D0GC01394C)
35. BUDAK, K., et al. A review on synthesis and biomedical applications of polyglycolic acid. *Journal of Polymer Research* [interaktyvus]. 2020, **27**, 208–215 [žiūrėta 2021-04-16]. Prieiga per doi:[10.1007/s10965-020-02187-1](https://doi.org/10.1007/s10965-020-02187-1)
36. AGHDAM, R. M., et al. Investigating the effect of PGA on physical and mechanical properties of electrospun PCL/PGA blend nanofibers. *Journal of Applied Polymer Science* [interaktyvus]. 2012, **124**(1), 123–131 [žiūrėta 2021-04-16]. Prieiga per doi:[10.1002/app.35071](https://doi.org/10.1002/app.35071)
37. NIEDZWIEDZ, K., et al. Chain Dynamics and Viscoelastic Properties of Poly(ethylene oxide). *Macromolecules* [interaktyvus]. 2008, **41**(13), 4866–4872 [žiūrėta 2020-12-08]. Prieiga per doi:[10.1021/ma800446n](https://doi.org/10.1021/ma800446n)
38. BASU, P., et al. PEO–CMC blend nanofibers fabrication by electrospinning for soft tissue engineering applications. *Materials Letters* [interaktyvus]. 2017, **195**, 10–13 [žiūrėta 2021-04-16]. Prieiga per doi:[10.1016/j.matlet.2017.02.065](https://doi.org/10.1016/j.matlet.2017.02.065)
39. MANSOORI, S., et al. Membranes based on non-synthetic (natural) polymers for wastewater treatment. *Polymer Testing* [interaktyvus]. 2020, **84**, 106381 [žiūrėta 2020-11-19]. Prieiga per doi:[10.1016/j.polymertesting.2020.106381](https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2020.106381)
40. GOPINATH, V., et al. A review of natural polysaccharides for drug delivery applications: Specialfocus on cellulose, starch and glycogen. *Biomedicine & Pharmacotherapy* [interaktyvus]. 2018, **107**, 96–108 [žiūrėta 2020-11-19]. Prieiga per doi:[10.1016/j.biopha.2018.07.136](https://doi.org/10.1016/j.biopha.2018.07.136)
41. WSOO, M. A., et al. A review on the properties of electrospun cellulose acetate and its application in drug delivery systems: A new perspective. *Carbohydrate Research* [interaktyvus]. 2020, **491**, 107978 [žiūrėta 2020-11-19]. Prieiga per doi:[10.1016/j.carres.2020.107978](https://doi.org/10.1016/j.carres.2020.107978)
42. VATANKHAH, E. Rosmarinic acid-loaded electrospun nanofibers: In vitro release kinetic study and bioactivity assessment. *Engineering in Life Sciences* [interaktyvus]. 2018, **18**(10), 732–742 [žiūrėta 2021-05-15]. Prieiga per doi:[10.1002/elsc.201800046](https://doi.org/10.1002/elsc.201800046)
43. VARAPRASAD, K., et al. Alginate-based composite materials for wound dressing application:A mini review. *Carbohydrate Research* [interaktyvus]. 2020, **236**, 116025 [žiūrėta 2020-11-19]. Prieiga per doi:[10.1016/j.carbpol.2020.116025](https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116025)
44. FERNANDO, I. P. S., et al. Alginate-based nanomaterials: Fabrication techniques, properties, and applications. *Chemical Engineering Journal* [interaktyvus]. 2019 [žiūrėtas 2020-11-20]. Prieiga per doi:[10.1016/j.cej.2019.123823](https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.123823)

45. DODERO, A., et al. Alginate-Based Electrospun Membranes Containing ZnO Nanoparticles as Potential Wound Healing Patches: Biological, Mechanical, and Physicochemical Characterization. *Applied Materials and Interfaces* [interaktyvus]. 2020, **12**(3), 3371–3381 [žiūrėta 2021-05-15]. Prieiga per doi:[10.1021/acsami.9b17597](https://doi.org/10.1021/acsami.9b17597)
46. NOREEN, A., et al. Pectins functionalized biomaterials; a new viable approach for biomedical applications: A review. *International Journal of Biological Macromolecules* [interaktyvus]. 2017, **101**, 254–272 [žiūrėta 2021-03-19]. Prieiga per doi:[10.1016/j.ijbiomac.2017.03.029](https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.03.029)
