



Kauno technologijos universitetas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Kompleksinės priemonės hipertrofiniams randams gydyti kūrimas

Baigiamasis magistro projektas

Akvilė Andziukevičiūtė-Jankūnienė
Projekto autorė

Prof. Virginija Jankauskaitė
Vadovė

Kaunas, 2020



Kauno technologijos universitetas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Kompleksinės priemonės hipertrofiniams randams gydyti kūrimas

Baigiamasis magistro projektas
Gamybos inžinerija (6211EX015)

Akvilė Andziukevičiūtė-Jankūnienė
Projekto autorė

Prof. Virginija Jankauskaitė
Vadovė

Prof. Daiva Mikučionienė
Recenzentė

Kaunas, 2020



Kauno technologijos universitetas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas
Akvilė Andziukevičiūtė-Jankūnienė

Kompleksinės priemonės hipertrofiniams randams gydyti kūrimas

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, Akvilės Andziukevičiūtės-Jankūnienės, baigiamasis projektas tema „Kompleksinės priemonės hipertrofiniams randams gydyti kūrimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)



Kaunas technologijos universitetas

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Baigiamojo magistro projekto užduotis

Studentui (-ei) – Akvilei Andziukevičiūtei-Jankūnienei

1. Projekto tema –

Kompleksinės priemonės hipertrofiniams randams gydyti kūrimas

(Lietuviškai)

Development of Complex Means for Hypertrophic Scar Treatment

(Angliškai)

2. Projekto tikslas ir uždaviniai –

Tikslas: sukurti kompleksinę kompresinę priemonę su silikono ir vaistinių augalų ekstraktų kompozito sluoksniu efektyviam hipertrofinių randų gydymui.

Uždaviniai:

- nustatyti tinkamiausią silikoninio kaučiuko ir augalų ekstrakto kompozito gavimo metodą;
- ištirti silikoninio kaučiuko kompozito struktūros ir mechaninių savybių priklausomybę nuo silikoninio kaučiuko tipo bei augalų ekstrakto tipo ir kiekio;
- ištirti silikoninio kaučiuko ir augalinių ekstraktų kompozito paviršiaus cheminės prigimties ir savybių kitimą laiko bėgyje;
- ištirti suformuoto silikoninio kaučiuko ir augalinių ekstraktų kompozito sluoksnio ant elastinio tekstilinio mezginio adhezinės sąveikos kitimą, keičiant mezginio paviršiaus tekstūrą.

3. Pradiniai projekto duomenys –

Netaikoma

4. Pagrindiniai reikalavimai ir sąlygos –

Visi tyrimai turi būti atlikti pagal galiojančius standartus ir metodikas: mechaninių savybių tyrimai – pagal ISO 37, kietumo matavimai – pagal ISO 7619-1, paviršiaus vilgumas įvertintas pagal ISO 15989, adhezija prie elastinio tekstilinio mezginio paviršiaus - pagal ISO 11339.

Projekto autorė

Akvilė Andziukevičiūtė-Jankūniene

(Vardas, Pavardė)

(parašas)

(data)

Vadovė

Virginija Jankauskaitė

(Vardas, Pavardė)

(parašas)

(data)

Krypties studijų
programų vadovė

Regita Bendikienė

(Vardas, Pavardė)

(parašas)

(data)

Andziukevičiūtė-Jankūnienė, Akvilė. Kompleksinės priemonės hipertrofiniams randams gydyti kūrimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovė prof. Virginija Jankauskaitė; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): Gamybos inžinerija (E10), Inžinerijos mokslai (E).

Reikšminiai žodžiai: hipertrofinis randas, kompresinė terapija, silikono preparatai, polidimetilsiloksanas, vaistinių augalų terapija, *Allium cepa* ekstraktas, mikrokapsulės.

Kaunas, 2020. 50 p.

Santrauka

Po įvairių sužeidimų ant odos dažnai susiformuoja randai, galintys tapti fiziologinių arba psichologinių negalavimų priežastimi. Nepaisant to, kad randai gali būti gydomi įvairiais metodais, gydymas trunka ilgai, o gydymo rezultatai sunkiai prognozuojami. Be to, kai kurie gydymo būdai gali turėti įvairių šalutinių poveikių, skatinti randų atsinaujinimą ar naujų randų atsiradimą. Todėl vis labiau populiarėja neinvaziniai būdai randams gydyti: kompresinė terapija, gydymas silikono preparatais ar vaistinių augalų ekstraktais. Todėl galima daryti prielaidą, kad kelių terapijų taikymas vienu metu padidintų gydymo efektyvumą ir sutrumpintų gydymo laiką.

Šio darbo tikslas - sukurti kompleksinę kompresinę priemonę su silikono ir vaistinių augalų ekstraktų kompozito sluoksniu efektyviam hipertrofinių randų gydymui. Tyrimo metu ištirti raudono svogūno *Allium cepa* ekstrakto įmaišymo į polidimetilsiloksaną (PDMS) būdai, suformuotos mikrokapsulės su polistireno (PS) apvalkalu ir raudonojo svogūno *Allium cepa* aliejinio ekstrakto šerdimi. Nustatyti PDMS ir *Allium cepa* ekstrakto kompozitų gavimo būdai, ištirta kompozitų struktūra. PDMS tipo bei užpildo tipo ir kiekio įtaka kompozitų mechaninėms savybėms vertinta vienašiu tempimu pagal ISO 37 standarto reikalavimus bei KTU MTEPI fondo finansuojamo jaunųjų tyrėjų mokslo projekto metu sukurtu išmaniu bekontakčiu plonų bandinių mechaninių savybių matavimo įrankiu AU-TOOL. Siekiant nustatyti mažamolekulių ekstraktų migracijos į polimero paviršių greitį, jų įtaką paviršiaus cheminei sudėčiai bei antimikrobinėms ir priešuždegiminėms savybėms, atlikti vilgymo kampo θ matavimai. Ant tekstilinės medžiagos suformavus PDMS ir augalų ekstrakto kompozito sluoksnį, ištirta sluoksnių adhezinės sąveikos priklausomybė nuo tekstilinės medžiagos paviršiaus tekstūros.

Nustatyta, kad naudoti liofilizuoto *Allium cepa* ir PS:*Allium cepa* užpildai pasižymi baktericidiniu efektyvumu, keičia kompozitų paviršiaus savybes, didina PDMS kietumą bei nežymiai blogina mechanines savybes, todėl *Allium cepa* užpildai gali būti naudojami randams gydyti skirto PDMS modifikavimui.

Atliktas ekonominis galimų projektų vertinimas, apskaičiuotos reikiamos investicijos, numatyta gaminio kaina, projektų atsipirkimo laikas bei finansiniai rodikliai.

Moksliniai tyrimai atlikti bendradarbiaujant su įmonėmis UAB „Ortopedijos klinika“ ir UAB „Plėtra“.

Andziukevičiūtė-Jankūnienė, Akvilė. Development of Complex Means for Hypertrophic Scar Treatment. Master's Final Degree Project / supervisor prof. Virginija Jankauskaitė; Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Production and Manufacturing Engineering (E10), Engineering Sciences (E).

Keywords: hypertrophic scar, compression therapy, silicone sheeting, polydimethylsiloxane, medicinal plants therapy, *Allium cepa* extract, microcapsules.

Kaunas, 2020. 50 pages.

Summary

Skin injuries usually result on scarring, which may lead to physiological or psychological ailments. There are a lot of scar treatment therapies, however they are long-lasting and results are often inadequate. Moreover, side effects may occur causing scar relapse or even new scarring. Non-invasive methods for scar treatment (compression therapy, silicone sheeting and herbal extracts) are becoming increasingly popular. It is assumed that complex therapies would increase treatment efficiency and reduce treatment time.

The goal of this research was to develop a complex pressure garment with silicone and medicinal plant extracts composite layer for effective treatment of hypertrophic scars. Methods of incorporation of red onion extract *Allium cepa* into polydimethylsiloxane (PDMS) were investigated, microcapsules with polystyrene (PS) shell and *Allium cepa* oil extract core were produced. Methods for developing PDMS and *Allium cepa* extract composites were researched. Additive type and amount influence on mechanical properties of PDMS were investigated according to ISO 37 standard. Smart tool for contactless measurement of thin specimens' mechanical properties (AU-TOOL) was used as well. To obtain additive migration and antimicrobial activity composite contact angle was measured. Furthermore, the dependence of adhesion between layers on different textile type was researched.

Freeze-dried *Allium cepa* extract and PS:*Allium cepa* microcapsules additives showed bactericidal efficiency, modified the surface properties of the composites, increased the hardness of the PDMS and slightly diminished mechanical properties. Therefore these additives may be used to modify PDMS for hypertrophic scar treatment.

Economic approach of the potential projects was evaluated. Necessary investments, estimated cost of the product, the payback period of the projects and financial indicators were calculated.

Research was carried out in cooperation with JSC „Ortopedijos klinika“ and JSC „Plėtra“.

Turinys

Lentelių sąrašas	8
Paveikslų sąrašas	9
Santrumpų ir terminų sąrašas	10
Įvadas.....	13
1. Literatūros apžvalga	14
1.1. Kompresinė terapija	15
1.2. Silikono preparatų terapija	18
1.3. Natūralioji terapija vaistinių augalų produktais	20
1.4. Kompleksinė randų gydymo terapija	22
1.5. Apibendrinimas	23
2. Eksperimentinė dalis	24
2.1. Naudotos medžiagos.....	24
2.2. Kompozitų gavimo metodikos	25
2.3. Savybių nustatymo metodikos.....	26
3. Rezultatai ir diskusija	28
3.1. <i>Allium cepa</i> antibakterinės savybės.....	28
3.2. PDMS ir liofilizuoto <i>Allium cepa</i> ekstrakto kompozito savybės	28
3.3. Mikrokapsulių gavimas bei jų įtaka PDMS ir mikrokapsulių su <i>Allium cepa</i> ekstrakto šerdimi savybės	32
3.4. PDMS kompozito mechaninių savybių vertinimas bekontakčiu matavimo įrankiu AU-TOOL	35
3.5. Adhezijos prie skirtingų tekstilinių medžiagų vertinimas	39
3.6. Apibendrinimas	40
3.7. Rekomendacijos	40
4. Ekonominis vertinimas	41
Išvados	46
Literatūros sąrašas	47
Priedai.....	51
1 priedas. I projekto ekonominis vertinimas	51
2 priedas. II projekto ekonominis vertinimas	58
3 priedas. Tyrimo rezultatų sklaida tarptautinėje konferencijoje „Open readings 2019“	65
4 priedas. Tyrimo rezultatų sklaida tarptautinėje konferencijoje „Baltic Polymer Symposium 2018“	68

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Medicininių augalų antihipertrofinis aktyvumas, priklausantis nuo juose esančių komponentų [34]	22
2 lentelė. PDMS savybės	24
3 lentelė. PDMS klijų Silpuran 4200 RTV-1 savybės	24
4 lentelė. PDMS ir liofilizuoto <i>Allium cepa</i> kompozito vilgymo kampo priklausomybė nuo ekstrakto migracijos	31
5 lentelė. PDMS ir PS: <i>Allium cepa</i> mikrokapsulių kompozito vilgymo kampo priklausomybė nuo ekstrakto migracijos.....	34
6 lentelė. Ilgalaikis materialusis turtas	41
7 lentelė. Pagrindinės medžiagos ir jų vidutinės kainos [67-72].	42
8 lentelė. Lūžio taško vertės projektų gyvavimo metais.	43
9 lentelė. Ekonominiai rodikliai antraisiais (brandos) projektų gyvavimo metais.....	43
10 lentelė. Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) poreikis.....	51
11 lentelė. Produkcijos gamybos apimties planavimas	51
12 lentelė. Tiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui	51
13 lentelė. Išlaidos pagrindinėms medžiagoms ir žaliavoms	52
14 lentelė. Tiesioginės išlaidos elektros energijai	53
15 lentelė. Netiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui	53
16 lentelė. Amortizaciniai atskaitymai	54
17 lentelė. Netiesioginių gamybos išlaidų sąmata	54
18 lentelė. Veiklos sąnaudos.	55
19 lentelė. Palūkanų mokėjimo ir paskolos gražinimo planas	56
20 lentelė. Gaminio kainų apskaičiavimas.....	56
21 lentelė. Projekto pelno (nuostolio) ataskaita.	56
22 lentelė. Diskontuotų pinigų srautų ataskaita	57
23 lentelė. Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) poreikis.....	58
24 lentelė. Produkcijos gamybos apimties planavimas	58
25 lentelė. Tiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui	58
26 lentelė. Išlaidos pagrindinėms medžiagoms ir žaliavoms	59
27 lentelė. Tiesioginės išlaidos elektros energijai	60
28 lentelė. Netiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui	60
29 lentelė. Amortizaciniai atskaitymai	61
30 lentelė. Netiesioginių gamybos išlaidų sąmata	61
31 lentelė. Veiklos sąnaudos.	62
32 lentelė. Palūkanų mokėjimo ir paskolos gražinimo planas	63
33 lentelė. Gaminio kainų apskaičiavimas.....	63
34 lentelė. Projekto pelno (nuostolio) ataskaita.	63
35 lentelė. Diskontuotų pinigų srautų ataskaita	64

Paveikslų sąrašas

1 pav. Žaizdos gijimo stadijos [1]	14
2 pav. Hipertrofinio rando susidarymo mechanizmas [3]	15
3 pav. Galimos kompresinio audinio struktūros: A – elastomerinis siūlas kaip ataudas, B – elastomerinis siūlas kaip mezginio sluoksnis, C – dengtas elastomerinis siūlas, D ir E – elastomerinis siūlas įterpiamas mezgant [11]	17
4 pav. Silikono lakštų efektas randų gydymui [28]	20
5 pav. Vaistažolėse esančių cheminių medžiagų įtaka randėjimo procesams [3]	21
6 pav. Platinos komplekso inicijuotas PDMS sutinklinimo mechanizmas	24
7 pav. <i>Allium cepa</i> ekstrakto paruošimas	25
8 pav. Mikrokapsulių su polistireno apvaskalu ir raudonųjų svogūnų (<i>Allium cepa</i>) aliejaus šerdimii gavimo schema	26
9 pav. Kirby-Bauer testo schema [58]	26
10 pav. Matavimas Šoro A duometru pagal ISO 7619-1 [59]	27
11 pav. Išlikusios tirtų bakterijų kolonijos agarų plokštelėse (A) ir bakterijų gyvybingumas, įvertintas nustatant kolonijas formuojančius vienetus (KFV) (B) po skirtingo inkubavimo laiko su liofilizuotu <i>Allium cepa</i> ekstraktu.	29
12 pav. Išlikusios tirtų bakterijų kolonijos agarų plokštelėse (A) ir bakterijų gyvybingumas, įvertintas nustatant kolonijas formuojančius vienetus (KFV) (B) po skirtingo inkubavimo laiko su aliejiniu <i>Allium cepa</i> ekstraktu.	30
13 pav. Užpildo kiekio ir tipo įtaka PDMS kietumui	31
14 pav. Užpildo kiekio ir tipo įtaka PDMS stipriui tempiant	32
15 pav. Užpildo kiekio ir tipo įtaka PDMS ištiesai trūkimo metu	32
15 pav. Mikrokapsulių su polistireno apvaskalu ir eterinio aliejaus šerdimi morfologijos priklausomybė nuo proceso parametrų: A – disperguoti aliejaus lašeliai prieš apvaskalo formavimąsi; B PS: <i>Allium cepa</i> = 1:3, C – PS: <i>Allium cepa</i> = 2:3, D – PS: <i>Allium cepa</i> = 2:3	33
17 pav. Kompozito su mikrokapsulių užpildu kietumo priklausomybė nuo užpildo kiekio	34
18 pav. AU-TOOL matavimo prietaiso schema	35
19 pav. PDMS kompozitų stiprio tempiant vertės, gautos naudojant skirtingas metodikas: A - Silpuran 2400; B - Silpuran 2400/25	36
20 pav. PDMS kompozitų ištiesos trūkimo metu vertės, gautos naudojant skirtingas metodikas: A - Silpuran 2400; B - Silpuran 2400/25	37
21 pav. Užpildo kiekio įtaka PDMS stipriui tempiant	38
22 pav. Užpildo kiekio įtaka PDMS ištiesai trūkimo metu	38
23 pav. Tekstilinio substrato prigimties įtaka sanklijų išsluoksniavimo stipriui	39
24 pav. Projektų diskontuotų pinigų srautų analizė: A – I projektas, B – II projektas	44

Santrumpų ir terminų sąrašas

Santrumpos

PA – poliamidas.

PDMS – polidimetilsiloksanas.

PU – poliuretanai.

PDMS – polidimetilsiloksanas.

PS – polistirenas.

PVA – polivinilalkoholis.

TGF – transformuojantis augimo faktorius.

MSSA – meticilinui jautrus auksinis stafilokokas.

MRSA – meticilinui atsparus auksinis stafilokokas.

VSDF – valstybinio socialinio draudimo fondas.

KFV – kolonijas formuojantys vienetai.

Terminai

Absorbicija – reiškinys, kai kietieji kūnai arba skysčiai visu tūriu sugeria (ištirpina) kitas medžiagas.

Acetofenonas – organinis junginys, kurio cheminė formulė $C_6H_5COCH_3$.

Adhezija – kietų kūnų, kieto kūno ar skysčio, nesimaišančių skysčių susiliečiančių paviršių sukibimas dėl kūnų dalelių sąveikos.

Apoptozė – genetiškai užprogramuota, reguliuojama ląstelių ir jos komponentų žūtis degradacijos būdu.

Apoptozės inhibitoriai – apoptozę stabdantčios arba lėtinančios medžiagos

Arteriolė – smulkiausia arterijos šaka

Atrofinis randas – odos būklė, atsiradusi sutrikus žaizdos gijimo procesui ir susidarius nepakankamai jungiamojo audinio. Atrofiniam randui būdingos mažos apvalios įdubos, esančios žemiau už aplinkinę odą.

Bioflavonoidai – antriniai medžiagų apykaitos produktai, atsakingi už daugybę funkcijų, tokių kaip augalo pigmentas, lemiantis jo spalvą, apsaugą nuo UV, azoto įsisavinimą ir kt.

Cepalinas – antimikrobinio poveikiu pasižyminti medžiaga

Chemotaksinis – pritraukiantis neutrofilus.

Citokinai – maži baltymai, kurie yra svarbūs ląstelių signalizacijai. Jų išsiskyrimas turi įtakos aplinkinėms ląstelėms.

Dehidratacija – vandens kiekio organizme sumažėjimas, kai jo organizme lieka mažiau negu fiziologinė norma.

Derma – odos dalis, esanti po epidermiu

Desorbicija – absorbuotos ar adsorbuotos medžiagos pa(si)šalinimas iš sorbento.

Edema – skysčio susikaupimas audiniuose

Ekstraląstelinė matrica – jungiamasis tarpląstelinis audinys.

Elastinas – odos jungiamojo audinio baltymas.

Endotelis – vienasluoksnis audinys, iš vidaus dengiantis kraujagysles, susidedantis iš plokščių ląstelių nelygiais kraštais.

Epidermis – ai danga, apsauganti tikrąją odą nuo kenksmingo aplinkos poveikio (mechaninių pažeidimų, bakterijų, kitų mikroorganizmų tiesioginio patekimo į organizmo vidų ir t. t.).

Epigalokatechino galatas – organinis junginys katechinas, dažnai randamas žaliojoje arbatoje.

Epitelis – dengiamasis audinys.

Fibrino baltymas – netirpus kraujo baltymas, dalyvaujantis kraujo krešėjime.

Fibroblastai – jungiamojo audinio ląstelės, gaminančios tarpląstelinio užpildo komponentus – kolageną, elastines skaidulas, glikoproteinus, glikozaminoglikanus.

Fibrozę – audinio surandėjimas.

Flavonoidai – heterocikliniai geltoni organiniai junginiai

Floroglucinolis – organinis junginys, skatinantis skeleto raumenų atsipalaidavimą.

Genisteinas – flavonoidų klasės izoflavonas, pasižymintis antiskleroziniu, antihelminciniu, antioksidaciniu bei priešvėžiniu veikimu.

Granulocitas – baltasis kraujo kūnelis.

Hemostazė – morfologinių struktūrų ir biocheminių mechanizmų visuma, sustabdanti kraujavimą ir kartu palaikanti kraujagyslėse kraują skystos būsenos.

Hiperemija – aktyvus procesas, kurį sukelia į tam tikrą organizmo ar audinio sritį patenkantis didesnis kraujo kiekis.

Hiperemija – aktyvus procesas, kurį sukelia į tam tikrą organizmo ar audinio sritį patenkantis didesnis kraujo kiekis.

Hiperpigmentacija – ryškus odos spalvos pakitimas.

Hipertrofinis randas – odos būklė, kai gyjant žaizdai susiformuoja perteklinis odos audinys.

Hipoksija – reiškinys, kai organams ir audiniams stinga deguonies arba audiniai nesugeba panaudoti juose esančio deguonies.

Histaminas – biologiškai aktyvi medžiaga, mediatorius, veikiantis imuniniame atsake.

Inhibitorius – medžiaga, lėtinanti arba sustabdanti cheminę reakciją.

Kaempferolis – flavanoidas, aptinkamas vaisiuose, daržovėse.

Karotinoidai – oranžinės – raudonos spalvos pigmentai vaisiuose ir daržovėse

Keloidinis randas – tamsiai raudonas perteklinis randas, išplintantis už žaizdos ribų.

Keratinocitas – odos ląstelė, sudaranti barjerą tarp organizmo ir aplinkos.

Kolagenas – siūlo pavidalo baltymas, vienas svarbiausių atraminių tarpląstelinės medžiagos baltymų jungiamuosiuose audiniuose ir epitelinio audinio pamatinėje membranoje.

Kolagenazė – fermentas, suardantis kolageną.

Kontraktūra – tai žymus sąnario judrumo apribojimas dėl pataloginių pokyčių audiniuose, kurie turi funkcinį ryšį su sąnarine jungtimi.

Kvercetas – augalinis flavanoidas.

Makrofagas – kraujo ląstelė, daugiabranduolys fagocitas.

Maturacija – audinio formavimasis.

Mikrokapsuliacija – smulkių dalelių įvilkimas į plonus polimerinius apvalkalus.

Mitogenas – bet kuri medžiaga, galinti sukelti ląstelių dalijimąsi (mitozę).

Mitozė – ląstelių dalijimosi fazė.

Neutrofilai – baltieji kraujo kūneliai.

Plazma – skystoji kraujo dalis, sudaranti apie 55 proc. kraujo tūrio. Jos 90–91 proc. sudaro vanduo, o likusią 9–10 proc. dalį – organinės ir neorganinės medžiagos

Prokolagenas – baltymas, iš kurio susidaro kolagenas.

Proliferacija – tai ląstelių populiacijos augimas dalijimosi būdu.

Proteoglikanas – jungiamojo audinio glikoproteinas.

Resveratrolis – stilbenoidas, natūralaus fenolio ir fitoaleksino rūšis, kurį gamina keli augalai reaguodami į žalą arba, kai augalą užpuola patogenai, tokie kaip bakterijos ar grybeliai.

Serotoninas – biologiškai aktyvi medžiaga, hormonas, sintetinamas serotonine.

Stratum corneum – viršutinis raginis epidermio sluoksnis.

Trombocitai – kraujo krešėjimą lemiantys kraujo kūneliai.

Įvadas

Pažeistoje odoje vyksta sudėtingi procesai, kurių eiga lemia sklandžią odos regeneraciją. Nedidelės žaizdos dažniausiai užgyja greitai, tačiau, jei pažeidžiami gilesni odos sluoksniai, organizmas pradeda sintetinti kolageno skaidulas, iš kurių gali susiformuoti odos audinio perteklius – randas. Naujas rando audinys bus jautresnis, plonesnis, kitokios spalvos ir tekstūros nei aplinkiniai audiniai.

Randai nėra vien estetinė problema, jie taip pat gali būti įvairių psichologinių bei fiziologinių būklių, trukdančių gyventi visavertį gyvenimą, priežastimi. Todėl savalaikė randų prevencija ir susidariusių randų gydymas tampa svarbiu uždaviniu.

Yra daug randų gydymo būdų: chirurginė intervencija, radioterapija, krioterapija, lazerinė terapija ir kt. Tačiau šios terapijos, kaip ir bet kuri kita intervencija, gali sukelti šalutinį poveikį. Todėl vis dažniau randų prevencijai ir gydymui taikomi neinvaziniai gydymo būdai – kompresinė terapija, silikono preparatų terapija bei gydymas vaistinių augalų ekstraktais. Kompresinės terapijos metu pacientai turi dėvėti didesnę nei kapiliarų spaudimas (24 mmHg) slėgį generuojančią kompresinę priemonę ne trumpiau nei 6 mėn. Ši terapija mažina randinį audinį, tačiau ji ne visada patogi, ypač judriųjų sąnarių vietose. Silikono preparatai minkština randą, mažina raudonį bei niežėjimą. Augalų ekstraktai pasižymi baktericidiniu, priešgrybeliniu, antioksidaciniu poveikiu, minkština randą.

Šie randų gydymo metodai ne visada garantuoja sėkmę. Todėl galima manyti, kad randus vienu metu kompleksiskai veikiant keliomis priemonėmis, turėtų pasireikšti sinergetinis jų poveikis randų gijimui, galintis ne tik padidinti gydymo efektyvumą, bet ir sutrumpinti gydymo laiką.

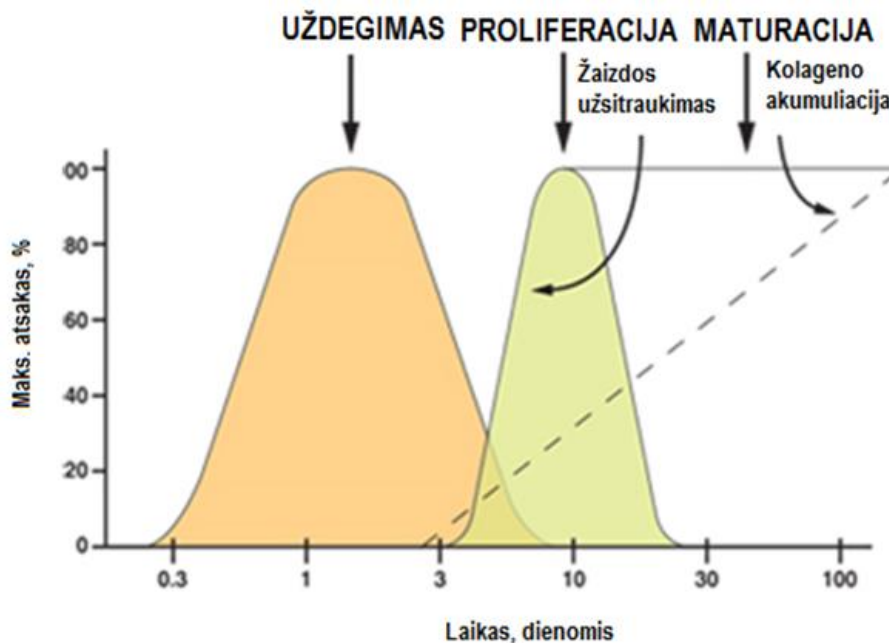
Šio tyrimo **tikslas** – sukurti kompleksinę kompresinę priemonę su silikono ir vaistinių augalų ekstraktų kompozito sluoksniu efektyviam hipertrofinių randų gydymui.

Tikslui pasiekti keliami **uždaviniai**:

- nustatyti tinkamiausią silikoninio kaučiuko ir augalų ekstrakto kompozito gavimo metodą;
- ištirti silikoninio kaučiuko kompozito struktūros ir paviršiaus cheminės prigimties kitimą nuo komponentų tipo ir kiekio;
- ištirti silikoninio kaučiuko ir augalinių ekstraktų kompozito mechaninių savybių tempiant priklausomybę nuo komponentų tipo ir kiekio ardomuoju ir neardomuoju mechaninių savybių nustatymo metodais;
- ištirti tekstilinės kompresinės priemonės paviršiaus tekstūros įtaką silikoninio kaučiuko ir augalinių ekstraktų kompozito sanklijos stipriui.

1. Literatūros apžvalga

Žaizdų gijimas – sudėtingas ir dinamiškas procesas, kurio metu pažeistos audinių ląstelės yra pakeičiamos naujomis. Šis procesas susideda iš 3 aiškių laiko ribų neturinčių stadijų: 1) kraujo krešėjimo (hemostazės) ir uždegimo, 2) naujų audinių ląstelių augimo (proliferacijos) bei 3) susidariusių naujų audinių brendimo (maturacijos) (1 pav.) [1].



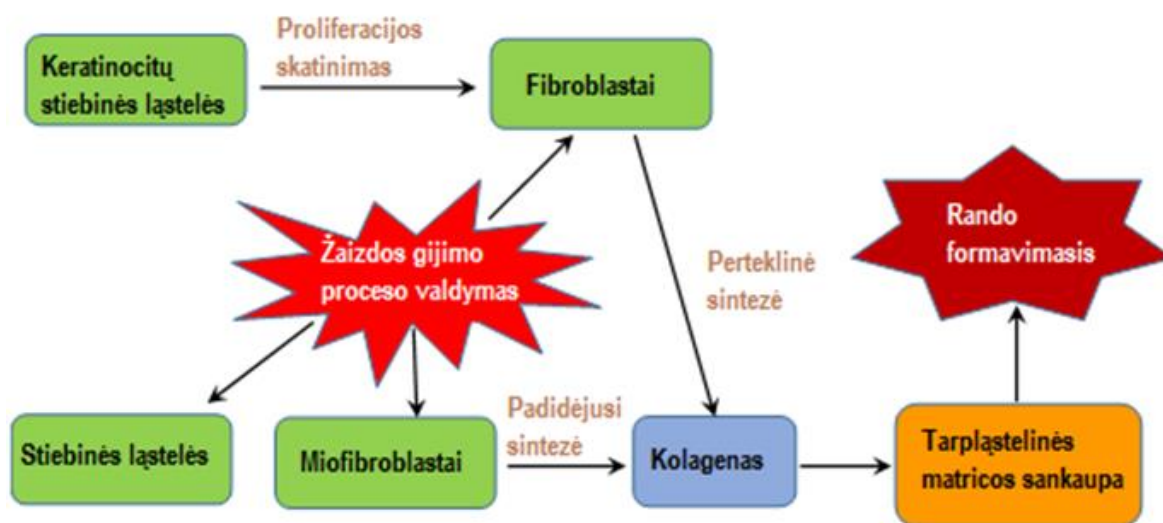
1 pav. Žaizdos gijimo stadijos [1]

Iš karto po odos audinio pažeidimo kraujo elementai ir vazoaktyvūs aminai išsilieja iš pažeistų kraujagyslių dermoje. Dėl padidėjusio kraujagyslių pralaidumo neutrofilai, trombocitai ir plazmos baltymai lengvai patenka į žaizdą ir ši palaipsniui užsitraukia. Prasideda randėjimo procesas, kurio metu citokinai veikia kaip chemotaksinės medžiagos, pritraukdami į žaizdą neutrofilų, makrofagų, epitelio, endotelio ląstelių, fibroblastų ir kamieninių ląstelių. Trombocitai įsipina tarp fibrino baltymo skaidulų, pradeda formuoti krešulys. Uždegimas prasideda staigiu smulkių arterijų ir arteriolių susitraukimu, tokiu būdu suaktyvinant granulocitus ir trombocitų išskirtus histaminą bei serotoniną. Po 48 valandų šias medžiagas pakeičia makrofagai, kurie kartu su granulocitais pašalina iš žaizdos šiukšles ir išlaisvina augimo faktorius — prasideda tarpląstelinės matricos atsinaujinimas. Dauginantis minėtoms kraujo ir odos ląstelėms, po 72 valandų fibroblastai pradeda sintetinti žaizdos regeneracinę–granuliacinę audinį – ekstraląstelinę matricą, sudarytą iš prokolageno, elastino, proteoglikanų, hialurono rūgšties. Iš ekstraląstelinės matricos pertekliaus formuojasi nebrandus kolagenas, palaipsniui virstantis brandžiu, žaizda sugyja. Praėjus 3 savaitėms kolageno sintezė sulėtėja, tačiau dar kelis mėnesius formuojasi randas [2].

Normaliai gyjant žaizdai, iš pirminio krešulio susiformuoja granuliacinis audinys (ekstraląstelinė matrica), nusistovi pusiausvyra tarp proliferuojančios ir degraduojančios jos dalių, o minėtai pusiausvyrai sutrikus susiformuoja randai [3].

Rando išvaizda priklauso nuo odos pažeidimo gylio, žaizdos dydžio bei lokalizacijos. Nustatyta, kad paciento amžius, lytis, genetika bei etninė grupė taip pat turi įtakos rando tipui [4].

Hipertrofiniai randai – viena dažniausių patologinių odos būklių. Molekulinis hipertrofinių randų formavimosi mechanizmas susijęs su ypač dideliu fibroblastų aktyvumu, miofibroblastų susidarymu ir intensyvia ekstraląstelinės matricos ir kolageno sinteze (2 pav.) [1]. Pažeidimo vietoje susiformuoja kieti, iškilūs, rausvi, dažnai skausmingi, niežtintys hipertrofiniai randai.



2 pav. Hipertrofinio rando susidarymo mechanizmas [3]

Priklausomai nuo rando dydžio bei lokalizacijos dėl sukietėjusių odos audinių (fibrozės) gali susiformuoti raumenų ir/ar sausgyslių kontraktūros, todėl gali sumažėti judesių amplitudės, atsirasti raumenų silpnumas, nervų šaknelių uždegimai, taip pat įvairių kūno dalių tirpimas [5]. Taip pat ne mažiau svarbios ir estetiškos randų sukeltos problemos, ilgai gali tapti įvairių psichologinių būklių priežastimi [6]. Todėl labai svarbu kuo greičiau įvertinti galimą rando susidarymą ir parinkti profilaktines priemones bei tinkamą gydymą.

Hipertrofinių randų gydymui dažnai taikomas chirurginis gydymas, kortikosteroidų injekcijos ir kt., tačiau invaziniai gydymo būdai dažnai turi šalutinių poveikių, galinčių pasireikšti randų atsinaujinimu ar naujų randų susidarymu. Intervencinis randų gydymas gali būti ir kitų organų disfunkcijos priežastimi [7]. Todėl vis labiau populiarėja neinvazinis konservatyvus randų gydymas kompresijos terapija, silikono preparatais ar vaistažolių ekstraktais.

1.1. Kompresinė terapija

Kompresinė terapija hipertrofiniams randams gydyti pradėta taikyti dar 1970 metais. Šios terapijos įtaka randų gijimo procesui nėra visiškai iširta, tačiau manoma, kad dėl audinių spaudimo sulėtėjus kraujo tekėjimui, mažėja edema, o sukelta hipoksija trukdo fibroblastų sintezei, dėl to beveik nesusidaro perteklinio kolageno, iš kurio formuojasi randinis audinys [8]. Kompresinės priemonės paprastai gaminamos iš elastingo audinio. Jas reikia dėvėti ne mažiau nei 12 mėnesių. Nepaisant efektyvaus gydymo, ši terapija ne visada patogi dėl anatominių priežasčių, taip pat gali sukelti nepatogumų dėvima judrių sąnarių vietose. Kai kuriems pacientams, dėvintiems kompresinį įtvarą ilgesnį laiką, dėl netolygaus slėgio pasiskirstymo gali atsirasti odos pažeidimų. Todėl viena didžiausių problemų yra kompresinių įtvarų individualizavimas [9, 10].

Įprastai hipertrofiniams randams gydyti naudojami 3D mezginiai. Šių mezdinių sukeliama kompresija priklauso nuo naudojamo pluošto, gijų ir mezginio struktūros. Todėl naudojamos gijos turi užtikrinti šias mezginio savybes:

- išilginį ir skersinį tamprumą;
- minimalią likutinę deformaciją;
- patvarumą dėvėjimo metu;
- higienines savybes (pvz., pralaidumą orui).

Kompresinėms priemonėms megzti dažniausiai naudojami poliamido (PA), armuotieji poliuretano (PU), vulkanizuotos gumos, medvilniniai arba viskoziniai siūlai bei elastomerinės gijos. Šiuo metu populiariausi poliamido siūlai. PA gijos labai elastingos, stiprios, stabilių matmenų, atsparios trinčiams, taip pat pelėsių ir bakterijų poveikiui. Siekiant padidinti kompresinių priemonių elastingumą, PA siūlai gali būti derinami su elastomeriniais siūlais.

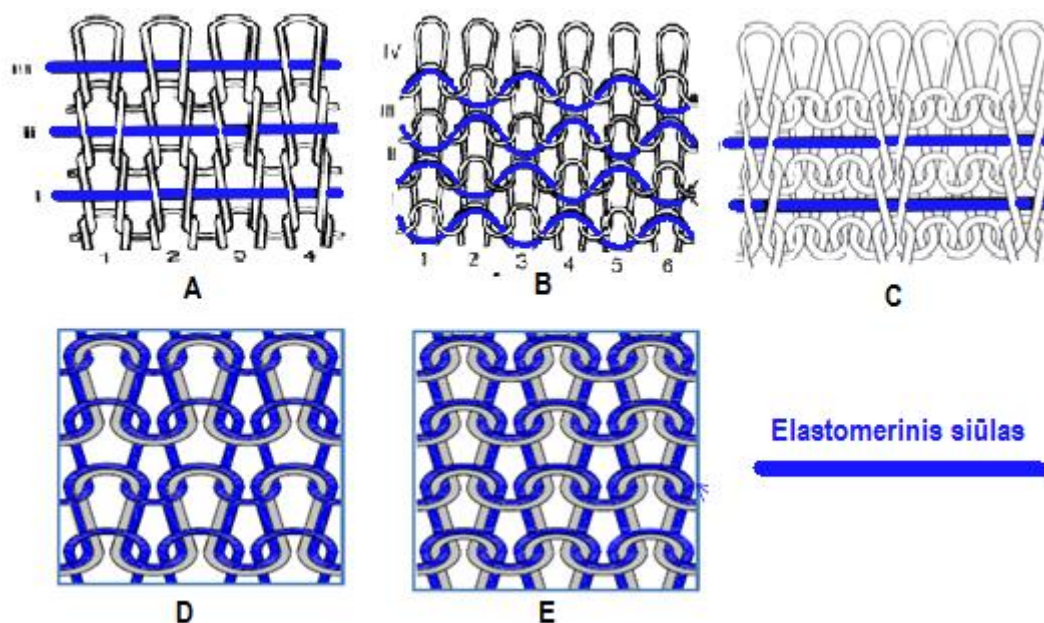
Medicininės tekstilės gaminiuose plačiai naudojami mažo skersmens mikropluoštai, kurių kiekis siūluose yra žymiai didesnis. Mikropluošto mezginiai yra lygios ir stabilių matmenų struktūros, minkštesni, švelnesni, pasižymi geromis absorbcinėmis ir drėgmės išgarinimo savybėmis. Todėl mikropluoštai ypač tinkami kompresinėms priemonėms gaminti.

Sintetinis elastomerinis pluoštas sudarytas iš ne mažiau kaip 85 % segmentuoto poliuretano (PU) pluošto. PU siūlai paprastai yra viengysliai arba daugiagysliai, tačiau mezginiuose dažnai naudojami kaip šerdis. Dauguma elastomerinių pluoštų labai elastingi, tvirti, puikiai skalbiami, atsparūs skalbikliams, kvapams, chlorui ir t. t. Šie verpalai gali būti suformuoti terminiu būdu be jokių matmenų pokyčių. Todėl PU siūlai plačiai naudojami medicininėms kompresinėms priemonėms gaminti [11]. Dažniausiai naudojami susuktieji elastiniai siūlai skirstomi į dvi pagrindines grupes – viengubus ir dvigubus. Pirmuoju atveju PU pluošto šerdis susukta *Z* kryptimi arba *S* kryptimi su vienu verpalu. Antruoju atveju PU šerdis susukta dviem priešingomis kryptimis – *Z* ir *S* (suformuojamos išorinė ir vidinė dangos). Kompresinėms priemonėms megzti labiau tinkami dvigubieji siūlai, kai PU siūlas yra padengtas natūralia gija. Tokiu būdu elastomerinė gija geriau sugeria drėgmę, dėl to mezginys būna patogesnis dėvėti.

Gaminio mechaninės savybės (ilgaamžiškumas, elastingumas, stipris, matmenų stabilumas ir kt.) bei fizinės savybės (oro ir garų pralaidumas, šilumos izoliacija ir pralaidumas, drėgmės absorbcija ir kt.) daugiausiai priklauso nuo mezgimo parametrų [12].

Gaminant kompresines priemones, pagrindinis ir elastomerinis siūlai mezgami kartu. Pagrindinis siūlas (pvz., PA) lemia mezginio tankumą, higienines ir komforto savybes, tuo tarpu elastomeriniai siūlai užtikrina reikiamą slėgį. Megztos struktūros elastomeriniai siūlai gali būti įtraukti kaip ataudų verpalai (3 pav. A), kutų pavidalu (3 pav. B) arba sluoksniuojant (3 pav. C, D).

Kompresinėms priemonėms megzti elastomerinis siūlas dažniausiai išdėstomas juostoje (3 pav. E). Siūlas gali būti suktas arba dengtas, viengubas arba dvigubas. Manoma, kad geriausia kompresinės priemonės struktūra pasiekama vidiniam kompresinės priemonės sluoksniui naudojant hidrofobinius sintetinius pluoštus (poliamidą arba poliesterį), o išoriniam sluoksniui naudojant natūralius celiuliozės ar baltyminius pluoštus, pasižyminčius gera drėgmės absorbcija ir desorbcija. Tokiu būdu vidinė kompresinės priemonės pusė visada išlieka sausa.



3 pav. Galimos kompresinio audinio struktūros: A – elastomerinis siūlas kaip ataudas, B – elastomerinis siūlas kaip mezginio sluoksnis, C – dengtas elastomerinis siūlas, D ir E – elastomerinis siūlas įterpiamas mezgant [11]

Kompresinės terapijos metu pacientai dėvi statinę kompresiją (15-24 mmHg) į randą generuojančius gaminius. Norint užtikrinti reikiamą kompresiją, šios priemonės gaminamos taikant kelis metodus: sumažinimo faktoriaus metodą arba Laplace dėsnio metodą. Pirmuoju atveju individualizuotos kompresinės priemonės gaminamos paciento matmenis sumažinus tam tikru procentu (10, 15 ar 20 %), neatsižvelgiant į mezginio savybes. Taikant Laplace dėsnio metodą kompresinių priemonių matmenys mažinami atsižvelgiant į mezginio tamprumo savybes. Nepaisant to, kad šiuo metodu pagamintos priemonės tiksliau suformuoja reikiamą kompresiją, nustatyta, kad jis nėra tinkamas mažo skersmens cilindro formos mezginiams (pirštinėms), kadangi tokių mezginių matmenys skiriasi priklausomai nuo mezgimo tipo bei technologijos. Be to, Laplace dėsnio metodas nevertina liekamosios mezginio deformacijos bei relaksacijos [13].