47. REHMAN, A., et al. Pectin polymers as wall materials for the nano-encapsulation of bioactive compounds. *Trends in Food Science & Technology* [interaktyvus]. 2019, **90**, 35–46 [žiūrėta 2020-03-19]. Prieiga per doi:[10.1016/j.tifs.2019.05.015](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.05.015)
48. YE, X., et al. Pectin based composite nanofabrics incorporated with layered silicate and their cytotoxicity. *International Journal of Biological Macromolecules* [interaktyvus]. 2016, **93**(A), 123–130 [žiūrėta 2021-03-19]. Prieiga per doi:[10.1016/j.ijbiomac.2016.08.047](https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.08.047)
49. SOUZA, E. J. D., et al. Polysaccharides as wall material for the encapsulation of essential oils by electrospun technique. *Carbohydrate Polymers* [interaktyvus]. 2021, **265**(1), 118068 [žiūrėta 2021-05-17]. Prieiga per doi:[10.1016/j.carbpol.2021.118068](https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118068)
50. LIN, H. Y., et al. Pectin-chitosan-PVA nanofibrous scaffolds made by electrospinning and its potential use as a skin tissue scaffold. *Journal of Biomaterials Science* [interaktyvus]. 2013, **24**(3), 470–484 [žiūrėta 2021-05-18]. Prieiga per doi:[10.1080/09205063.2012.693047](https://doi.org/10.1080/09205063.2012.693047)
51. CHEN, S., et al. Cross-Linked Pectin Nanofibers with Enhanced Cell Adhesion. *Biomacromolecules* [interaktyvus]. 2018, **19**(2), 490–498 [žiūrėta 2021-05-18]. Prieiga per doi:[10.1021/acs.biomac.7b01605](https://doi.org/10.1021/acs.biomac.7b01605)
52. ROCKWELL, P. L., et al. Various-sourced pectin and polyethylene oxide electrospun fibers. *Carbohydrate Polymers* [interaktyvus]. 2014, **107**, 110–118 [žiūrėta 2021-03-19]. Prieiga per doi:[10.1016/j.carbpol.2014.02.026](https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.02.026)
53. NILFOROUSHZADEH, M. A., et al. Skin care and rejuvenation by cosmeceutical facial mask. *Journal of Cosmetic Dermatology* [interaktyvus]. 2018, **17**(3), 1–10 [žiūrėta 2020-12-21]. Prieiga per doi:[10.1111/jocd.12730](https://doi.org/10.1111/jocd.12730)
54. BERNADICKAITĖ, Jurgita. *Bioaktyvūs priedai kosmetikoje*. Vilnius: Vilniaus pedagoginio universiteto leidykla, 2008. ISBN 9789955203162
55. BAJ, T. and E. SIENIAWSKA. Chapter 13 – Vitamins. *Pharmacognosy* [interaktyvus]. 2017, 281–292 [žiūrėta 2020-12-21]. Prieiga per doi:[10.1016/B978-0-12-802104-0.00013-5](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802104-0.00013-5)
56. THIELE, J. J., et al. Vitamin E: Critical Review of Its Current Use in Cosmetic and Clinical Dermatology. *Dermatologic Surgery* [interaktyvus]. 2006, **31**(1), 805–813 [žiūrėta 2020-12-21]. Prieiga per doi:[10.1111/j.1524-4725.2005.31724](https://doi.org/10.1111/j.1524-4725.2005.31724)
57. TELANG, P. S. Vitamin C in dermatology. *Indian Dermatology Online Journal* [interaktyvus]. 2013, **4**(2), 143–146 [žiūrėta 2020-12-21]. Prieiga per doi:[10.4103/2229-5178.110593](https://doi.org/10.4103/2229-5178.110593)
58. ARSHAD, Z. I. M., et al. Bromelain: an overview of industrial application and purification strategies. *Applied Microbiology and Biotechnology* [interaktyvus]. 2014, **98**(17), 7283–7297 [žiūrėta 2020-12-22]. Prieiga per doi:[10.1007/s00253-014-5889-y](https://doi.org/10.1007/s00253-014-5889-y)