Kompresijos terapijai naudojami tekstilės gaminiai turi būti elastingi, lankstūs, laidūs orui ir vandens garams, atsparūs dilimui (trinčiai), ilgaamžiški. Megztų medžiagų mechaninės savybės priklauso nuo mezgimo struktūros, pluoštinės sudėties, siūlų ilginio tankio, mezginio pynimo, kilpų geometrijos bei jų išdėstymo. Nustatyta, kad didėjant mezginio tankumui, didėja standumas, mezginio generuojama kompresija, paviršius tampa lygesnis, pats mezginys – minkštesnis [14].

Iš vienarūšių kilpų sudaryti mezginiai mažiau deformuojasi nei to paties tankumo mezginiai, sudaryti iš kelių rūšių kilpų [15].

Siekiant pagerinti megzto gaminio deformacinės savybės dažnai į mezginį įterpiami elastomeriniai siūlai, užtikrinantys reikiamas deformacijas tiek išilgine, tiek skersine kryptimi [16].

Kadangi pagal randų gydymo metodiką kompresinės priemonės turi būti dėvimos ne mažiau kaip 23 valandas per parą, būtina užtikrinti, kad šios priemonės būtų laidžios orui bei vandens garams. Tokiu būdu oda, esanti po kompresine priemone, bus pakankamai ventiliuojama, neprakaituos, bus sumažinta iššutimų ir bakterinių odos ligų rizika. Tinkamoms termofiziologinėms sąlygoms įtakos

turi pluošto tipas, verpalų savybės (ilginis tankis, sukris), medžiagos struktūra (pynimas, kilpos geometrija, tankumas) [17].

Oro pralaidumui įtakos turi ir mezginių medžiagų akytumas. Tarp mezginių kilpų esantys tarpai lengvai praleidžia orą, kita vertus, dėl mezginio erdvinės struktūros oras gali būti sulaikomas mezginyje. Todėl būtina rasti tokią mezginio struktūrinę formą, kuri užtikrintų gerą ventiliavimą bei tinkamą šiluminę varžą. Tyrimais nustatyta, kad oro pralaidumui, terminiai sugerčiai ir šiluminei varžai didžiausią įtaką turi mezginio kilpos ilgis, siūlų storis bei skaičius kilpoje. Plonesni siūlai bei ilgesnė kilpa didina oro pralaidumą, tačiau mažina šiluminę varžą [18].

Kadangi hipertrofiniams randams gydyti skirtos kompresinės priemonės bus dėvimos ne mažiau nei 24 mėnesius, ypač svarbu įvertinti šių priemonių atsparumą dilinimui, nes būtent ši savybė lemia gaminio ilgaamžiškumą, tinkamą kompresijos užtikrinimą bei stiprumą. Medžiagų atsparumas dilinimui suprantamas kaip palaiptinis medžiagos nusidėvėjimas. Tekstilės atsparumui dilinimui įtakos turi pluošto storis ir paviršiaus lygumas, siūlo ilginis tankis ir sukris, medžiagos pynimas, kilpų geometrija ir kt. [19].

Atsparumas dilinimui vertinimas įvairiai: ciklų skaičiumi iki dalinio ar visiško tekstilės medžiagos suirimo, masės nuostoliais po tam tikro ciklų skaičiaus, tekstilės gaminio stiprumo nuostoliais, atsiradusiais po dilinimo ciklų [20]. Tyrimais nustatyta, kad tekstilinių medžiagų pynimo tipas turi didesnę įtaką nusidėvėjimui nei pluošto tipas [19]. Taip pat nustatyta, kad atsparumui dilinimui įtakos turi ir verpalų sukris: kuo jis didesnis, tuo tekstilinės medžiagos atsparesnės [21].

Vertindami atsparumą dilinimui, daugelis mokslininkų paraleliai vertina ir gaminio polinkį pumpuruotis – buvo nustatyta, kad pluoštinė siūlo struktūra ir mažesnis siūlo sukris lemia didesnius masės nuostolius dilinimo metu. Taip pat nustatyta, kad polinkį pumpuruotis bei atsparumą dilinimui lemia ir mezginio pynimas, paviršinis tankis, skalbimo bei minkštinimo procedūros [22].

Laboratoriniai kompresinių priemonių tyrimai atliekami imituojant priemonės dėvėjimo sąlygas (prakaitavimą, dėvėjimą, skalbimą ir kt.). Tačiau atliekant tyrimus neimituojami paciento fiziologiniai veiksniai (kvėpavimas, judėjimas ir t. t.). Todėl yra tikimybė, kad šios sąlygos taip gali turėti įtakos bandymų rezultatams.

1.2. Silikono preparatų terapija

Daugelis mokslinių tyrimų įrodė, kad priemonės su silikonu sumažina randus arba visai užkerta kelią patologiniam randėjimui. Įrodyta, kad silikonas sušvelnina hipertrofinio rando paraudimą, skausmą ir niežėjimą, pagerina randinio audinio elastingumą [10]. Manoma, kad silikono preparatai mažina hiperemiją, dėl to sumažėja fibroblastų gamyba, kas skatina rando mažėjimą [23]. Priklausomai nuo žaizdos lokalizacijos gali būti naudojami įvairūs silikono produktai – plėvelės, tvarsčiai, kremai, geliai. Pastarieji gali būti papildyti ir vaistinių augalų ekstraktais [24, 25].

Silikonas (cheminis pavadinimas – polisiloksanas) – tai organinis polimeras silicio oksido (SiO) pagrindu, savo sudėtyje turintis prie silicio atomų prijungtas organines grupes (dažniausiai —metilo CH₃). Polisiloksanas savo struktūra skiriasi nuo kitų silikono polimerų: —Si—O—Si— ryšio kampai yra platesni, o —Si—O— jungtis ilgesnė. Be to, laisvos polimero grandinės blokuoja laisvą metilo grupių sukimąsi. Keičiant —Si—O— grandinės ilgį, šonines grupes ar tinklinimo laipsnį, galima susintetinti norimų savybių polisiloksanus [26].

Randams gydyti polisiloksanas naudojamas nuo 1980 metų. Nustatyta, kad naudojant tvarsčius bent 12 valandų per parą ne trumpiau nei 2 mėnesius, randas plonėja, mažėja jo raudonis. Tikslus polisiloksano veikimo mechanizmas nėra išaiškintas, tačiau nustatyta, kad polisiloksanas didina raginio odos sluoksnio *stratum corneum* hidrataciją, tokiu būdu reguliuodamas fibroblastų sintezę ir mažindamas perteklinio kolageno susidarymą [27].

Viena iš odos epitelio funkcijų yra kaupti vandenį, taip mažinant bakterinių infekcijų galimybę. Šią funkciją atlieka viršutinis raginis epidermio sluoksnis *stratum corneum*. Tačiau pažeidus odą, vandens kaupimo funkcija sutrinka – *stratum corneum* nebekaupia vandens, o jį išgarina arba praleidžia į gilesnius odos sluoksnius. Nepakankamas vandens kiekis epidermyje ir keratinocitų dehidratacija stimuliuoja citokinų sintezę, kuri skatina fibroblastų ir kolageno gamybą. Polisiloksanas užtikrina saikingą raginio epidermio hidrataciją, taip palaiapsniui atstatant *stratum corneum* vandens barjero funkciją ir mažinant randą.

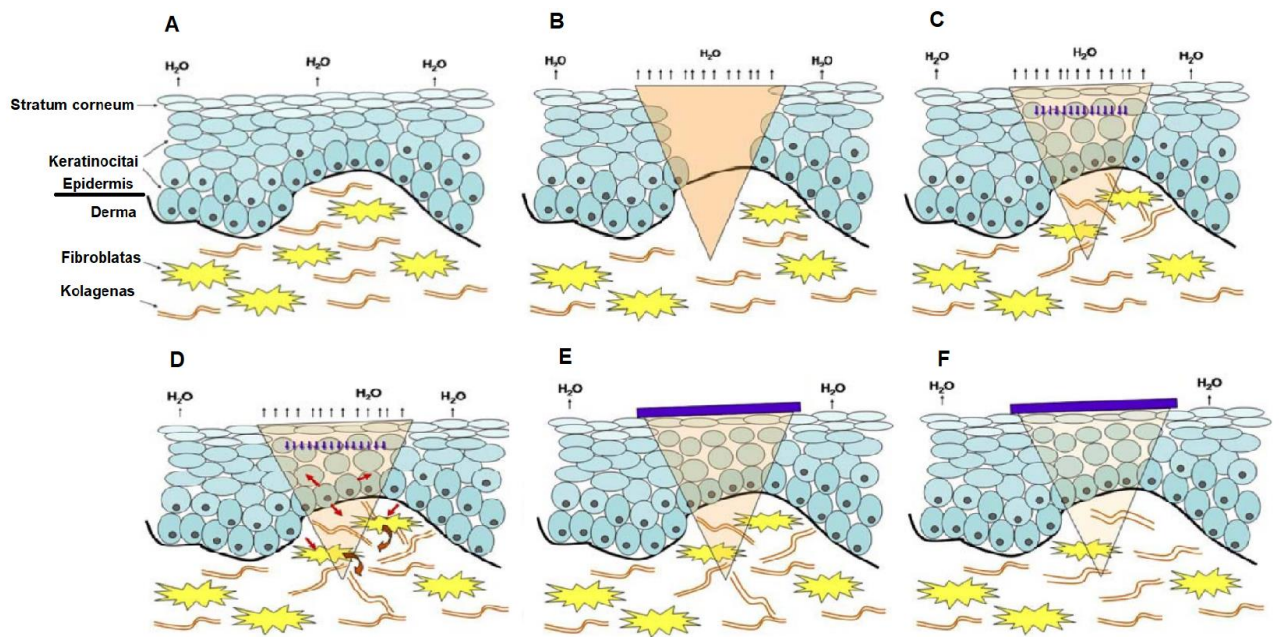
Polisiloksano preparatų veikimo principas pavaizduotas 4 pav.: A – oda su brandžiu raginiu epidermio sluoksniu (*stratum corneum*), kai transepiderminis vandens pralaidumas minimalus; B – epidermio pažeidimas; C – praėjus 1–2 savaitėms po sužalojimo, epidermio ląstelės atsinaujina, tačiau raginio sluoksnio vandens kaupimo funkcija neatsistatė, prasideda keratinocitų dehidratacija; D – keratinocitai pradeda gaminti citokinus, skatinančius fibroblastų sintezę ir kolageno gamybą, dėl kolageno pertekliaus susiformuoja randai; E – naudojant silikono lakštus atkuriamas epidermio raginio audinio (*stratum corneum*) barjerinė funkcija, keratinocitai nustoja gaminti citokinus, nutrūksta fibroblastų sintezė ir kolageno dauginimasis; F – po 2–3 mėnesių gydymo silikono preparatais kolageno kiekis normalizuojasi, randas sumažėja arba išnyksta [28].

Polisiloksanas taip pat turi įtakos fibroblastų ir transformuojantiems augimo faktoriams (TGF). Fibroblastų augimo faktorius normalizuoja kolageno sintezę ir padidina kolagenazių, skaidančių perteklinį kolageną, lygį. Tuo tarpu auglio augimo faktorius stimuliuoja fibroblastus sintetinti kolageną ir fibronektiną, taip atkuriant fibrogenozės ir fibrolizės balansą [27].

Polisiloksano preparatai mažina niežėjimą, apsaugo randinį audinį nuo bakterijų bei bakterijų inicijuotos perteklinio kolageno sintezės randiniame audinyje. Dėl laidumo dujoms polisiloksanas užtikrina odos kvėpavimą. Moksliniais tyrimais įrodyta, kad polisiloksanas minkština ir lygina randą.

Polisiloksano preparatų naudojimas hipertrofinių randų profilaktikai ir gydymui tyrinėtas daugelyje mokslinių darbų, pateikta daug teigiamo efekto įrodymų. Polisiloksano tvarsčių efektyvumas nagrinėtas Cochrane apžvalgoje. Buvo įvertinta 20 klinikinių tyrimų, kuriuose dalyvavo 873 žmonės (amžiaus diapazonas nuo 18 mėnesių iki 81 metų). Tyrimo dalyviai suskirstyti atsitiktine tvarka, tuomet kontrolinė lipnius polisiloksano tvarsčius naudojusi grupė lyginta su:

- pacientais, gydomais tvarsčiais be polisiloksano sluoksnio;
- pacientais, gydomais kitais polisiloksano produktais;
- pacientais, gydomais lazerine terapija;
- pacientais, gydomais triamcinolono acetonido injekcijomis;
- pacientais, gydomais svogūno ekstrakto preparatais;
- pacientais, gydomais taikant kompresinę terapiją;
- negydomais pacientais.



4 pav. Silikono lakštų efektas randų gydymui [28]

Randų profilaktikos tyrimuose nustatyta, kad lipnių polisiloksano tvarsčių naudojimas ženkliai sumažino hipertrofinių randų formavimosi galimybę lyginant su grupe, kuriai gydymas netaikytas. Analizuojant randų gydymo rezultatus kontrolinei grupei nustatytas statistiškai reikšmingas rando storio sumažėjimas ir spalvos išblukimas. Tačiau Conchrane studijoje pažymima, kad analizuotų tyrimų rezultatai dėl skirtingos randų vertinimo metodikos gali būti nepatikimi [29]

Efektyviam gydymui užtikrinti siloksano plėvelėms keliami reikalavimai nustatyti ISO 10993 standarte (Biologinis medicinos priemonių įvertinimas). Randų gydymui naudojamas siloksanas turi būti ypač minkštas, kad būtų užtikrintas siloksano ir pažeisto odos ploto kontaktas. Kadangi gydymas siloksano tvarsčiais yra ilgas, siekiama, kad polimerinė matrica būtų atspari nuolatinei deformacijai. Todėl siloksano stabilumas gali būti apibūdinamas stiprio tempiant ir ištiesus vertėmis [30].

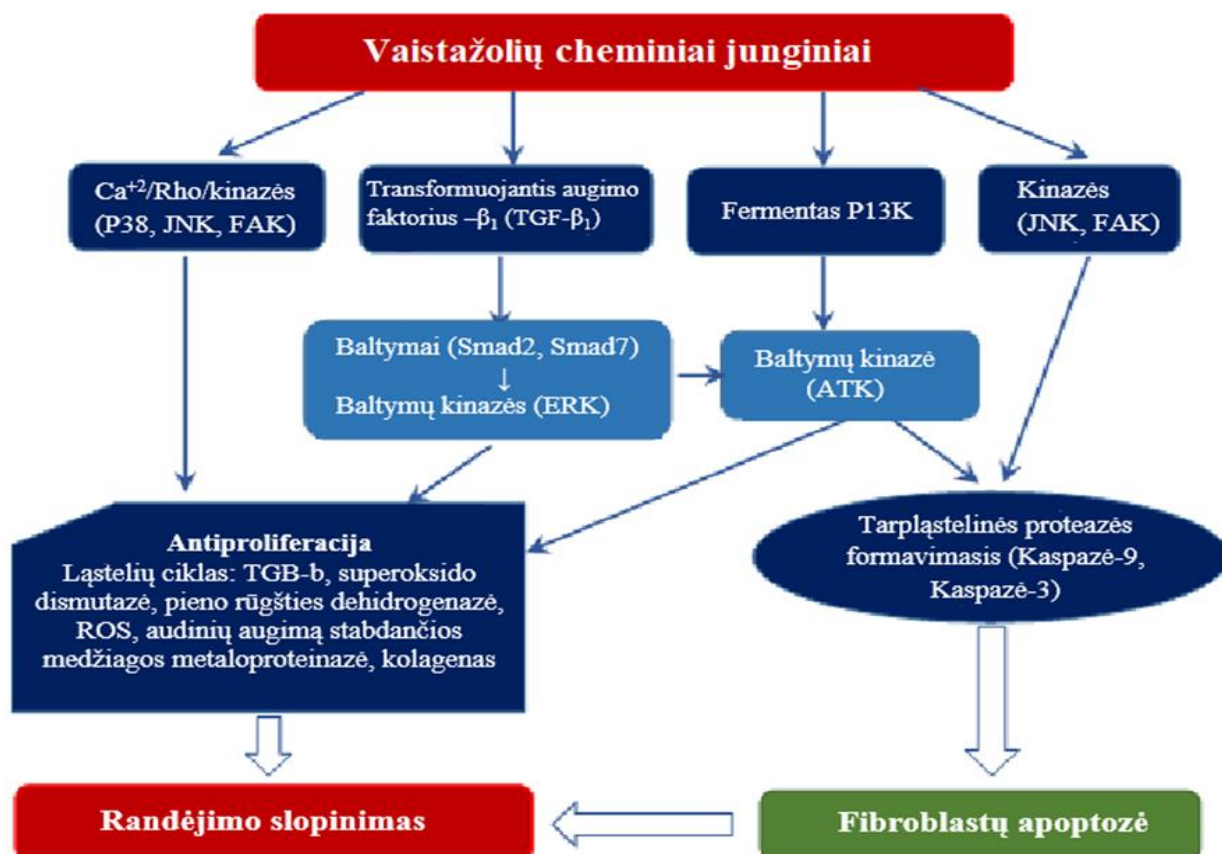
Pažymima, kad polisiloksano tvarsčių naudojimas retais atvejais gali sukelti odos dirglumą. Šie tvarsčiai nėra patogūs dėvėti lanksčiųjų sąnarių vietose, be to, yra pakankamai brangūs. Nepaisant to, siloksano tvarsčius rekomenduojama naudoti kaip pirminę terapiją hipertrofinių randų profilaktikai ir gydymui.

1.3. Natūralioji terapija vaistinių augalų produktais

Vis plačiau hipertrofiniams randams gydyti naudojama natūralioji terapija augaliniais produktais [31]. Daugelis natūralių vaistinių augalų rūšių pasižymi dideliu efektyvumu dėl resveratrolio, kvercetino, epigalokatechino galato, oleanolio rūgšties, genisteino, vitamino A ir E, bioflavonoidų ir kitų stimuliuojančių odos gijimo procesus ir beveik neturinčių šalutinio poveikio žmogaus odai ir sveikatai veikliųjų medžiagų buvimo. Be to, daugelis augalinių preparatų pasižymi antiseptinėmis, antibakterinėmis, priešgrybelinėmis ir antivirusinėmis savybėmis. Hipertrofiniams ir keloidiniams randams gydyti naudojami svogūnų, žalios arbatos, erškėtuogių, šlamučio ir kitų vaistinių augalų eterinių aliejų turintys kremai ir geliai. Natūraliosios terapijos preparatų veikimo mechanizmas nėra pilnai iširtas, tačiau manoma, kad juose esantys aktyvūs junginiai slopina randų fibroblastų

proliferaciją, kolageno sintezę ir keletą pagrindinių baltymų, kurie yra stiprūs mitogenai ir apoptozės inhibitoriai, stimuliuojantys fibroblastų proliferaciją ir stiprinantys kolageno sintezę, aktyvaciją [3].

Vaistiniai augalai dėl savo cheminės sandaros dažnai naudojami gydymui. Randų gydymo tikslais ištirta nemažai augalų [3, 32]. Vaistažolės dėl jų sudėtyje esančių aktyvių medžiagų pasižymi antihipertrofiniu aktyvumu, pasireiškiančiu fibroblastų proliferacijos slopinimu, apoptozės propagavimu, mitozės slopinimu, randinio audinio mažėjimu. Manoma, kad augalų ekstraktuose esančios medžiagos veikia randus pagal 5 pav. pavaizduotą schemą [3]. Šie augalai lengvai aptinkami gamtoje ir beveik neturi šalutinio poveikio.



5 pav. Vaistažolėse esančių cheminių medžiagų įtaka randėjimo procesams [3]

Hipertrofiniams randams gydyti dažnai naudojamas raudonųjų svogūnų ekstraktas, arbatmedžio, erškėtuogių, šlamučių ir kitų vaistažolių aliejus. Erškėtuogių sėklų ekstrakto aptinkamas didelis kiekis nesočiųjų riebalų rūgščių, vitamino E ir provitamino A, karotinoidų. Šie natūralūs antioksidantai pasižymi odos gijimą ir regeneraciją skatinančiomis savybėmis. Šlamučio ekstrakto galima aptikti daugiau nei 30 komponentų, tarp jų – acetofenoną, flavonoidus, floroglucinolio darinius. Vaistinių augalų ekstraktai pasižymi antimikrobinu, priešuždegiminiu poveikiu, turi antiseptinių savybių [33]. Pagrindiniai komponentai, nuo kurių priklauso antihipertrofinis augalų aktyvumas, pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. Medicininių augalų antihipertrofinis aktyvumas, priklausantis nuo juose esančių komponentų [34]

Fitocheminis junginys	Augalas	Efektas
10-hidroksikamptotecinas	Smailialapė lenktė	Randinio audinio ploto ir fibroblastų skaičiaus mažėjimas, fibroblastų slopinimas.
Kvercetas (flavonoidas)	Kaparis, raudonieji svogūnai, ridikėliai, mėlynės, šermukšniai, varnauogės ir t.t.	Fibroblastų slopinimas
Emodinas (derva)	Rabarbarai, šaltalankiai, fungi grybai ir t.t.	Hipertrofinių randų fibroblastų antiproliferacija
Resveratolis (stilbenoidas)	Vynuogės, mėlynės, avietės, šilkmedžio vaisiai ir t.t.	Hipertrofinių randų fibroblastų antiproliferacija, hipertrofinio rando indekso mažėjimas
Kurkuminas	Zingiberaceae (imbieras)	Hipertrofinių randų fibroblastų antiproliferacija
Arteanuinas	Astrinių šeimos augalai	Hipertrofinių randų fibroblastų antiproliferacija, mastocitų antiproliferacija
Oleanolio rūgštis (triterpenoidas)	Alyvuogių aliejus, amerikinė fitolaka, gvazdikmedis, česnakai	Hipertrofinių randų slopinimas, apoptozės indukcija, rando pakilimo indekso mažinėjimas
Hirudinas (peptidas)	Medicininės dëlės	Apoptozės skatinimas

Atlikus literatūros analizę nustatyta, kad dažniausiai randams gydyti naudojamas svogūnų (*Allium cepa*) ekstraktas. Šiame ekstrakte yra keletas unikalių bioflavonoidų – kvercetino, kaempferolio ir cecalino, kurie ekstraktui suteikia priešuždegimines, antibakterines ir antihistaminines savybes [34-38]. Europoje atlikti tyrimai rodo, kad kvercetas daro stiprų biologinį poveikį randų gijimui, nes slopina fibroblastų – ląstelių, gaminančių kolageną, augimą. Be to, svogūnų ekstrakto gelis sumažina niežulį, skausmą ir paraudimą, rando plotį [39-42]. Svogūnų ekstrakto naudojimas pradiniam randėjimo etape ženkliai sumažina rando susidarymo tikimybę, taip pat buvo pastebėtas žymiai greitesnis rando stabilizavimosi laikotarpis [43]. Tačiau po sternotomijos naudoto svogūnų ekstrakto efektyvumas buvo mažas [44]. Taip pat literatūroje galima rasti studijų, kuriose nustatyta, kad svogūnų ekstraktas sumažina rando aukštį bei niežėjimą, tačiau reikšmingo efekto eritemai bei audinio elastingumui nebuvo gauta [36]. Senų hipertrofinių randų gydymas svogūnų ekstraktu nėra efektyvus [45]. Tačiau visose analizuotose publikacijose pažymima, kad gydymui naudojant svogūnų ekstraktą neigiami šalutiniai poveikiai pasireiškė ypač retai [39].

Augalų ekstraktų efektyvumas hipertrofinių randų gydymui įvairiose studijose vertinamas labai nevienodai. Toks vertinimas gali būti susijęs su skirtingomis randų vertinimo metodikomis. Tačiau beveik visada pabrėžiama, kad augalų ekstraktai labai efektyvūs randų prevencijoje.

1.4. Kompleksinė randų gydymo terapija

Kiekvienos iš aprašytų terapijų efektyvumas priklauso nuo rando prigimties, dydžio bei savalaikio gydymo. Įvairiose studijose pateiktų neinvazinių gydymo būdų rezultatai gana dviprasmiški: iš vienos pusės neabejojama gydymo sėkme, iš kitos pusės – dažnai teigiamų pokyčių nestebėta [46, 47]. Tačiau daugelyje publikacijų teigiama, kad kelių terapijų taikymas vienu metu gali būti efektyvesnis.

Atlikus tyrimus nustatyta, kad kombinuota purškiamo silikono ir kompresijos terapija po 18 mėnesių visiškai išlygino randą, ženkliai sumažėjo rando eritema. Tačiau patys tyrėjai negalėjo atmesti

prielaidos, kad šis gydymo efektas nėra vien kompresinės terapijos pasekmė. Tyrėjai taip pat įvertino, kad gydymo efektyvumui įtakos galėjo turėti žaizdos gijimo procesas, rando bei paciento amžius [48].

Sinergetinis gydymo efektas taip pat stebėtas randus gydant silikono su augalų ekstraktų geliais [37, 49-51]. Silikono geliai drėkina odą, tuo tarpu augalų ekstraktuose esančios aktyvios medžiagos teigiamai veikia tarpląstelinės matricos rekonstrukcinį mechanizmą. Daugelyje tyrimų nustatyta, kad augalų rūšis reikšmingos įtakos gydymo efektyvumui neturėjo [52-54], tuo tarpu keletas autorių *Allium cepa* ekstraktą išskyrė kaip ypač efektyvų [55, 56].

1.5. Apibendrinimas

Kompresinės terapijos efektyvumas akivaizdus, tačiau šiam gydymui naudojamos priemonės nepatogios bei sunkiai standartizuojamos. Labiausiai priimtinas senų ir naujų randų gydymo būdas – gydymas silikono plėvelėmis [28]. Tačiau silikono preparatai ne visada tinkami dermatologinių problemų turintiems pacientams, kadangi uždengtuose odos plotuose gali atsirasti bėrimų ar kitų pažeidimų. Vaistažoliniai ekstraktai palengvina randų simptomatiką, tačiau šis gydymo būdas dar nėra pakankamai ištirtas.

Šių terapijų efektyvumo vertinimas komplikuoatas dėl skirtingų randų vertinimo metodikų, o taip pat ir dėl kitų randų gydymo priemonių naudojimo. Neatmestina prielaida, kad kai kurių gydymo būdų efektyvumas iš dalies sąlygotas natūralios hipertrofinio rando regresijos [57]. Todėl teigiama, kad nėra vieno optimalaus metodo, padedančio išvengti hipertrofinių randų ar juos sumažinti.

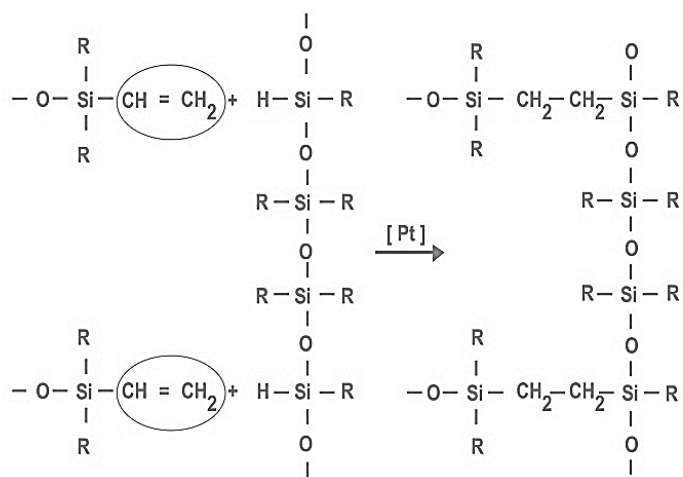
Kombinuoto silikono priemonių ir vaistinių augalų ekstraktų pritaikymo hipertrofinių randų gydymui mokslininkai beveik netyrė, bet galima manyti, kad toks gydymas galėtų sumažinti skausmą, niežulį, uždegiminę rando hiperpigmentaciją. Šiuo metu rinkoje esančios augalų ekstraktų ir silikono kompozicijos pateikiamos gelio pavidalu, tačiau įrodyta, kad silikono lakštai efektyvesni nei gelis ar tepalas [55]. Kita vertus, augalinio ekstrakto įmaišymas į silikono kompoziciją dėl sudėtingos organinės augalų ekstraktų cheminės sudėties gali riboti arba visiškai blokuoti polidimetilsiloksano tinklinimo reakciją. Tačiau augalų ekstraktus galima bandyti įvesti į silikono kompoziciją naudojant naujus metodus, pvz. mikrokapsuliavimą.

Kuriant kompleksinę kompresinę priemonę su silikono-augalų ekstrakto kompozito sluoksniu būtina įvertinti ir tai, kad silikonams būdinga maža adhezinė sąveika prie įvairios prigimties paviršių. Todėl, norint sukurti kompleksinę gydymo priemonę, kyla problema priklijuoti silikoną prie kompresinio audinio. Tačiau suklijavimo galimybės priklauso ne tik nuo paviršiaus prigimties, bet ir nuo paviršiaus šiurkštumo, todėl galima daryti prielaidą, kad parinkus tinkamas priemones (pvz., silikoninius klijus) gali būti gauta reikiamo stiprumo sanklija.

2. Eksperimentinė dalis

2.1. Naudotos medžiagos

Tyrimams naudoti iš UAB „Plėtra“ gauti biosuderinami dvikomponenčiai polidimetilsiloksanai (PDMS) – elastomerai Silpuran® 2400 A/B ir Silpuran® 2400/25 (Wacker Chemie AG, Vokietija), tinkami naudoti protezavimui. Tai kambario temperatūroje besivulkanizuojantys silikoniniai kaučiukai, chemiškai sukietinami sumaišant A komponentą – ilgagrاندį prepolimerą su galinėmis vinilo grupėmis (CH₂=CH–), turintį platinos darinio katalizatorių, su B komponentu – trumpagrاندžiu kietikliu – oligomeru su Si–H grupėmis, santykiu A:B=1:1. Cheminio kietinimo metu susidarant PDMS elastomerui, platinos darinio katalizatorius katalizuoja Si–H jungties sąveiką su vinilo grupėmis, susidarant Si–CH₂–CH₂–Si ryšiams (6 pav.). Reakcijos vietos tiek prepolimere, tiek kietiklio grandinėse suaktyvina tinklinimą, kurį galima paspartinti kaitinant. Naudotų PDMS elastomerų savybės pateiktos 2 lentelėje.



6 pav. Platinos kompleksu inicijuotas PDMS sutinklinimo mechanizmas

2 lentelė. PDMS savybės

PDMS	Tankis (g/m ³)	Kietumas (Šoro A vnt.)	Kietumas (Šoro 00 vnt.)	Stipris tempiant (N/mm ²)	Ištįsa trūkimo metu (%)	Atsparumas plyšimui (N/mm)	Spalva
2400	1,0	7	55	2,0	600	3	Skaidrus
2400/25	1,05	<0	25	1,3	700	3	Skaidrus

PDMS sluoksnio priklijavimui prie tekstilinių medžiagų naudoti medicininėms reikmėms skirti biosuderinami silikoniniai klijai Silpuran® 4200 RTV-1 (Wacker Chemie AG, Vokietija) PDMS klijų savybės pateiktos 3 lentelėje.

3 lentelė. PDMS klijų Silpuran 4200 RTV-1 savybės

Klijai	Tankis (g/m ³)	Kietumas (Šoro A vnt.)	Stipris tempiant (N/mm ²)	Ištįsa trūkimo metu (%)	Atsparumas plyšimui (N/mm)	Spalva
Silpuran® 4200 RTV-1	1,10	35	5,50	300	10	Skaidrus

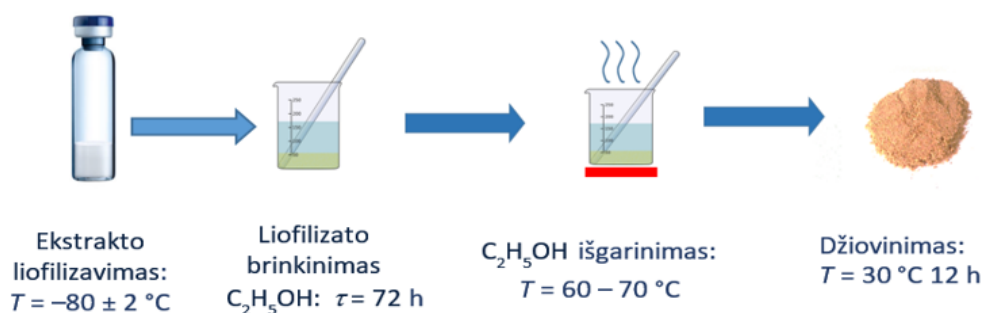
PDMS modifikavimui naudotas raudonųjų svogūnų (*Allium cepa*) ekstraktas, gautas Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro sodininkystės ir daržininkystės institute. Buvo pagaminti raudonųjų svogūnų milteliai, gauti jo ekstraktą džiovinant žemoje -80 ± 2 °C temperatūroje liofilizatoriuje „ilShin“ (Olandija).

Aliejinis raudonųjų svogūnų ekstraktas (Niradhi Herbal, Indija, $C = 100\%$) buvo mikrokapsuliuojamas polimeriniame apvalkale. Apvalkalui gauti naudotas polistirenas (PS) (Sigma Aldrich, $M_w = 35000$). Papildomai mikrokapsuliuojimo technologiniame procese emulsijos stabilizavimui naudotas polivinilo alkoholis (PVA) (Sigma Aldrich, $M_w = 50000$), nejoninė paviršių aktyvinanti medžiaga – polietilenglikolio nonilfenilo eteris Tergitol N-9 (Dow Chemical). Tirpikliais pasirinkti chemiškai švarūs metileno chloridas ir etilacetatas.

Adhezijos tyrimams naudoti 4 skirtingos tekstilinės medžiagos: drobinio pynimo medvilninis audinys, kombinuoto pynimo poliesterinis mezginys, kombinuoto pynimo poliesterinis mezginys bei lastikinio-ataudinio pynimo poliamidinis (PA) mezginys.

2.2. Kompozitų gavimo metodikos

PDMS kompozitai su *Allium cepa* užpildu. Pradžioje *Allium cepa* liofilizatas 72 h buvo išbrinkintas 80 % etilo alkoholyje, tuomet kaitintas 60-70 °C temperatūroje iki pilno etilo alkoholio išgarinimo. Gauti milteliai džiovinti 12 h 30 °C temperatūroje. Užpildo paruošimo technologinė schema pateikta 7 pav.



7 pav. *Allium cepa* ekstrakto paruošimas

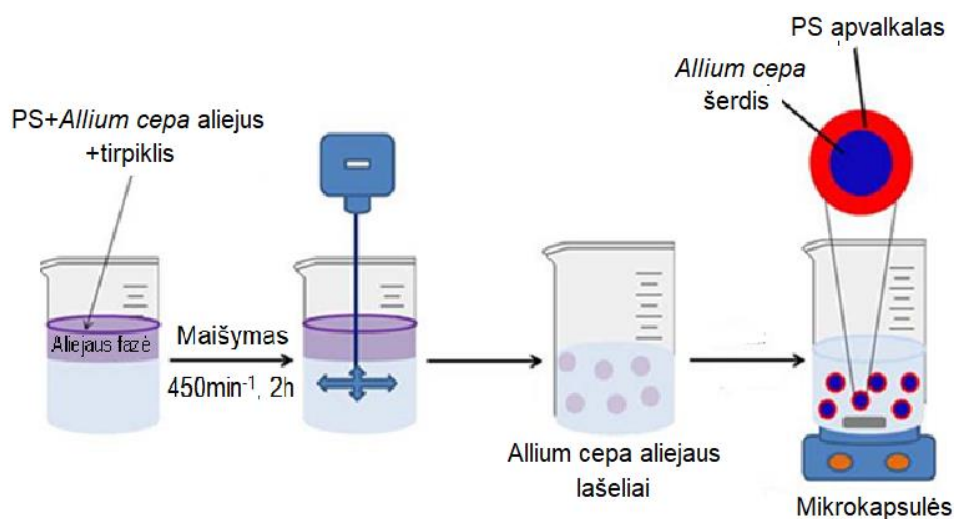
PDMS kompozitas gautas į A komponentą įmaišius 3 % liofilizuotų raudonojo svogūno dalelių ir disperguojant 20 kHz dažniu ultragarsine maišykle UP400S (Hielscher Ultrasound Technology, Vokietija). Papildomai mechaninių savybių pagerinimui į gautą kompoziciją buvo įterpta 1% SiO₂ nanodalelių ($d \leq 7$ nm), maišant 15 min mechanine maišykle (Eurostar, Ika Werke, JAV) 600 min⁻¹ greičiu.

PDMS bandiniai gauti sumaišius A ir B komponentus santykiu A:B=1:1,2, kompoziciją 30 min vakuumuojant 85 kPa slėgyje (oro burbuliukams pašalinti) ir chemiškai sukietinant 10 min 100 °C temperatūroje.

PDMS kompozitai su mikrokapsulių užpildu. Mikrokapsulės formuotos koacervacijos (fazių atskyrimo) metodu, keičiant polimero ir aliejaus santykį kelias būdais:

- I metodas. Polistireno granulės ištirpintos metileno chloride ($C = 5$ %) ir gautame tirpale mechanine maišykle (Eurostar, Ika Werke, JAV) disperguotas *Allium cepa* ekstraktas. Gauta emulsija supilta į 2 % PVA vandeninį tirpalą, įlašinta 3 ml Tergitol N-9 ir kaitinta 40 °C

temperatūroje, pastoviai maišant 450 min^{-1} greičiu iki tirpiklio išgaravimo (8 pav.). Susidareę mikro kapsulės buvo nufiltruotos ir džiovintos kambario temperatūroje 24 h.

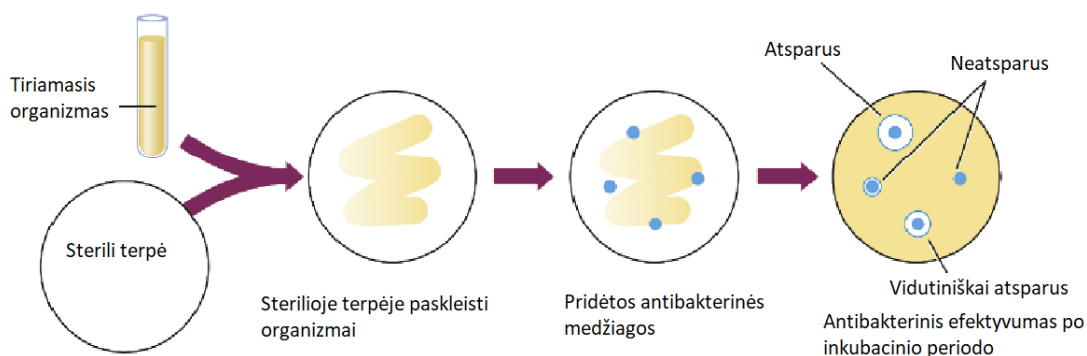


8 pav. Mikro kapsulių su polistireno apvalkalu ir raudonųjų svogūnų (*Allium cepa*) aliejaus šerdimii gavimo schema

- **II metodas.** Gautas PS tirpalas etilacetate ($C = 5 \%$), kuriame ultragarsine maišykle UP400S (Hielscher Ultrasound Technology, Vokietija) disperguotas aliejinis svogūnų ekstraktas. Gauta emulsija stabilizuota 0,5 % PVA tirpalu pastoviai maišant magnetine maišykle 400 min^{-1} greičiu 30 min. Tuomet į emulsiją pastoviai maišant papildomai įpilta 400 ml distiliuoto vandens. Susiformavę mikro kapsulės nufiltruotos ir džiovintos kambario temperatūroje 24 h.

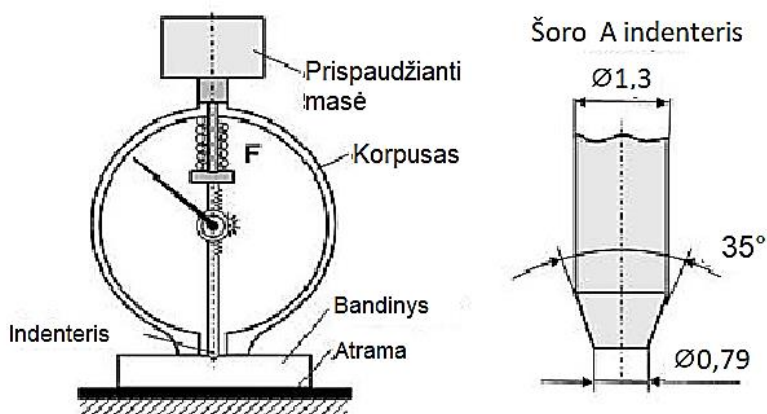
2.3. Savybių nustatymo metodikos

Antibakterinis aktyvumas vertintas diskų difuzijos metodu (Kirby-Bauer bandymas), sėjant bakterijas į specialią Mueller Hinton Agar terpę. Inkubacijos metu antibakterinė medžiaga pradeda difunduoti ir slopinti bakterijų dauginimąsi. Po inkubacijos (18-24 h, 35-37 °C temperatūroje) išmatuojamas kiekvienos medžiagos slopinimo zonos skersmuo. Antibakterinis poveikis įvertintas pagal slopinimo zonų, susidariusių aplink diskelius, skersmens dydį (9 pav.). Tyrimams naudoti Gram-neigiamos (*Escherichia coli* ATCC 25922) ir Gram-teigiamos (*Staphylococcus aureus* ATCC 49775 ir meticilinui atsparus *Staphylococcus aureus* (MRSA)) bakterijų padermės.



9 pav. Kirby-Bauer testo schema [58]

PDMS kietumas nustatytas pagal ISO 7619-1 Šoro A duometru HPSA (Electromatic Equipment Co, Inc., JAV) (10 pav.)