59. SUNAR, K., et al. Recent Applications of Enzymes in Personal Care Products. *Agro-Industrial Wastes as Feedstock for Enzyme Production* [interaktyvus]. 2016, 279–298 [žiūrėta 2020-12-22]. Prieiga per doi:[10.1016/B978-0-12-802392-1.00012-5](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802392-1.00012-5)

60. PARK, J., et al. D-tyrosine adds an anti-melanogenic effect to cosmetic peptides. *Scientific Reports* [interaktyvus]. 2020, **10**, 262–273 [žiūrėta 2020-12-22]. Prieiga per doi:[10.1038/s41598-019-57159-3](https://doi.org/10.1038/s41598-019-57159-3)
61. SHAGEN, S. K. Topical Peptide Treatments with Effective Anti-Aging Results. *Cosmetics* [interaktyvus]. 2017, **4**(2), 16–25 [žiūrėta 2020-12-22]. Prieiga per doi:[10.3390/cosmetics4020016](https://doi.org/10.3390/cosmetics4020016)
62. ABENDROT, M. and U. KALINOWSKA-LIS. Zinc-containing Compounds for Personal Care Applications. *International Journal of Cosmetic Science* [interaktyvus]. 2018, **40**, 319–327 [žiūrėta 2020-12-27]. Prieiga per doi:[10.1111/ics.12463](https://doi.org/10.1111/ics.12463)
63. KERI, J. and M. SHIMAN. An update on the management of acne vulgaris. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dermatology* [interaktyvus]. 2009, **2**, 105–110 [žiūrėta 2020-12-28]. Prieiga per doi:[10.2147/ccid.s3630](https://doi.org/10.2147/ccid.s3630)
64. ARAUJO, L. A., et al. Use of silicon for skin and hair care: an approach of chemical forms available and efficacy. *Anais Brasileiros de Dermatologia* [interaktyvus]. 2016, **91**(1), 331–335 [žiūrėta 2020-12-28]. Prieiga per doi:[10.1590/abd1806-4841.20163986](https://doi.org/10.1590/abd1806-4841.20163986)
65. SARKIC, A. and I. STAPPEN. Essential Oils and Their Single Compounds in Cosmetics—A Critical Review. *Cosmetics* [interaktyvus]. 2018, **5**(1), 11–23 [žiūrėta 2020-12-28]. Prieiga per doi:[10.3390/cosmetics5010011](https://doi.org/10.3390/cosmetics5010011)
66. MINERO, F. J. G., et al. *Rosmarinus officinalis* L. (Rosemary): An Ancient Plant with Uses in Personal Healthcare and Cosmetics. *Cosmetics* [interaktyvus]. 2020, **7**(4), 77 [žiūrėta 2020-12-28]. Prieiga per doi:[10.3390/cosmetics7040077](https://doi.org/10.3390/cosmetics7040077)
67. AL-ENIZI, A. M., et al. Polymer-Based Electrospun Nanofibers for Biomedical Applications. *Nanomaterials* [interaktyvus]. 2018, **8**(4), 259 [žiūrėta 2021-05-03]. Prieiga per doi:[10.3390/nano8040259](https://doi.org/10.3390/nano8040259)
68. BALIK, B. A., et al. Preparation and Characterization of Electrospun Pectin-Based Films and Their Application in Sustainable Aroma Barrier Multilayer Packaging. *Applied Sciences* [interaktyvus]. 2019, **9**(23), 5136 [žiūrėta 2021-05-23]. Prieiga per doi:[10.3390/app9235136](https://doi.org/10.3390/app9235136)
69. ABUTALEB, A., et al. Effects of Surfactants on the Morphology and Properties of Electrospun Polyetherimide Fibers. *Fibers* [interaktyvus]. 2017, **5**(3), 33–45 [žiūrėta 2021-05-23]. Prieiga per doi:[10.3390/fib5030033](https://doi.org/10.3390/fib5030033)
70. NEZARATI, R. M., et al. Effects of Humidity and Solution Viscosity on Electrospun Fiber Morphology. *Tissue Engineering Part C, Methods* [interaktyvus]. 2013, **19**(10), 810–819 [žiūrėta 2021-05-03]. Prieiga per doi:[10.1089/ten.tec.2012.0671](https://doi.org/10.1089/ten.tec.2012.0671)
71. BRENNAN, D. A., et al. Electrospinning and post-drawn processing effects on the molecular organization and mechanical properties of polyacrylonitrile (PAN) nanofibers. *Materials Research Society* [interaktyvus]. 2019, **9**, 764–772 [žiūrėta 2021-05-29]. Prieiga per doi:[10.1557/mrc.2019.67](https://doi.org/10.1557/mrc.2019.67)