10 pav. Matavimas Šoro A duometru pagal ISO 7619-1 [59]

PDMS vilgymo kampo θ matavimai atlikti goniometru PG2 (JAV) $20\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ temperatūroje nejudraus lašo metodu pagal ISO 15989 standarto reikalavimus. Ant tiriamo paviršiaus buvo užlašinamas kontroliuojamo tūrio ($5\text{ }\mu\text{l}$) distiliuoto vandens lašas. Praėjus 5 s lašas buvo nufotografuojamas skaitmenine kamera, kuri sujungta su kompiuteriu. Vidutinei vertei gauti buvo atliekama po 5 matavimus skirtingose bandinio vietose.

Kompozitų mechaninės savybės buvo nustatytos vienašio tempimo metodu universalia bandymų mašina H25KT (Tinius Olsen, Anglija), naudojant 50 N jėgos jutiklį (ISO 37). Mechaniniams tyrimams iš PDMS kompozicijos buvo išlieti dvigubo kastuvėlio formos bandiniai, kurių darbinės zonos matmenys $25\text{ mm} \times 3,5\text{ mm} \times (2,9 \pm 0,8)\text{ mm}$. Tyrimai buvo atliekami kambario temperatūroje, esant 50 mm/min viršutinio veržtuvo judėjimo greičiui.

Adhezija prie elastinio tekstilinio mezginio paviršiaus vertinta pagal ISO 11339 standarto reikalavimus universalia bandymų mašina H25KT (Tinius Olsen, Anglija). Naudoti skirtingų skirtingų tekstūrų tekstiliniai mezginiai. Bandinio plotis – 14 mm, išsluoksniavimo greitis – 100 mm/min.

Mikrokapsulių dydis ir morfologija tirti optiniu mikroskopu Nikon Eclipse E200 (Japonija) su skaitmenine kamera Infinity 1 (Kanada) ir šviesos šaltiniu Schott KL 1500 LCD (Kanada).

3. Rezultatai ir diskusija

Siekiant sukurti efektyvius siloksano ir *Allium cepa* ekstrakto kompozitus, būtina parinkti randams gydyti tinkamą siloksaną, nustatyti tinkamiausią siloksano ir augalų ekstrakto kompozito gavimo metodą, iširti jų struktūrą ir savybes.

3.1. *Allium cepa* antibakterinės savybės

Raudonojo svogūno ekstraktai dėl jų sudėtyje esančių polifenolių, bioflavonoidų ir kitų aktyvių medžiagų pasižymi intensyviu baktericidiniu poveikiu įvairių bakterijų padermių atžvilgiu (11 ir 12 pav.). Nors iki 2 h inkubacijos preparatai nedaro jokio poveikio bakterijų gausumui, tačiau toliau didinant trukmę tiek gram-neigiamų (*E. coli*), tiek gram-teigiamų (*Staphylococcus aureus* (MSSA), meticilinui atsparių *Staphylococcus aureus* (MRSA)) bakterijų kolonijas formuojančių vienetų (KFV) skaičius pradeda mažėti, kol bakterijų gyvybiškumas visiškai nuslopinamas. *Allium cepa* liofilizatas yra mažiau efektyvus antibiotikams atsparių MRSA bakterijų atžvilgiu nei eterinis aliejus, nes ir po 24 h inkubacijos išlieka nedidelis jų kolonijų skaičius (400×10^8 KFV/ml) (11 pav.).

Atlikti tyrimai parodė, kad raudonojo svogūno ekstraktas gali būti naudojamas PDMS modifikuoti, norint padidinti jo efektyvumą randams gydyti.

3.2. PDMS ir liofilizuoto *Allium cepa* ekstrakto kompozito savybės

Preliminarūs PDMS struktūriniai tyrimai parodė, kad net ir nedidelis svogūno dalelių kiekis sulėtina PDMS cheminės susiuvimo reakcijos greitį ir sumažina tinklo tankį. Todėl į PDMS ir svogūno ekstrakto kompoziciją papildomai buvo įmaišyta 1 % SiO₂ nanodalelių,

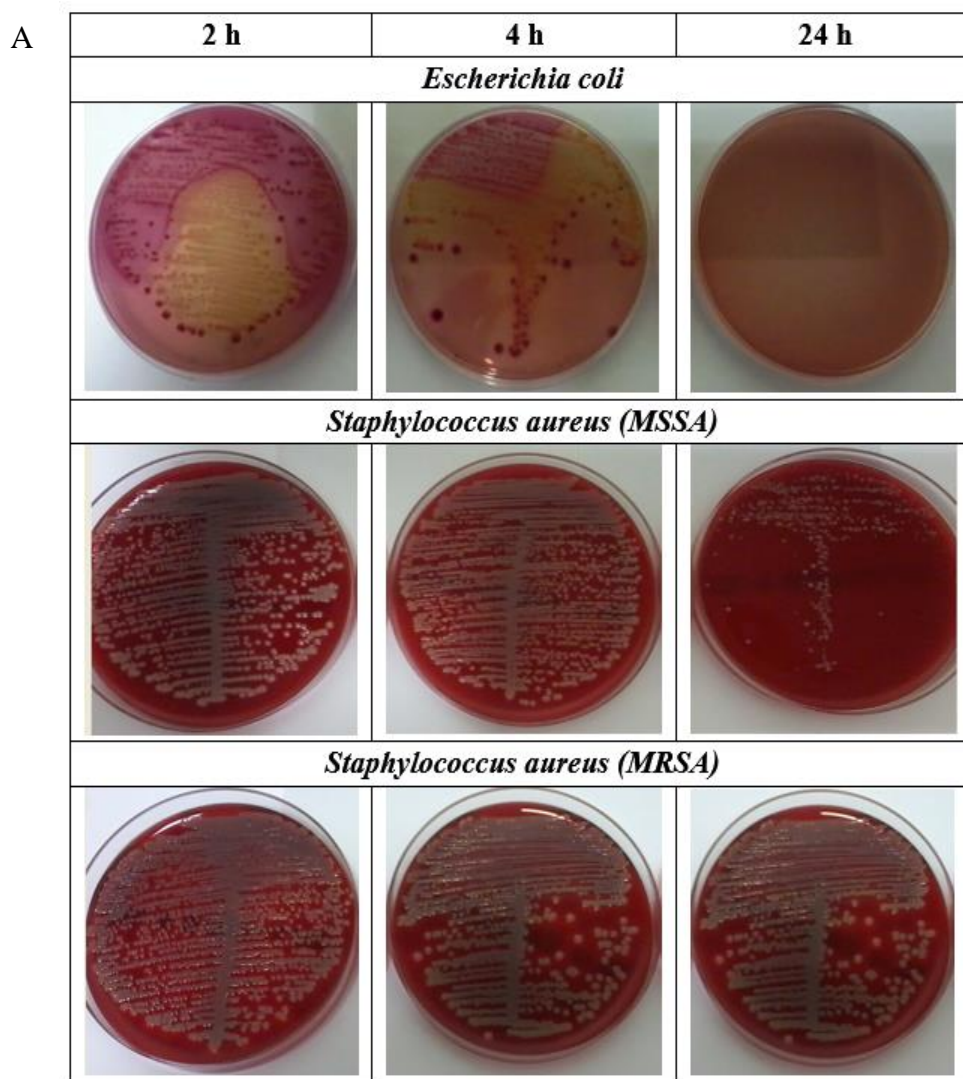
Nustatyta, kad 4 % liofilizuoto *Allium cepa* ekstrakto ir SiO₂ nanodalelių mišinio (3:1) užpildas tik 1-4 % sumažina vilgumo kampo vertes (nuo 103° iki 99°) (4 lentelė). Ekstraktas turi savybę migruoti į PDMS paviršių, todėl po 72 h išlaikymo vilgumo kampo vertės išauga nuo 99° iki 102°. Toliau didinant išlaikymo trukmę iki 144 h PDMS paviršiaus energetinė būseną nebekinta.

SiO₂ nanodalelės dalinai absorbuoja *Allium cepa* ir sumažina jo įtaką PDMS kompozicijos sukietinimui, tačiau padidina PDMS kovalentinių ryšių tankį, o tarp pačių nanodalelių susidarę vandenilinės jungtys [60] padidina medžiagos stiprumą bei pagerina vilgumą.

Efektyviam hipertrofinių randų gydymui reikalingas ypač gerą sąlytį su oda užtikrinantis PDMS, kurio kietumas neturėtų viršyti 50 Šoro A vnt. PDMS kompozitų Šoro A kietumo matavimų rezultatai pateikti 13 pav.

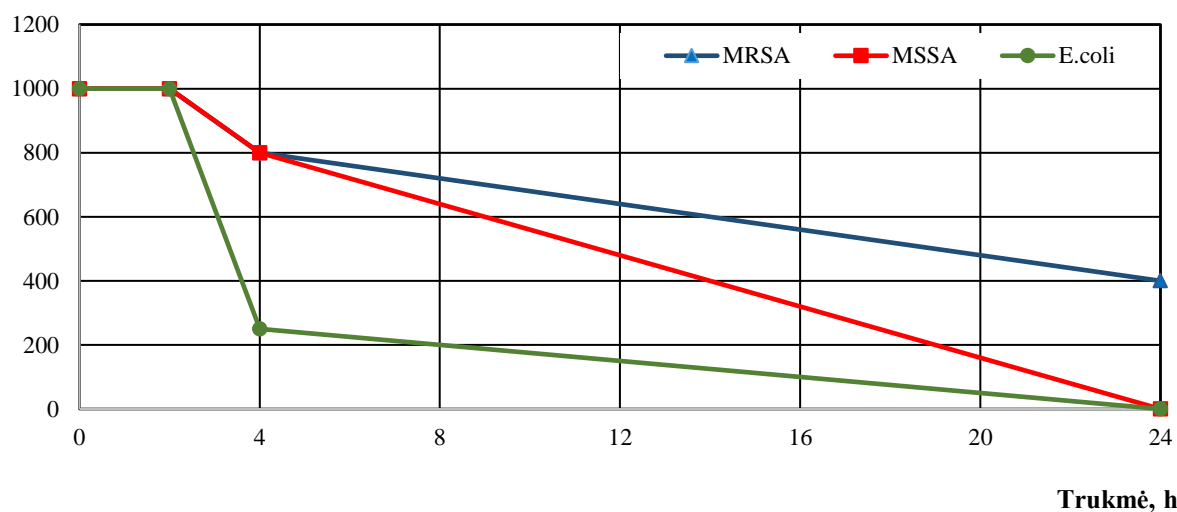
SiO₂ nanodalelių (1%) įmaišymas apie 20 % padidina naudotų PDMS kietumą dėl papildomų kovalentinių ryšių susidarymo. Papildomai į PDMS kompoziciją pridėjus liofilizuoto *Allium cepa* ekstrakto kietumas sumažėjo, tačiau jis išliko 7 – 9 % didesnis už neužpildyto PDMS kietumą.

SiO₂ dalelės taip pat didina PDMS kompozicijos stiprį tempiant – Silpuran 2400 atveju jis padidėjo 12 %, o mažesnio kietumo Silpuran 2400/25 atveju – 26 % (14 pav.). Tačiau pridėjus 4 % *Allium cepa* ir SiO₂ nanokompozito stipris tempiant vėl sumažėja iki pradinių verčių. SiO₂ nanodalelės padidina PDMS standumą, todėl sumažėja ištiesos trūkimo metu vertės (15 pav.). *Allium cepa* ir SiO₂ nanoužpildas beveik neturi įtakos Silpuran 2400 deformacinėms savybėms, tačiau 25 % sumažina Silpuran 2400/25 deformacinį pajėgumą. Galima teigti, kad svogūnų ekstraktas susilpnina tarpmolekulinius ryšius.

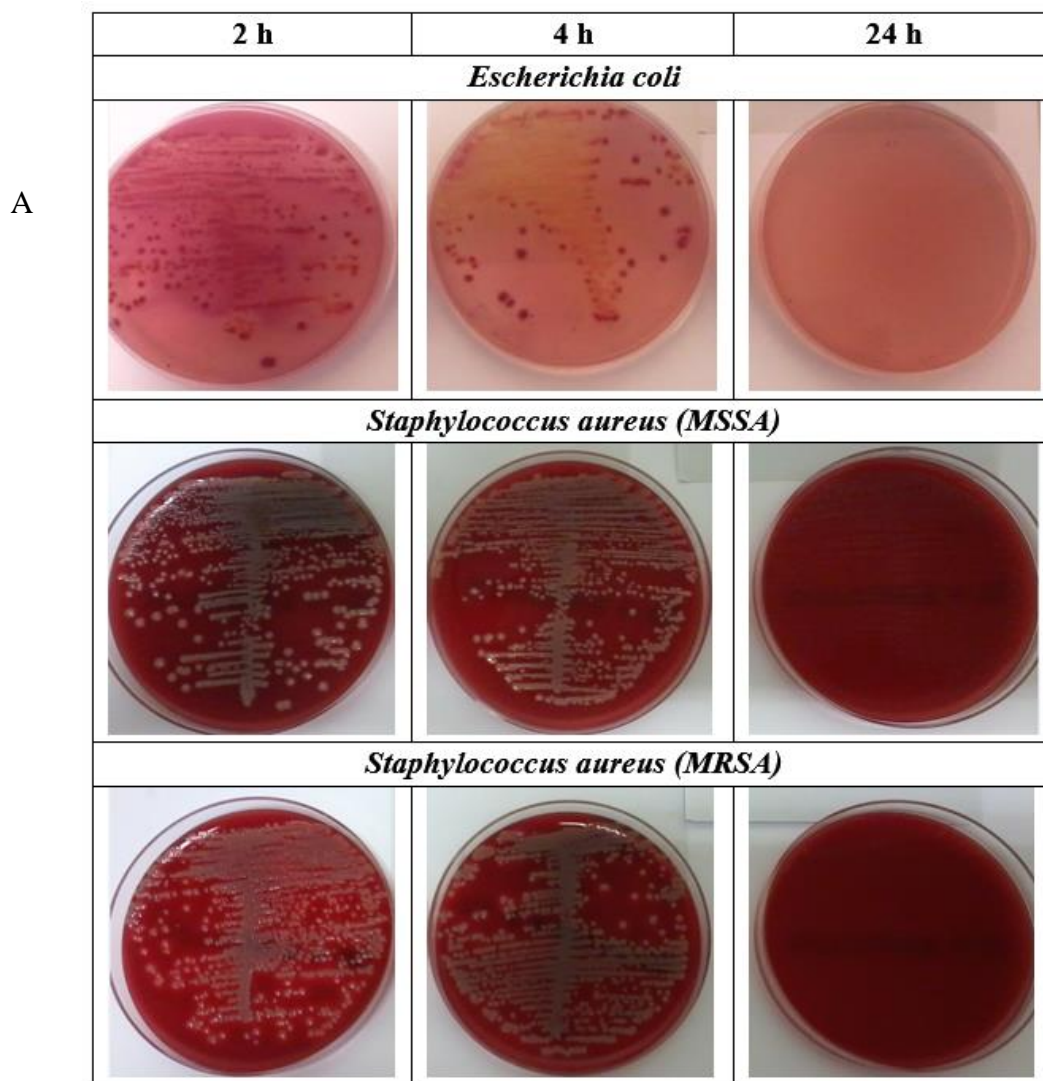


B

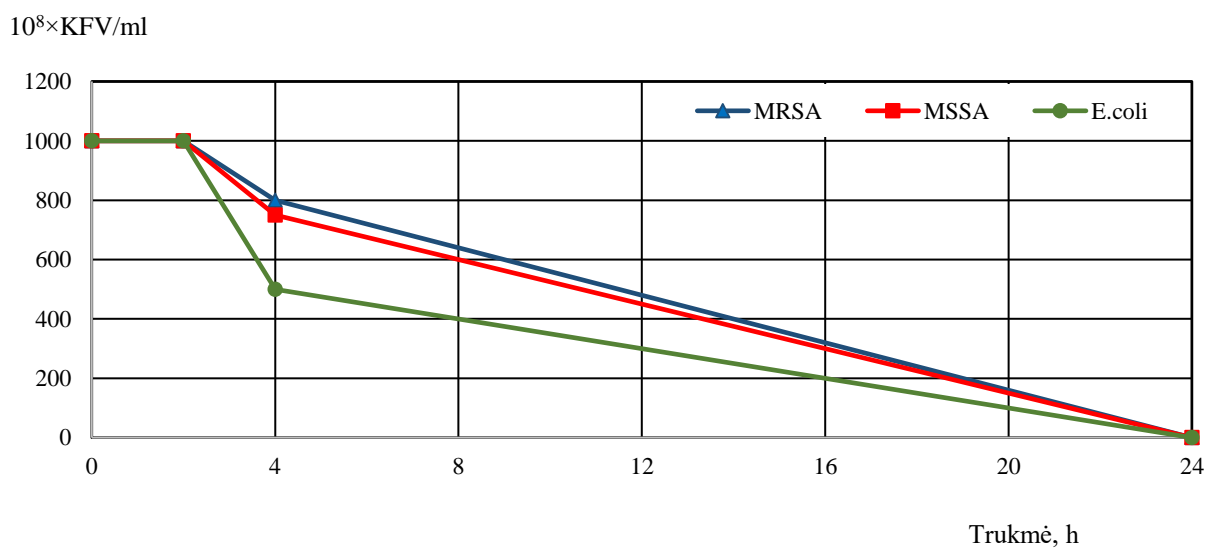
$10^8 \times \text{KFV/ml}$



11 pav. Išlikusios tirtų bakterijų kolonijos agarų plokštelėse (A) ir bakterijų gyvybingumas, įvertintas nustatant kolonijas formuojančius vienetus (KFV) (B) po skirtingo inkubavimo laiko su liofilizuotu *Allium cepa* ekstraktu.

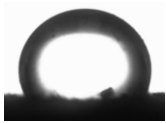
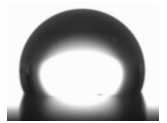

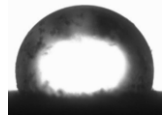



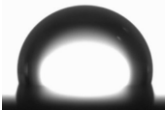


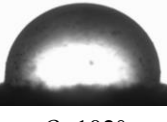
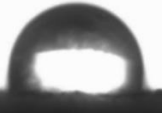


B

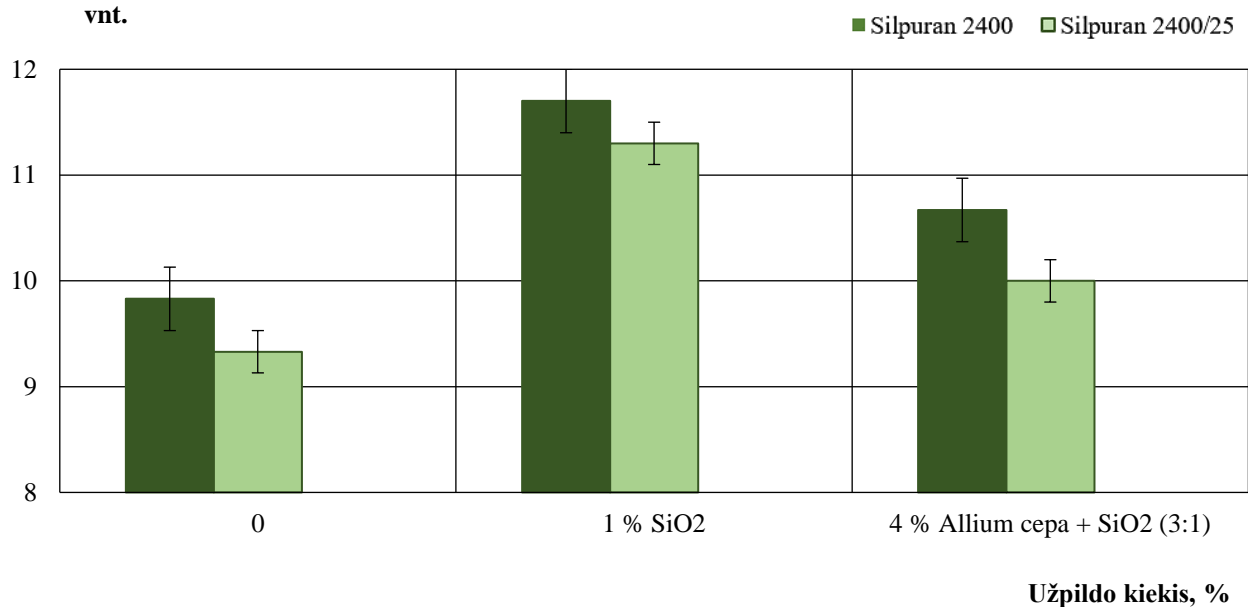


12 pav. Išlikusios tirtų bakterijų kolonijos agarų plokštelėse (A) ir bakterijų gyvybingumas, įvertintas nustatant kolonijas formuojančius vienetus (KfV) (B) po skirtingo inkubavimo laiko su aliejiniu *Allium cepa* ekstraktu.