72. YUAN, Y. and T. R. LEE. Contact Angle and Wetting Properties. *Surface Science Techniques* [interaktyvus]. 2013, **51**, 3–34 [žiūrėta 2021-05-04]. Prieiga per doi:[10.1007/978-3-642-34243-1_1](https://doi.org/10.1007/978-3-642-34243-1_1)
73. BECKER, L. C., et al. Safety Assessment of Glycerin as Used in Cosmetics. *International Journal of Toxicology* [interaktyvus]. 2019 [žiūrėta 2021-03-18]. Prieiga per doi:[10.1177/1091581819883820](https://doi.org/10.1177/1091581819883820)

74. BISSET, D. L. Common cosmeceuticals. *Clinics in Dermatology* [interaktyvus]. 2019, **27**(5), 435–445 [žiūrėta 2021-05-16]. Prieiga per doi:[10.1016/j.clindermatol.2009.05.006](https://doi.org/10.1016/j.clindermatol.2009.05.006)
75. NAYAK, D. S. and N. P. SHETTI. Electrochemical Oxidation of Pro Vitamin B5, D-panthenol and its Analysis in Spiked Human Urine. *Journal of Analytical Science & Technology* [interaktyvus]. 2016, **7**(1) [žiūrėta 2021-03-23]. Prieiga per doi:[10.1186/s40543-016-0092-7](https://doi.org/10.1186/s40543-016-0092-7)
76. BERGFELD, W. F., et al. Safety Assessment of Panthenol, Pantothenic Acid, and Derivatives as Used in Cosmetics. *International Journal of Toxicology* [interaktyvus]. 2017 [žiūrėta 2021-03-23]. Prieiga per doi:[10.3109/10915818709095492](https://doi.org/10.3109/10915818709095492)
77. SMEJKALOVA, D., et al. Hyaluronan (hyaluronic acid) a natural moisturizer for skin care. In: *Harry's 9th Edition*. Doln Dobrouc: Chemical Publishing company, 2015, pp. 605–622.
78. BECKER, L. C., et al. Final Report of the Safety Assessment of Hyaluronic Acid, Potassium Hyaluronate, and Sodium Hyaluronate. *International Journal of Toxicology* [interaktyvus]. 2016 [žiūrėta 2021-03-15]. Prieiga per doi:[10.1177/1091581809337738](https://doi.org/10.1177/1091581809337738)
79. SHESTOPALOV, A. V., et al. Biological Functions of Allantoin. *Biochemistry* [interaktyvus]. 2016, **33**(5), 437–440 [žiūrėta 2021-05-16]. Prieiga per doi:[10.1134/S1062359006050037](https://doi.org/10.1134/S1062359006050037)
80. BECKER, L.C., et al. Final Report of the Safety Assessment of Allantoin and Its Related Complexes. *International Journal of Toxicology* [interaktyvus]. 2010, **29**(2), 84–97 [žiūrėta 2021-04-05]. Prieiga per doi:[10.1177/1091581810362805](https://doi.org/10.1177/1091581810362805)
81. HAMMAN, J. H. Composition and Applications of *Aloe vera* Leaf Gel. *Molecules* [interaktyvus]. 2008, **13**, 1599–1616 [žiūrėta 2021-05-16]. Prieiga per doi:[10.3390/molecules13081599](https://doi.org/10.3390/molecules13081599)
82. MAAN, A. A., et al. The therapeutic properties and applications of *Aloe vera*: A review. *Journal of Herbal Medicine* [interaktyvus]. 2018, **12**, 1–10 [žiūrėta 2021-05-08]. Prieiga per doi:[10.1016/j.hermed.2018.01.002](https://doi.org/10.1016/j.hermed.2018.01.002)
83. BERGFELD, W. F., et al. Final Report on the Safety Assessment of *Aloe Andongensis* Extract, *Aloe Andongensis* Leaf Juice, *Aloe Arborescens* Leaf Extract, *Aloe Arborescens* Leaf Juice, *Aloe Arborescens* Leaf Protoplasts, *Aloe Barbadensis* Flower Extract, *Aloe Barbadensis* Leaf, *Aloe Barbadensis* Leaf Extract, *Aloe Barbadensis* Leaf Juice, *Aloe Barbadensis* Leaf Polysaccharides, *Aloe Barbadensis* Leaf Water, *Aloe Ferox* Leaf Extract, *Aloe Ferox* Leaf Juice, and *Aloe Ferox* Leaf Juice Extract1. *International Journal of Toxicology* [interaktyvus]. 2007, **26**, 1–50 [žiūrėta 2021-05-16]. doi:[10.1080/10915810701351186](https://doi.org/10.1080/10915810701351186)
84. MORO, T. M. A. and M. T. P. CLERICI. Burdock (*Arctium lappa L*) roots as a source of inulin-type fructans and other bioactive compounds: Current knowledge and future perspectives for food and non-food applications. *Food Research International* [interaktyvus]. 2021, **141**, 109889 [žiūrėta 2021-05-16]. Prieiga per doi:[10.1016/j.foodres.2020.109889](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109889)
85. GILCA, M., et al. Traditional and ethnobotanical dermatology practices in Romania and other Eastern European countries. *Clinics in Dermatology* [interaktyvus]. 2018, **36**(3), 338–352 [žiūrėta 2021-05-08]. Prieiga per doi:[10.1016/j.clindermatol.2018.03.008](https://doi.org/10.1016/j.clindermatol.2018.03.008)
86. JOHNSON W., et al. Amended Safety Assessment of *Chamomilla recutita*-Derived Ingredients as Used in Cosmetics. *International Journal of Toxicology* [interaktyvus]. 2018, **37**(3) [žiūrėta 2021-05-16]. Prieiga per doi:[10.1177/1091581818801814](https://doi.org/10.1177/1091581818801814)
87. MUIZZUDDIN, N. and R. BENJAMIN. Beauty from within: Oral administration of a sulfur-containing supplement methylsulfonylmethane improves signs of skin ageing. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research* [interaktyvus]. 2020, 1–10 [žiūrėta 2021-04-05]. Prieiga per doi:[10.1024/0300-9831/a000643](https://doi.org/10.1024/0300-9831/a000643)

88. OSKIA SKINCARE LIMITED (UK). *Topical cosmetic formulation comprising MSM, a vitamin and a carbohydrate* [interaktyvus]. Inventor: Georgina CLEEVE. Int. Cl: A61K 8/46. UK patent, 2472379 A. 2011 02 09. Intellectual Property Office [žiūrėta 2021-05-06]. Prieiga per: <https://patents.google.com/patent/GB2472379A/en>
89. ERRANTE, F., et al. Cosmeceutical Peptides in the Framework of Sustainable Wellness Economy. *Frontiers in Chemistry* [interaktyvus]. 2020, **8**, 572923 [žiūrėta 2021-04-05]. Prieiga per doi:[10.3389/fchem.2020.572923](https://doi.org/10.3389/fchem.2020.572923)
90. WALOCKO, F. M., et al. The role of nicotinamide in acne treatment. *Dermatologic Therapy* [interaktyvus]. 2017, **30**(5) [žiūrėta 2021-03-29]. Prieiga per doi:[10.1111/dth.12481](https://doi.org/10.1111/dth.12481)
91. LEVIN, J. and S. B. MOMIN. How Much Do We Really Know About Our Favorite Cosmeceutical Ingredients? *The Journal of clinical and aesthetic dermatology* [interaktyvus]. 2010, **3**(2), 22–41 [žiūrėta 2021-03-29]. PMID: 20725560. Prieiga per: National Library of Medicine
92. ANDERSEN, F. A., et al. Final Report of the Cosmetic Ingredient Review Expert Panel Amended Safety Assessment of *Calendula officinalis*–Derived Cosmetic Ingredients. *International Journal of Toxicology* [interaktyvus]. 2010, **29**(4) [žiūrėta 2021-05-09]. Prieiga per doi:[10.1177/1091581810384883](https://doi.org/10.1177/1091581810384883)
93. DUBUISSON, P., et al. How does composition influence the texture of cosmetic emulsions? *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* [interaktyvus]. 2018, **536**, 38-46 [žiūrėta 2021-03-29]. Prieiga per doi:[10.1016/j.colsurfa.2017.08.001](https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2017.08.001)
94. BERGFELD W. F., et al. Safety Assessment of Microbial Polysaccharide Gums as Used in Cosmetics. *International Journal of Toxicology* [interaktyvus]. 2016 [žiūrėta 2021-03-29]. Prieiga per doi:[10.1177/1091581816651606](https://doi.org/10.1177/1091581816651606)