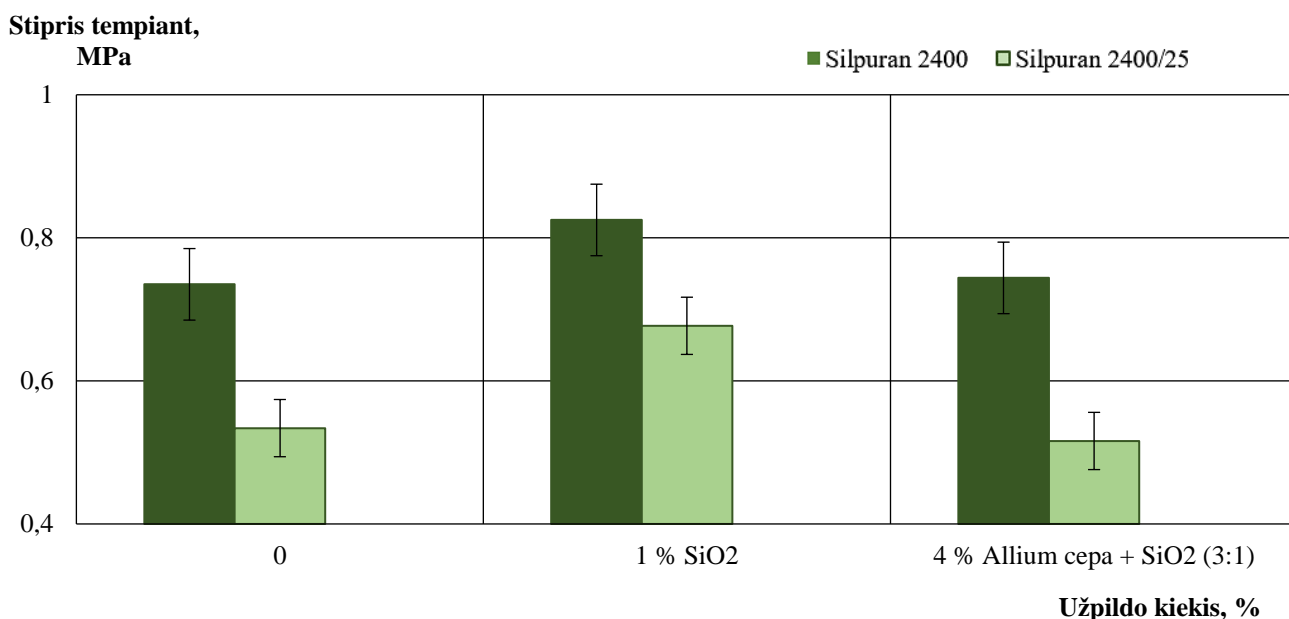
4 lentelė. PDMS ir liofilizuoto *Allium cepa* kompozito vilgymo kampo priklausomybė nuo ekstrakto migracijos

PDMS kompozicija	Vilgymo kampas θ po išlaikymo:		
	0	72 h	144 h
SILPURAN 2400	 $\theta=103^\circ$	 $\theta=103^\circ$	 $\theta=103^\circ$
SILPURAN 2400/25	 $\theta=103^\circ$	 $\theta=103^\circ$	 $\theta=103^\circ$
SILPURAN 2400 + (SiO ₂ /AC)	 $\theta=100^\circ$	 $\theta=102^\circ$	 $\theta=102^\circ$
SILPURAN 2400/25 + (SiO ₂ /AC)	 $\theta=99^\circ$	 $\theta=102^\circ$	 $\theta=102^\circ$

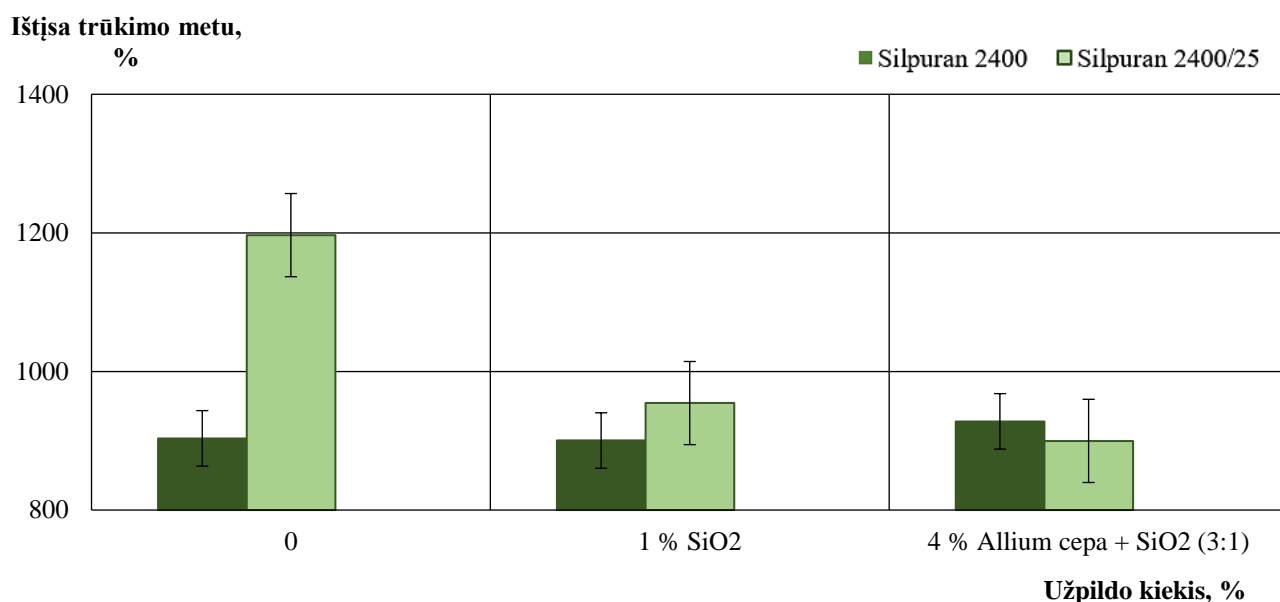
Kietumas, Šoro A vnt.



13 pav. Užpildo kiekio ir tipo įtaka PDMS kietumui



14 pav. Užpildo kiekio ir tipo įtaka PDMS stipriui tempiant



15 pav. Užpildo kiekio ir tipo įtaka PDMS ištįsai trūkimo metu

3.3. Mikrokapsulių gavimas bei jų įtaka PDMS ir mikrokapsulių su *Allium cepa* ekstrakto šerdimi savybės

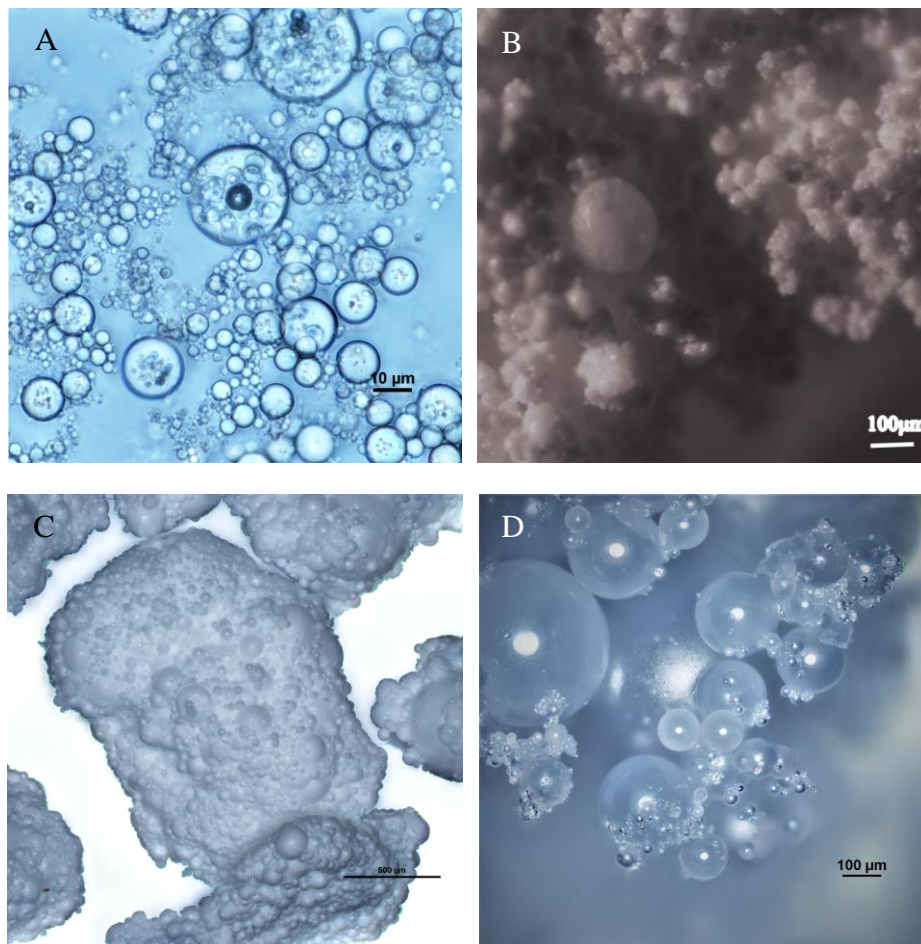
Jei liofilizuoto *Allium cepa* dalelės apsunkina PDMS susidarymo reakciją, tai aliejinio *Allium cepa* ekstrakto įmaišymas visiškai blokuoja polimero susidarymą. Todėl buvo nutarta ekstraktą įkapsuliuoti į nedidelio stiprumo polimerinį apvaskalą, kuris apsaugotų jį nuo sąlyčio su silikonu, bet po mechaninio poveikio (deformacijos) lengvai suirtų ir leistų ekstraktui ištekėti.

Koaservacijos būdu atskirta iš polimerinio tirpalo skysta apvaskalą formuojanti medžiaga padengia suspensijoje esančias šerdį sudarančias daleles vienodo storio danga. 16 pav. pateikta mikrokapsulių

su PS apvalkalu ir *Alium cepa* aliejaus šerdimi struktūros priklausomybė nuo kapsuliavimo metodo ir apvalkalo ir šerdies medžiagų (PS:*Alium cepa*) santykio.

Tyrimo metu nustatyta, kas mikrokapsulių dydis priklauso nuo dispergavimo būdo ir greičio.

I metodu ir PS:*Alium cepa* = 1:3 santykiu gautų mikrokapsulių dydis svyruoja 50-300 μm ribose (16 pav. B). Mikrokapsulių paviršius nelygus, jos linkusios agreguotis. Pakeitus santykį PS:*Alium cepa* = 2:3 polinkis agreguotis dar labiau padidėja, nors mikrokapsulių dydis sumažėja iki 50-150 μm (16 pav. C). Esant tam pačiam santykiui II metodu gautų mikrokapsulių paviršius lygus, jų dydis svyruoja 100-200 μm ribose, jos mažiau linkusios agreguotis (16 pav. D).



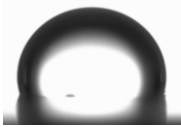



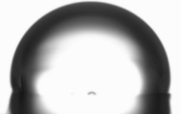

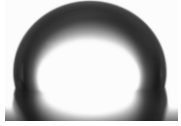

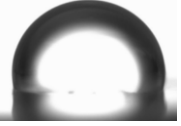
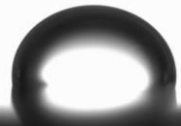


15 pav. Mikrokapsulių su polistireno apvalkalu ir eterinio aliejaus šerdimi morfologijos priklausomybė nuo proceso parametrų: A – disperguoti aliejaus lašeliai prieš apvalkalo formavimąsi; B PS:*Alium cepa* = 1:3, C – PS:*Alium cepa* = 2:3, D – PS:*Alium cepa* = 2:3

Nestabili emulsija ar nepakankamas emulsinės terpės tūris gali turėti įtakos mikrokapsulių agregavimuisi. Norint išvengti mikrokapsulių agregacijos reikia optimizuoti emulsijos maišymo režimus. Taip pat svarbu tinkamai parinkti PS apvalkalo ir šerdies medžiagos – aliejaus santykį. Esant per mažam PS kiekiui apvalkalas bus labai plonas, nelygus arba kapsulės iš viso gali nesusidaryti. Per didelis polimero kiekis sudarys storą ir sunkiai suardomą kapsulės apvalkalą, dėl ko aktyvi medžiaga negalės ištekėti [62].

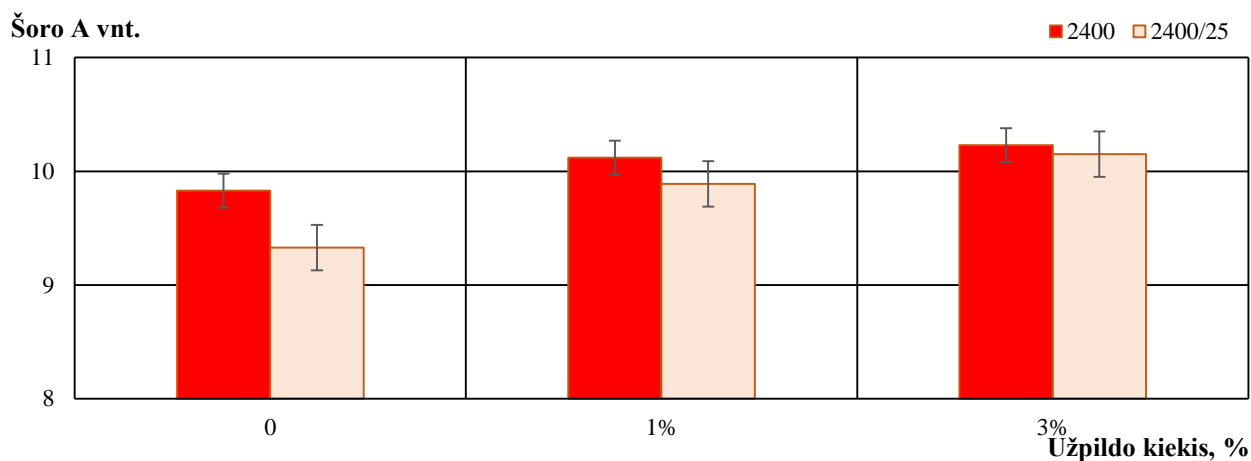
Eksperimento metu II metodu gautos mikrokapsulės įmaišytos į PDMS kompoziciją ($C = 1\%$). Siekiant įvertinti ekstrakto migraciją į kompozito paviršių atlikti PDMS kompozito paviršiaus

vilgumo kampo matavimai (5 lentelė). Po 72 h stebima nedidelė ekstrakto migracija į PDMS paviršių (vilgumo kampo reikšmė padidėja 1°). Po 144 h kompozicijos energetinė būseną nebekinta. Negalima atmesti prielaidos, kad migracija būtų ryškesnė esant didesniam mikrokapsulių kiekiui kompozite.

5 lentelė. PDMS ir PS:*Allium cepa* mikrokapsulių kompozito vilgumo kampo priklausomybė nuo ekstrakto migracijos

PDMS kompozicija	Vilgumo kampas (°) po išlaikymo:		
	0	72 h	144 h
SILPURAN 2400	 $\theta=103^\circ$	 $\theta=103^\circ$	 $\theta=103^\circ$
SILPURAN 2400/25	 $\theta=103^\circ$	 $\theta=103^\circ$	 $\theta=103^\circ$
SILPURAN 2400 + 3 % AC	 $\theta=103^\circ$	 $\theta=104^\circ$	 $\theta=104^\circ$
SILPURAN 2400/25 + 3 % AC	 $\theta=103^\circ$	 $\theta=103^\circ$	 $\theta=104^\circ$

Siekiant įvertinti kompozito tinkamumą hipertrofiniams randams gydyti iširta kietumo priklausomybė nuo PS:*Allium cepa* mikrokapsulių užpildo kiekio (17 pav.). Nustatyta, kad į kompozitą įmaišius 1 % mikrokapsulių PDMS kietumas padidėja 3-6 % nuo 9 iki 10 Šoro A vnt. 3 % mikrokapsulių užpildo padidina kompozito kietumą 9 %. Kompozitų kietumo padidėjimas susijęs su kieto PS naudojimu mikrokapsulių apvalkalui formuoti.



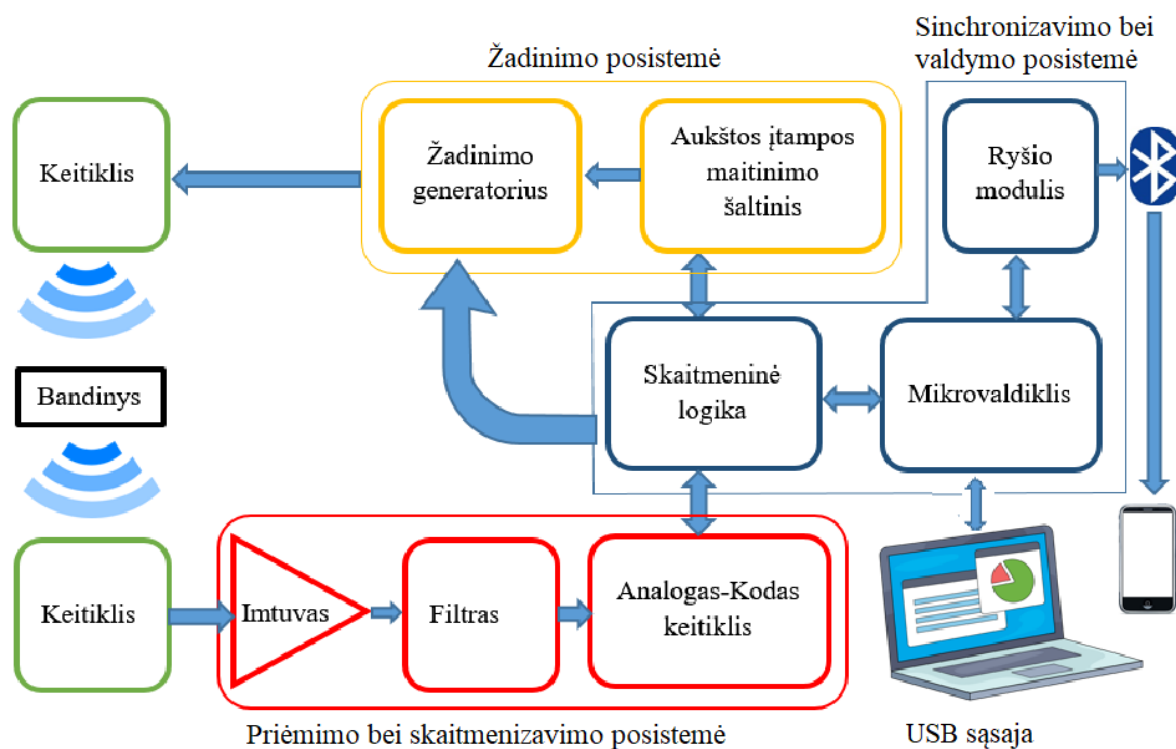
17 pav. Kompozito su mikrokapsulių užpildu kietumo priklausomybė nuo užpildo kiekio

3.4. PDMS kompozito mechaninių savybių vertinimas bekontaktiu matavimo įrankiu AU-TOOL

Mechaninės savybės taip pat vertintos bekontaktiu plonų bandinių mechaninių savybių matavimo įrankiu AU-TOOL.

Šis išmanus bekontaktis plonų bandinių mechaninių savybių matavimo įrankis sukurtas KTU MTEPI fondo finansuojamo jaunųjų tyrėjų mokslo projekto „Išmanus bekontaktis plonų bandinių mechaninių savybių matavimo įrankis“ (projekto įgyvendinimo laikotarpis: 2019-04-01 – 2019-12-31) prioritetingoje mokslo kryptyje „Diagnostinės ir matavimo technologijos“ metu. Projekto dalyviai – Elektros ir elektronikos fakulteto Elektronikos inžinerijos katedra ir Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakulteto Gamybos inžinerijos katedra (A. Andziukevičiūtė-Jankūnienė, V. Jankauskaitė (mentorė)), užsienio partneris – Ispanijos Mokslo tarybos (CSIC) ultragarso ir jutiklių technologijų skyrius (SUS) (projekto vadovas dr. Arturas Aleksandrovas). Šio projekto tikslas buvo suprojektuoti plonų bandinių mechaninėms savybėms vertinti skirtą portatyvią, bekontaktę ultragarsinių signalų surinkimo ir apdorojimo sistemą, pasižyminčią mažomis energetinėmis sąnaudomis bei tinkančią naudoti lauko sąlygomis.

Matavimai projekto metu sukurtu AU-TOOL įrankiu grindžiami rezonansinės ultragarso spektroskopijos principu, naudojant bekontaktį (air-coupled) ultragarsą bei žemesnius nei sklidimo laike (time of flight) darbo dažnius. Tokie signalai persikloja. Dėl šios interferencijos pritaikyta rezonansinė spektroskopija ir spręstas atvirkštinis uždavinys, leidžiantis gauti tikslesnę informaciją apie tiriamą medžiagą. Visi įrankio elektronikos bei apdorojimo parametrai parenkami automatiškai. Ultragarso matavimų sistemos struktūrinė schema pateikta 18 pav.