95. OZTURK, M. and K. R. HAKEEM. Phytochemical Constituents and Pharmacological Effects of Licorice: A review. *Plant and Human Health* [interaktyvus]. 2019, **12**, 1–21 [žiūrėta 2021-05-17]. Prieiga per doi:[10.1007/978-3-030-04408-4_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-04408-4_1)
96. CYGANOVIC, P., et al. Glycerolic Licorice Extracts as Active Cosmeceutical Ingredients: Extraction Optimization, Chemical Characterization, and Biological Activity. *Antioxidants* [interaktyvus]. 2019, **8**(10), 14 [žiūrėta 2021-05-08]. Prieiga per doi:[10.3390/antiox8100445](https://doi.org/10.3390/antiox8100445)
97. TANG, S. C. and J. H. YANG. Dual Effects of Alpha-Hydroxy Acids on the Skin. *Molecules* [interaktyvus]. 2018, **23**(4), 863 [žiūrėta 2021-04-06]. Prieiga per doi:[10.3390/molecules23040863](https://doi.org/10.3390/molecules23040863)
98. COUTEAU, C. and L.COIFFARD. Overview of Skin Whitening Agents: Drugs and Cosmetic Products. *Cosmetics* [interaktyvus]. 2016, **3**(3), 27 [žiūrėta 2021-04-06]. Prieiga per doi:[10.3390/cosmetics3030027](https://doi.org/10.3390/cosmetics3030027)
99. BERGFELD, W. F., et al. Safety Assessment of Alpha Hydroxy Acids as Used in Cosmetic. *International Journal of Toxicology* [interaktyvus]. 2013 [žiūrėta 2021-05-17]. Prieiga per doi:[10.1177/109158189801700101](https://doi.org/10.1177/109158189801700101)
100. PIMINTEL, F. B., et al. Macroalgae-Derived Ingredients for Cosmetic Industry—An Update. *Cosmetics* [interaktyvus]. 2017, **5**(2) [žiūrėta 2021-05-09]. Prieiga per doi:[10.3390/cosmetics5010002](https://doi.org/10.3390/cosmetics5010002)
101. BERGFELD, W. F., et al. Safety Assessment of Red Algae-Derived Ingredients as Used in Cosmetics. *Cosmetic Ingredient Review*. 2021 [žiūrėta 2021-05-09]. Prieiga per: Cosmetic ingredient review-Safety

102. NEMA, N. K., et al. *Cucumis sativus* fruit-potential antioxidant, anti-hyaluronidase, and anti-elastase agent. *Archives of Dermatological Research* [interaktyvus]. 2011, **303**, 247–252 [žiūrėta 2021-02-17]. Prieiga per doi:[10.1007/s00403-010-1103-y](https://doi.org/10.1007/s00403-010-1103-y)
103. BERGFELD, W. F., et al. Tentative Safety Assessment *Cucumis Sativus* (Cucumber)-Derived Ingredients as Used in Cosmetics. *International Journal of Toxicology* [interaktyvus]. 2012 [žiūrėta 2021-05-09]. Prieiga per doi:[10.1177/1091581814526892](https://doi.org/10.1177/1091581814526892)
104. BERGFELD, W. F., et al. Safety Assessment of Inorganic Hydroxides as Used in Cosmetics. *Cosmetic Ingredient Review*. 2015 [žiūrėta 2021-03-29]. Prieiga per: Cosmetic ingredient review-Safety
105. FIUME, M. M., et al. Safety Assessment of Citric Acid, Inorganic Citrate Salts, and Alkyl Citrate Esters as Used in Cosmetics. *International Journal of Toxicology* [interaktyvus]. 2014, **33**(2), 16–46 [žiūrėta 2021-03-29]. Prieiga per doi:[10.1177/1091581814526891](https://doi.org/10.1177/1091581814526891)
106. JOHNSON, W., et al. Safety Assessment of Benzyl Alcohol, Benzoic Acid and its Salts, and Benzyl Benzoate. *International Journal of Toxicology* [interaktyvus]. 2017, **36**(3) [žiūrėta 2021-05-17]. Prieiga per doi:[10.1177/1091581817728996](https://doi.org/10.1177/1091581817728996)

Publikacijų sąrašas

MOKSLINIŲ TYRIMŲ REZULTATŲ SKELBIMAS KONFERENCIJOSE

1. MEIŠTININKAITĖ, E., E. GRICIŪTĖ, O. BANIUKAITIENĖ, E. KRUGLY. Polimerinės membranos kosmetikai. Studentų mokslinė konferencija „Chemija ir cheminė technologija 2021“ pranešimų medžiaga: respublikinė studentų mokslinė konferencija. Kauno technologijos universitetas. Cheminės technologijos fakultetas. Kaunas: Kauno technologijos universitetas. 2021. p. 153