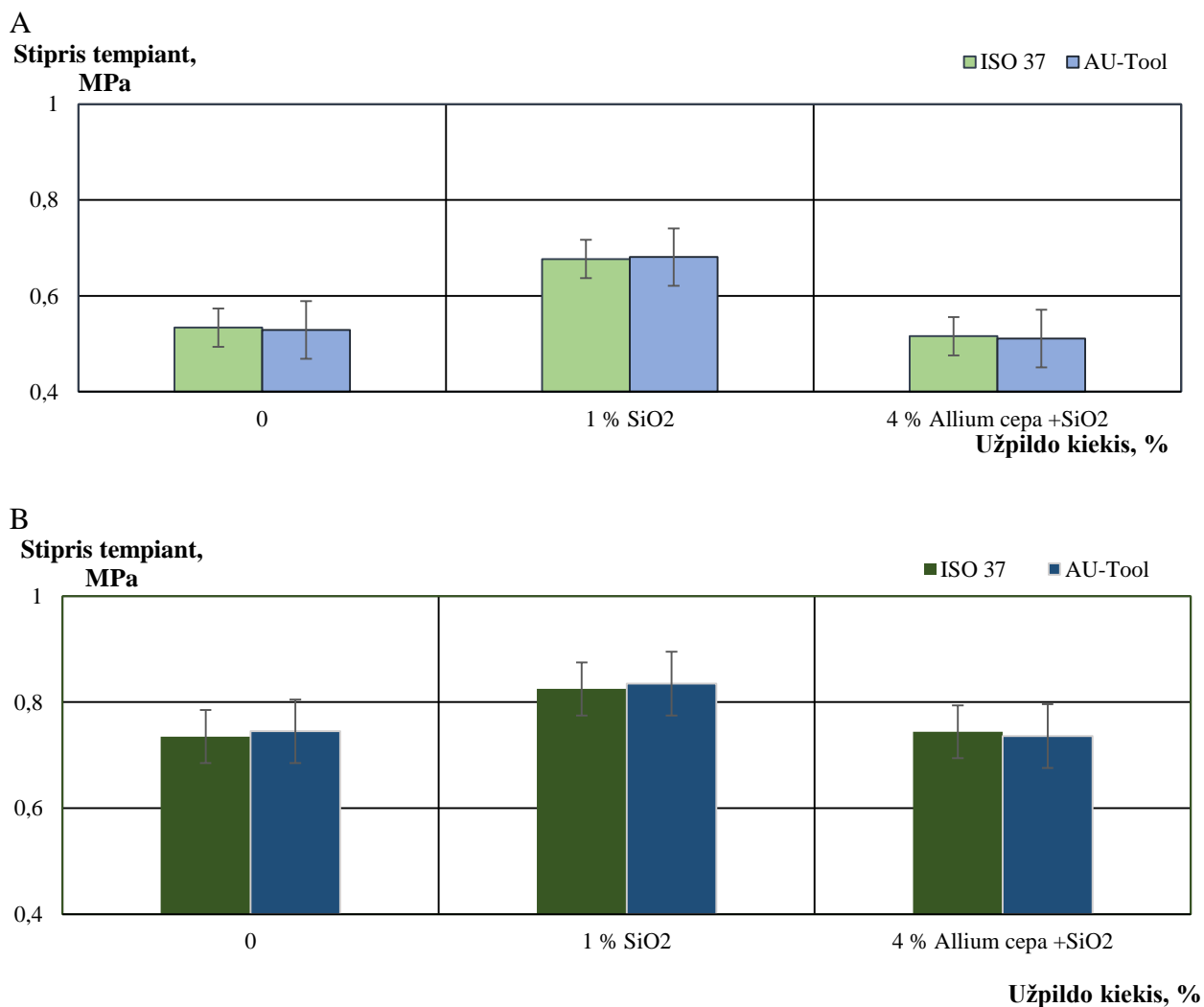


18 pav. AU-TOOL matavimo prietaiso schema

Atliekant plonų bandinių mechaninių savybių matavimus naudojami slopinimo koeficiento bei ultragarsinių bangų greičio duomenys. Dažnių srities analizė pagrįsta Furje transformacija. Ultragarso banga atsispindi pasiekusi ribą tarp bandinio apatinės dalies bei aplinkos. Dalis šios bangos energijos pereina į aplinkos terpę. Šis procesas kartojasi dėl skirtingo ultragarso impedanso. Medžiagos mechaninės savybės apskaičiuojamos įvertinus perduodamus bei atsispindėjusius ultragarsinius impulsus.

Mechaninių savybių tyrimas šiuo prietaisu pranašesnis už tyrimą vienašiu tempimu pirmiausia dėl tyrimo greičio. Be to, šis tyrimas yra nedestrukcinis, todėl sunaudojama mažiau medžiagų, mažesnės darbo sąnaudos.

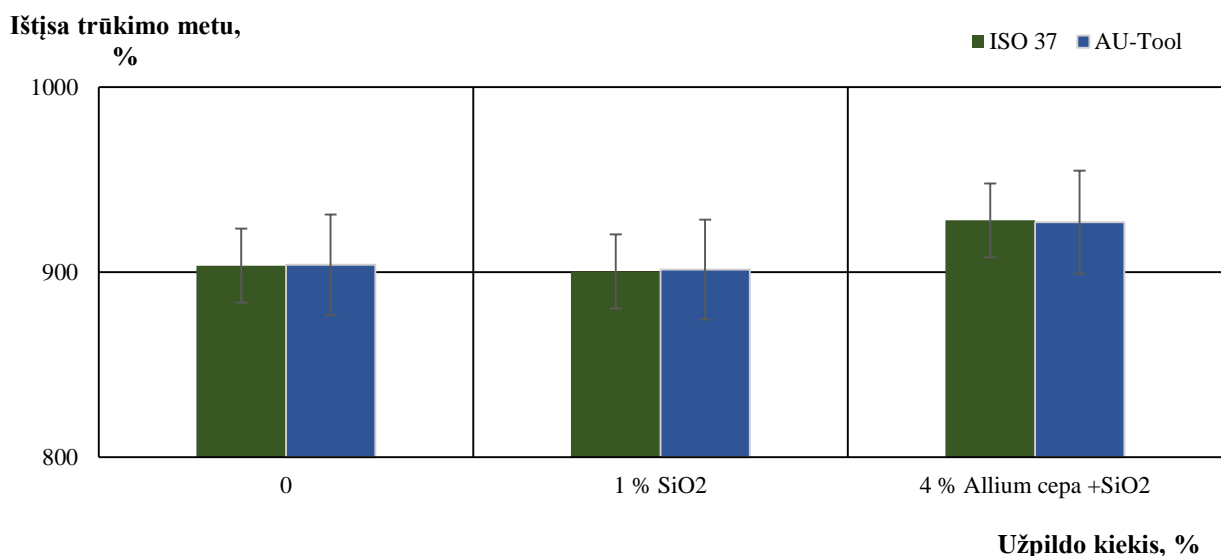
Norint nustatyti bekontakčio prietaiso AU-TOOL patikimumą, pradžioje buvo išmatuoti stipris tempiant ir ištįsa trūkimo metu PDMS kompozitų, kurių mechaninės savybės jau buvo įvertintos vienašiu tempimo būdu. Įvertinimui pasirinktas PDMS kompozitas su 4% Allium cepa ir SiO₂ (3:1) nanoužpildu. Buvo atlikta po 10 matavimų skirtingose bandinio vietose ir apskaičiuotas verčių aritmetinis vidurkis. Gautos vertės palygintos su pagal ISO 37 standarto reikalavimus nustatytą tos pačios sudėties PDMS kompozitų mechaninių savybių vertėmis (19 ir 20 pav.).



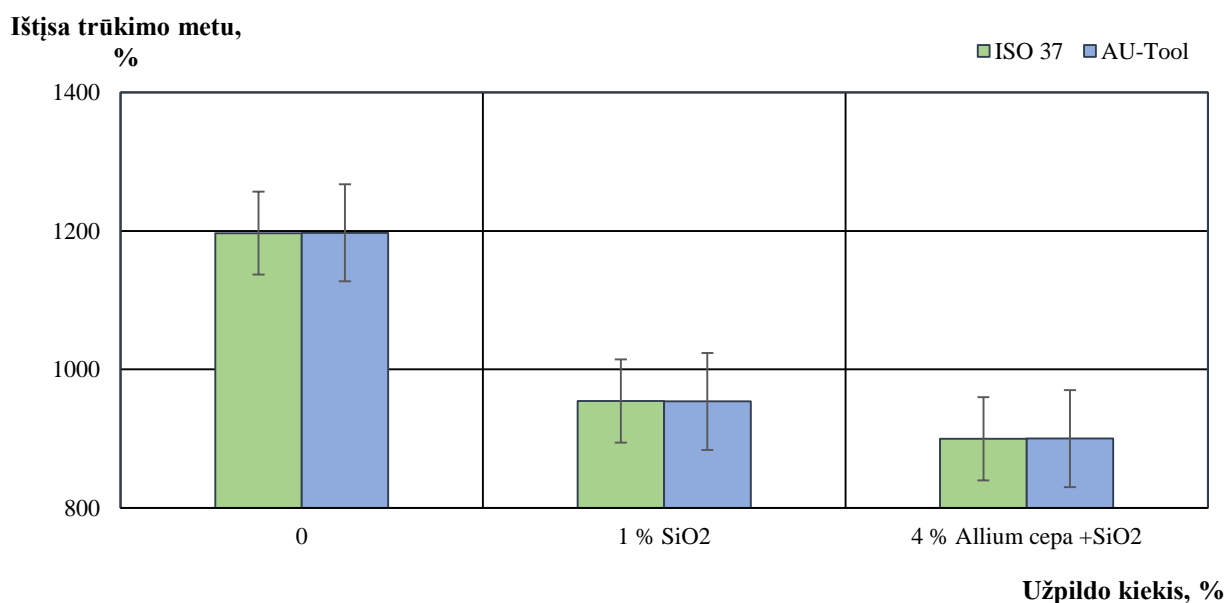
19 pav. PDMS kompozitų stiprio tempiant vertės, gautos naudojant skirtingas metodikas: A - Silpuran 2400; B - Silpuran 2400/25

Nustatyta, kad abiejų naudotų metodų atveju gautos PDMS stiprio tempiant (19 pav.) ir ištiesos trūkimo metu (20 pav.) vertės yra gana artimos, o apskaičiuota santykinė paklaida neviršijo 1,4 %.

A



B

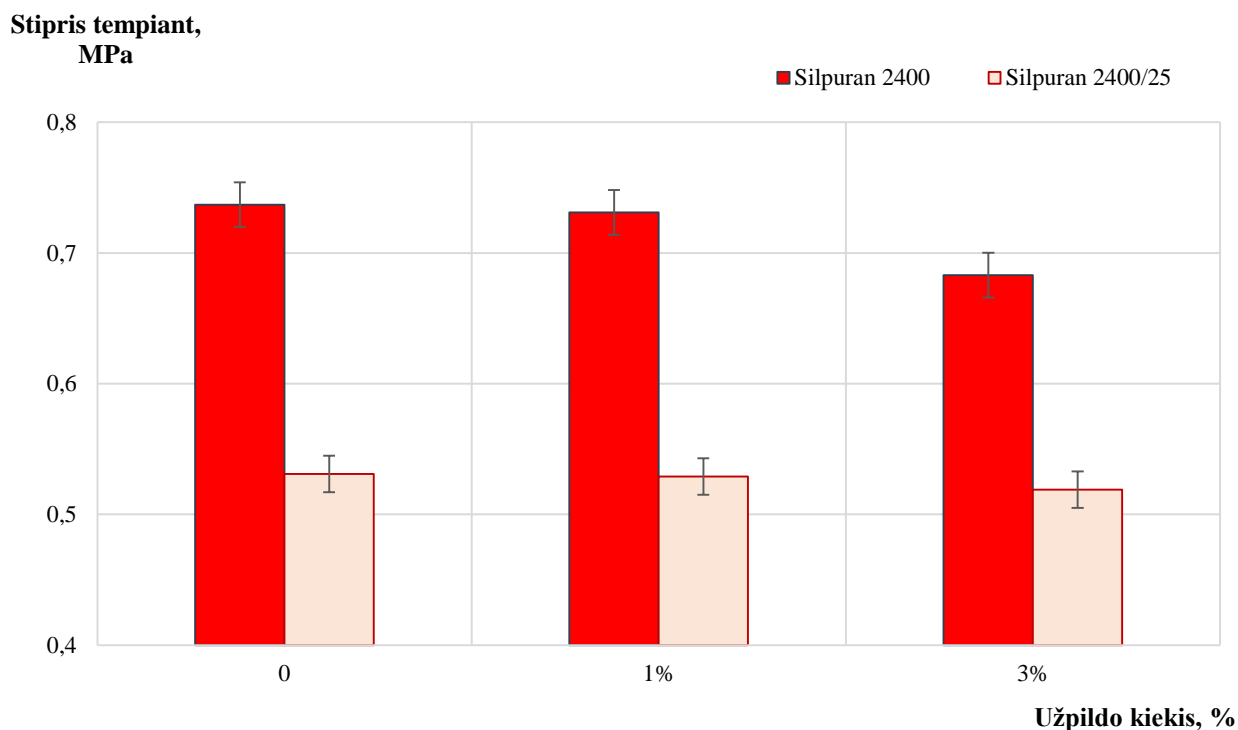


20 pav. PDMS kompozitų ištiesos trūkimo metu vertės, gautos naudojant skirtingas metodikas: A - Silpuran 2400; B - Silpuran 2400/25

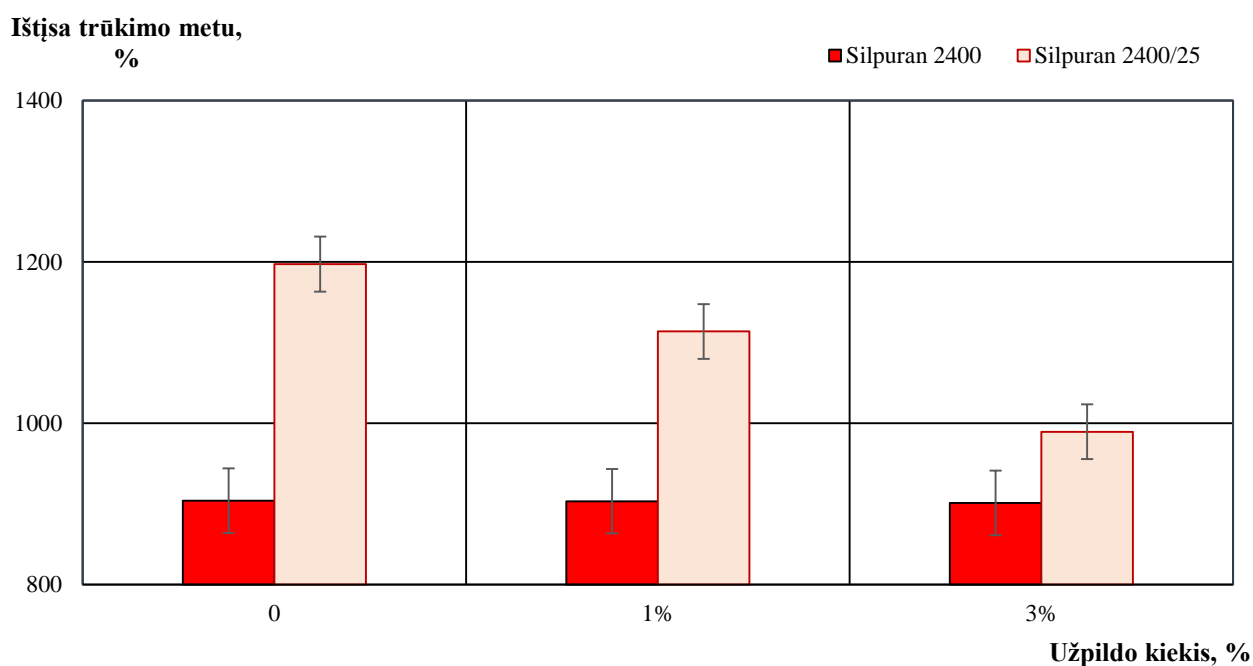
Įvertinus PDMS kompozitų mechaninių savybių tyrimo bekontakčiu plonų bandinių matavimo įrankiu AU-TOOL greitį bei tikslumą (paklaida neviršijo 1,4 %), taip pat atsižvelgiant į tyrimo ekonomiškumą (nedestrukcinis tyrimas, kuriam nereikia daug bandinių), nutarta šį metodą pasirinkti PDMS ir PS:*Allium cepa* mikrokapsulių kompozito mechaninių savybių vertinimui.

Nustatyta, kad nedidelis kiekis (1 %) PS:*Allium cepa* mikrokapsulių užpildo neturi įtakos kompozito stipriui tempiant (21 pav.). Didinant užpildo kiekį iki 3 % PDMS kompozicijos stipris tempiant sumažėja 7 % (nuo 0,737 MPa iki 0,683 MPa). PS:*Allium cepa* mikrokapsulių kiekio įtaka PDMS

Silpuran 2400 ištiesai trūkimo metu taip pat nereikšminga (22 pav.). Tuo tarpu Silpuran 2400/25 ištiesa trūkimo metu mažėja 17 %. Vykstant PDMS cheminio susiuvimo reakcijai tarp PDMS ir mikrokapsulių PS apvalkalo cheminė reakcija nevyksta, todėl galima teigti, kad mechaninių savybių pokytis priklauso nuo adhezijos tarp PDMS matricos ir PS.



21 pav. Užpildo kiekio įtaka PDMS stipriui tempiant

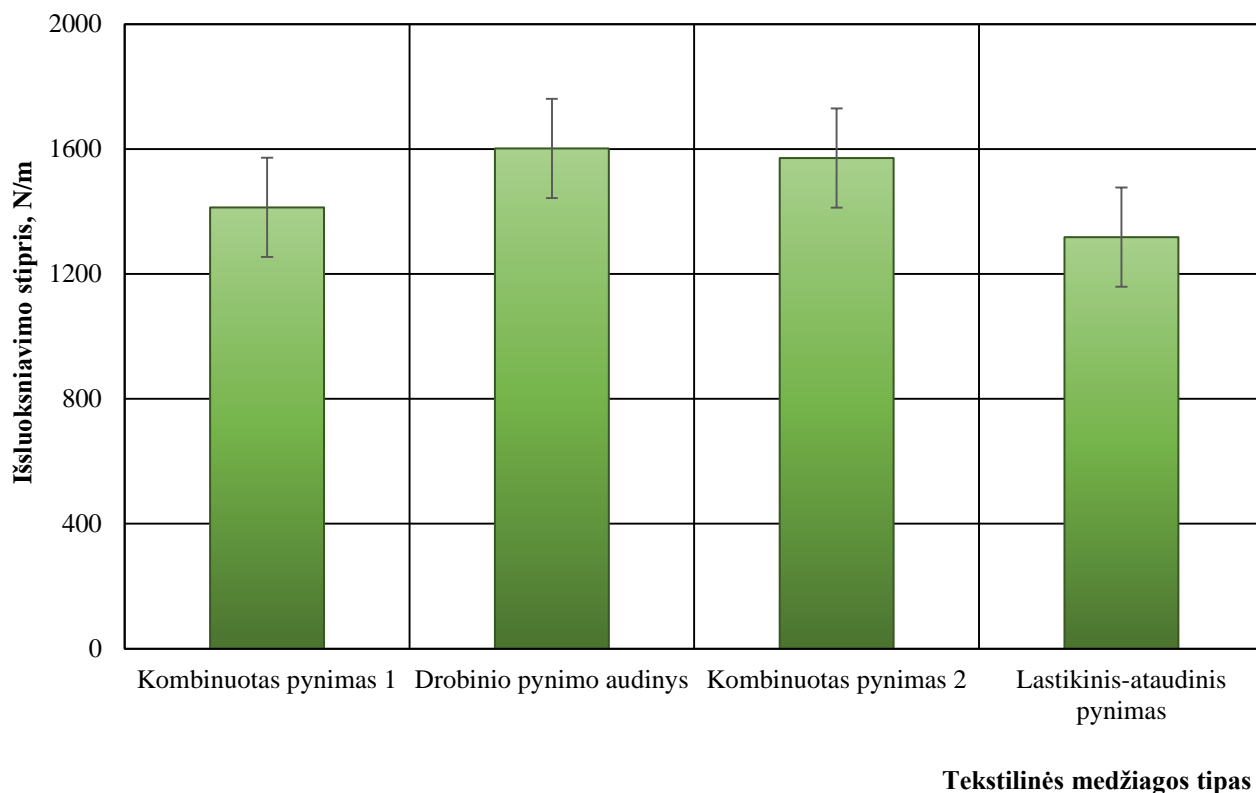


22 pav. Užpildo kiekio įtaka PDMS ištiesai trūkimo metu

PDMS dėl savo cheminės prigimties pasižymi prasta adhezija. Be to, adhezijai įtakos turi PS:*Allium cepa* mikrokapsulių forma bei paviršiaus faktūra. Struktūriniais tyrimais nustatyta, kad naudojamos mikrokapsulės yra beveik taisyklingos sferos formos, jų paviršius lygus, todėl PDMS vilgo sąlyginai nedidelį mikrokapsulių paviršiaus plotą, dėl ko PDMS ir PS:*Allium cepa* mikrokapsulės nepasižymi gera adhezine sąveika. Galima daryti prielaidą, kad didinant mikrokapsulių kiekį PDMS, stipris tempiant bei ištiesas trūkimo metu mažės.

3.5. Adhezijos prie skirtingų tekstilinių medžiagų vertinimas

Kuriant kompresinę priemonę hipertrofiniams randams gydyti reikia užtikrinti tinkamą nekintančią PDMS kompozito padėtį ant kompresinio mezginio. PDMS kompozito priklijavimui prie tekstilinės medžiagos pasirinkti su naudotomis medžiagomis suderinami vienkomponenčiai silikoniniai klijai Silpuran 4200 RTV-1. Ištyrus šių klijų adhezinės sąveikos priklausomybę nuo tekstilinės medžiagos prigimties nustatyta, kad medžiagos tekstūra beveik neturi įtakos išsluoksniavimo stipriui (23 pav.).



23 pav. Tekstilinio substrato prigimties įtaka sanklijų išsluoksniavimo stipriui

Vidutinės išsluoksniavimo stiprio vertės tiek audinių atveju, tiek mezginių atveju yra gana artimos ir svyruoja 1318 – 1602 N/m ribose. Tačiau išsluoksniavimo pobūdis priklauso nuo tekstilinės medžiagos paviršiaus tekstūros prigimties, nes sanklijos stipris priklauso ne tik nuo medžiagų sąveikos fazių skiriamos riboje, bet ir nuo kontakto ploto. Mezginiai dėl savo nelygios tekstūros su gana didelių matmenų kiaurymėmis turi didesnį paviršiaus kontakto plotą. Todėl jei audinio atveju sanklijos plyšimas dažniausiai yra adhezinis nuo substrato paviršiaus, tai mezginių atveju – kohezinis per adhezyvą, t. y. adhezinė sąveika didesnė už klijų plėvelės stiprį.

3.6. Apibendrinimas

Liofilizuoto *Allium cepa* ekstrakto įtaka PDMS sukietinimui gali būti amortizuojama SiO₂ nanodalelėmis. Aliejinis *Allium cepa* ekstraktas gali būti įkapsuliuotas į PS apvaskalą. Šių mikrokapsulių paviršiaus morfologija, polinkis agreguotis ir vidutinis dydis priklauso nuo jų gavimo metodo ir medžiagų santykio.

Užpildai su raudonųjų svogūnų *Allium cepa* ekstraktais keičia biosuderinamo polidimetilsiloksano paviršiaus savybes, didina kietumą bei nežymiai blogina mechanines savybes. Tačiau tai neapriboja jo panaudojimo hipertrofiniams randams gydyti galimybių.

Kuriant kompleksines hipertrofinių randų gydymo priemones, gaminio iš tampraus mezginio tam tikros vietos bus dengiamos silikoninio kaučiuko sluoksniu. Adhezinės sąveikos tyrimai parodė, kad mezginio paviršiaus tekstūra neturi įtakos išsluoksniavimo stipriui, tačiau nuo jos priklauso sanklijos išsluoksniavimo pobūdis.

3.7. Rekomendacijos

Įvertinus atliktų tyrimų rezultatus galima daryti prielaidą, kad tiek liofilizuotas raudonųjų svogūnų ekstraktas, tiek suformuotos mikrokapsulės su polistireno apvaskalu ir *Allium cepa* aliejinio ekstrakto šerdimi gali būti naudojamos PDMS užpildymui.

Siekiant efektyvesnio hipertrofinių randų gydymo rezultato toliau būtina optimizuoti kompozito gamybos parametrus: įvertinti mikrokapsulių suardymui reikalingą jėgą, nustatyti reikiamą *Allium cepa* aliejaus kiekį, užtikrinantį rando gydymo profilaktiką, parinkti tinkamą mikrokapsulių dispersavimo PDMS matricoje būdą, kad būtų išvengta priešlaikinio mikrokapsulių pažeidimo.

Hipertrofinių randų gydymas – ilgas procesas, trunkantis mažiausiai 12 mėnesių, todėl reikia papildomai atlikti kompozitų varginimo tyrimus, imituojančius priemonės dėvėjimą, skalbimą. Šie tyrimai padėtų įvertinti kompozitų ilgaamžiškumą.

4. Ekonominis vertinimas

Apskaičiuoti kompresinės priemonės randams gydyti savikainą ir galimą kainą sudėtinga, kadangi sunku numatyti visus gamyboje veikiančius veiksnius. Todėl šiame skyriuje atliktas PDMS ir *Allium cepa* ekstrakto kompozito gamybos bei pardavimo vertinimas, darant prielaidą, kad šio gaminio pirkėjas bus įmonė, gaminanti kompresines priemones randams gydyti.

Ekonominis vertinimas atliktas apskaičiuojant, įvertinant ir palyginant du projektus: PDMS ir liofilizuoto *Allium cepa* ekstrakto kompozito gamybą (I projektas) bei PDMS ir PS:*Allium cepa* mikro kapsulių kompozito gamybą (II projektas).

Numatoma projektų trukmė – 5 metai.

Kadangi gaminytis individualus, daroma prielaida, kad pirmųjų metų gamybos apimtis sieks 3745 vnt. Vėliau antraisiais ir trečiaisiais metais (brandos metai) gamybos apimtis didės iki 5243 vnt. per metus, o vėliau gamyba palaipsniui bus mažinama iki 4494 vnt. ketvirtaisiais metais ir 3745 vnt. penktaisiais metais.

Paprastai ilgalaikis turtas – viena didžiausių projekto investicijų. Ilgalaikis materialusis turtas – tai materialusis turtas, kuris skirtas prekėms gaminti, paslaugoms teikti, nuomoti ar administraciniams tikslams. Šis turtas numatomas naudoti ilgiau nei vienerius metus ir jo įsigijimo (pasigaminimo) savikaina yra ne mažesnė už įmonės nusistatytą minimalią ilgalaikio materialiojo turto vieneto vertę [63]. 6 lentelėje pateiktas abiemis analizuojamiems projektams realizuoti reikalingas ilgalaikis turtas.

6 lentelė. Ilgalaikis materialusis turtas

1 projektas		2 projektas	
Ilgalaikis turtas	Kaina, Eur	Ilgalaikis turtas	Kaina, Eur
Pastatai	27850,00	Pastatai	27850,00
Darbo mašinos ir įrengimai	9074,92	Darbo mašinos ir įrengimai	8014,92
Vertingas inventoriųs	3471,00	Vertingas inventoriųs	3471,00
Kitas ilgalaikis turtas	2153,00	Kitas ilgalaikis turtas	2153,00

Vertinant ilgalaikį turtą pastatams priskirta gamybinių patalpų įsigijimo kaina. Išanalizavus rinką nustatyta, kad gamybinių patalpų vidutinė kaina siekia 557 Eur/m² [64]. Daroma prielaida, kad bus įsigytos 50 m² ploto gamybinės patalpos, kurių vertė sieks 27850,00 Eur.

Darbo mašinoms ir įrengimams priskiriami įvairūs technologiniame procese naudojami įrengimai – mechaninė, magnetinė ir ultragarsinė maišyklės, krosnis, vakuumavimo įranga, liofilizatorius, svarstyklės, traukos spinta, vandens distiliatorius. Vertingam inventoriui priskiriama įvairūs laboratoriniai baldai [65]. Kitam ilgalaikiam turtui priskiriama kiti įmonės veikloje naudojami baldai, orgtechnika [66].

Pagrindinės medžiagos ir jų vidutinės kainos pateikiamos 7 lentelėje.

Projektų įgyvendinimui numatyta finansuoti ilgalaikio turto įsigijimą bei trumpalaikio turto ir apyvartinių lėšų poreikį. Daryta prielaida, kad 45 % projektui reikalingų investicijų sudarys akcininkų kapitalas, likę 55 % bus finansuojami banko paskola su 4 % metinėmis palūkanomis. Numatyta apyvartos trukmė – 90 kalendorinių dienų.

7 lentelė. Pagrindinės medžiagos ir jų vidutinės kainos [67-72].

Medžiagos pavadinimas	Kaina
Polidimetilsiloksanas Silpuran 2400, Eur/kg	10,00
Allium cepa ekstraktas, Eur/1000ml	30,00
Allium cepa aliejinis ekstraktas, Eur/1000ml	30,00
Etilo alkoholis 80%, Eur/1000ml	20,00
SiO ₂ nanodalelės (d≤7nm), Eur/500 g	822,00
Polivinilalkoholis, Eur/250 g	39,70
Polistireno granulės (Mw=35000), Eur/kg	65,70
Nonilfenilo eteris Tergitol N-9, Eur/1000ml	61,70
Metileno chloridas, Eur/1000ml	133,00
Etilacetatas, Eur/1000ml	52,60

Skaičiuojant gaminio savikainą vertintos tiesioginės bei netiesioginės gamybos išlaidos.

Tiesioginėms gamybos sąnaudoms priskirtos visos su gamyba susijusios išlaidos: gamyboje naudojamų medžiagų bei žaliavų sąnaudos, išlaidos darbininkų darbo užmokesčiui ir su juo susijusiems darbdavio mokesčiams Valstybinio socialinio draudimo fondui (VSDF), elektros bei šiluminei energijai, vandeniui.

Darbininkų darbo užmokestis priklauso nuo gaminio darbo imlumo. Numatytas gaminio darbo imlumas 1 projekte siekia 4 valandas, 2 projekte – 6 valandas. Pirmaisiais projekto įgyvendinimo metais dėl patirties stokos gaminio darbo imlumas paprastai būna didesnis, todėl atliekant skaičiavimus daryta prielaida, kad pirmaisiais projektų įgyvendinimo metais gaminio darbo imlumas sieks atitinkamai 5 val. 1 projekte ir 7,5 val. 2 projekte. Numatytas darbininkų valandinis atlyginimas siekia 5,67 Eur pirmaisiais metais, kiekvienais vėlesniais metais darbo užmokestis didinamas 10-17 %.

Skaičiuojant tiesiogines išlaidas elektros energijai įvertintos privalomos prastovos bei gamybos įsisavinimo koeficientas, todėl daryta prielaida, kad efektyvus įrengimų darbo laikas 0,3 karto mažesnis nei apskaičiuotas remiantis įrengimų techninės specifikacijos informacija.

Prie netiesioginių sąnaudų priskirta projekto vadovo, technologo darbo užmokestis ir su juo susiję darbdavio mokesčiai VSDF, netiesioginės išlaidos vandeniui, siekiančios 40 l/žmogui per parą, išlaidos gamybinių patalpų šildymui, gamyboje naudojamo ilgalaikio turto amortizacija, kitos išlaidos.

Veiklos sąnaudos vertintos apskaičiuojant pardavimų sąnaudas (reklama, transportavimas ir kt.) bei bendrąsias ir administracines sąnaudas.

Sudarytas palūkanų mokėjimo ir paskolos grąžinimo planas.

Atlikus skaičiavimus nustatyta gaminio gamybinė bei pilnoji savikaina. Numatytas gaminio pelningumas kinta priklausomai nuo projekto vykdymo metų ir svyruoja nuo 30–150 % ribose. Gaminio kaina priklauso nuo apskaičiuotos gaminio savikainos ir pelningumo, todėl kiekvienais projekto vykdymo metais ji kinta nuo 11 Eur/vnt. iki 16 Eur/vnt.

8 lentelėje pateiktos projektų lūžo taško vertės kiekvienais projektų gyvavimo metais. Lūžio taškas žymi gamybos apimtį, kuriai esant įmonės bendrieji kaštai yra lygūs bendrosioms pajamoms. Viršijus šią apimtį įmonė pradeda gauti pelną. Iš pateiktų rezultatų matyti, kad esant toms pačioms sąlygoms II projekto lūžio taško vertės mažesnės, tai reiškia, kad įmonė pradeda gauti pelną esant mažesnei gamybos apimčiai.

Projektai tarpusavyje lyginti pagal apskaičiuotų ekonominių rodiklių vertes (9 lentelė), grynąją esamąją vertę, atsipirkimo laiką. 24 pav. pateikti kiekvieno projekto diskontuoti metiniai ir bendrieji pinigų srautai.

8 lentelė. Lūžio taško vertės projektų gyvavimo metais.

Projekto metai	Lūžio taškas, vnt.	
	I projektas	II projektas
1	3771	3678
2	2539	2391
3	2592	2448
4	2761	2633
5	3731	3639

9 lentelė. Ekonominiai rodikliai antraisiais (brandos) projektų gyvavimo metais.

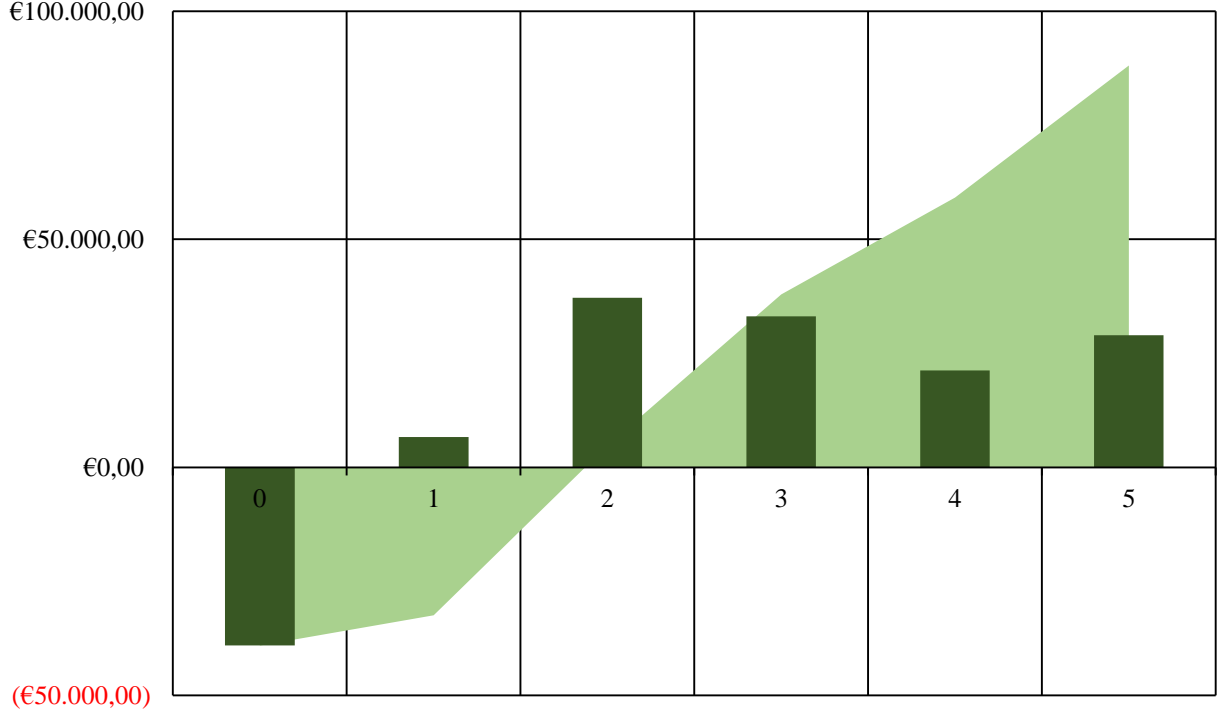
Rodiklis	I projektas	II projektas
Grynasis pelnas, Eur	44125,05	48074,97
Investicijų apimtis, Eur	39071,73	39410,64
Bendrasis pelningumas, %	95,35	92,66
Veiklos pelningumas %	62,75	62,54
Grynasis pelningumas, %	52,89	52,75
Investicijų grąža, %	111,72	119,60
Veiklos rentabilumas, %	141,99	140,80
Apyvartų skaičius per metus	4,00	4,00
Apyvartos trukmė, dienomis	90,00	90,00
Projekto imlumas apyvartinėms lėšoms, Eur	0,01	0,02
Projekto investicijų diskontuotas atsipirkimo laikas, metais	1,96	1,71
Projekto grynoji esamoji vertė, Eur	88116,51	96935,28
Kapitalo kaštai	6,37	6,37
Vidinė pelno norma, %	59,12	63,27
Pelningumo indeksas	3,26	3,46

A

Pinigų suma, Eur

€100.000,00

■ Bendri GPS ■ Metiniai GPS



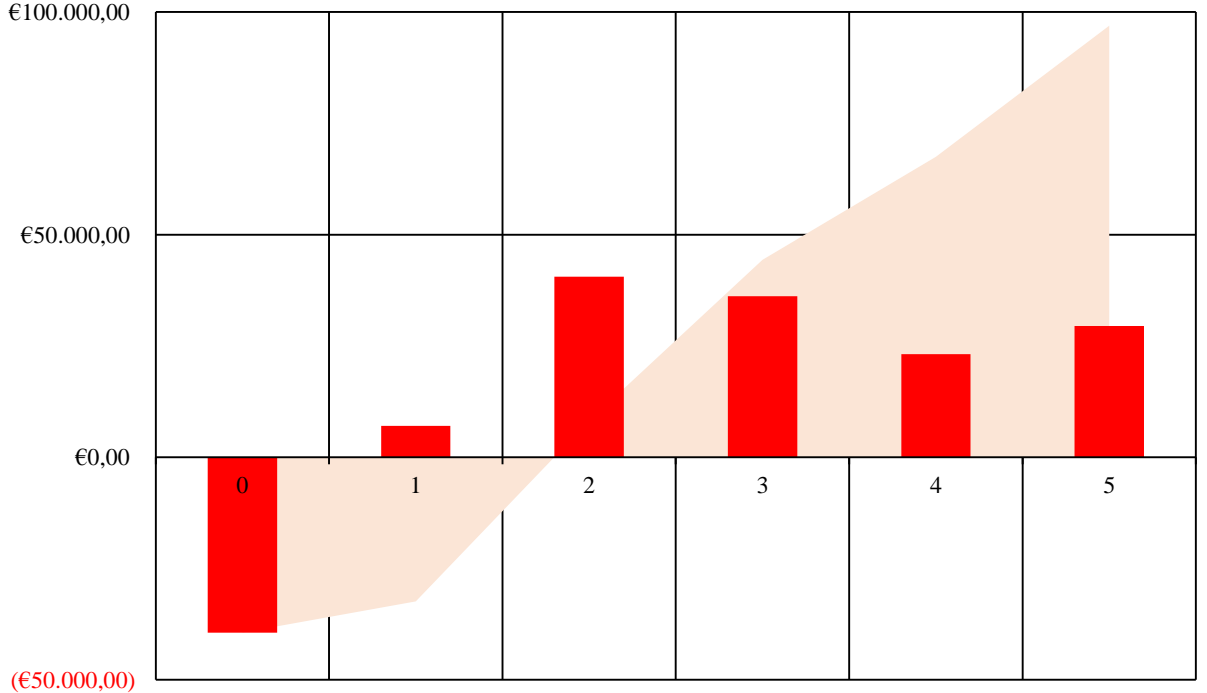
Metai

B

Pinigų suma, Eur

€100.000,00

■ Bendri GPS ■ Metiniai GPS



Metai

24 pav. Projektų diskontuotų pinigų srautų analizė: A – I projektas, B – II projektas

Pelningumo rodikliai padeda savininkams / investuotojams įvertinti projektų naudingumą. Bendrasis pelningumas parodo, kiek 1 pardavimų eurui tenka bendrojo pelno. Veiklos pelningumas (EBIT) leidžia įvertinti projekto veiklos pelningumą priklausomai nuo finansavimo šaltinio. Grynasis pelningumas parodo, kiek 1 pardavimų eurui tenka grynojo pelno. Investicijų grąža rodo investicijų pelningumą. Veiklos rentabilumas apibūdina pelno po mokesčių ir patirtų kaštų santykį. Projekto imlumas apyvartinėms lėšoms parodo, kokia apyvartinių lėšų suma tenka vienam parduotos produkcijos eurui. Tačiau šie rodikliai apibūdina tik projekto trumpojo laikotarpio (1 metų) veiklos rezultatą. Siekiant įvertinti projektus ilgalaikėje perspektyvoje apskaičiuojama projektų grynoji esamoji vertė — dabartinė būsimų pajamų ir išlaidų vertė, diskontuotas atsipirkimo laikas, priklausantis nuo diskonto normos ir kapitalo kaštų, vidinė pelno norma, rodanti investicijų atsipirkimo grąžos vidurkį per tam tikrą laikotarpį, bei pelningumo indeksas, apibūdinantis projekto pelną arba nuostolį per laikotarpį, lyginant su pradine investicijos kaina.

Nustatyta, kad I projekto diskontuotas atsipirkimo laikas 1,96 metų, projekto grynoji esamoji vertė (GEV) – 88117 Eur, vidinė pelno norma sudaro 59,12 %, pelningumo indeksas (PI) siekia 3,26. II projekto atsipirkimo laikas 1,71 metų, GEV – 96935 Eur, vidinė pelno norma – 63,27 %, PI – 3,46.

Atlikus vertinimą nustatyta, kad abu projektai rentabilūs. II projekto ekonominiai rodikliai šiek tiek geresni – atsipirkimo laikas trumpesnis, GEV didesnė, vidinė pelno norma ir pelningumo indeksas aukštesni. Tačiau priklausomai nuo turimų išteklių galima rinktis ir I projektą.

Detalūs ekonominiai skaičiavimai projektų vertinimui pateikti 1 ir 2 prieduose.

Išvados

1. Raudonojo svogūno (*Allium cepa*) ekstraktai, dėl jų sudėtyje esančių polifenolių, bioflavanoidų ir kitų aktyvių junginių, pasižymi baktericidiniu poveikiu. Nustatyta, kad po 24 h *Allium cepa* liofilizatas beveik visiškai nuslopina bakterijų gyvybingumą. Jis yra mažiau efektyvus gram-neigiamų antibiotikams atsparių MRSA bakterijų atžvilgiu nei eterinis aliejus, nes ir po 24 h inkubacijos išlieka nedidelis jų kolonijų skaičius (400×10^8 KfV/ml).
2. Tiek liofilizuotas, tiek aliejinis *Allium cepa* ekstraktas turi savybę migruoti į PDMS paviršių. Po 72 h kompozitų vilgymo kampas padidėja nuo 100° iki 102° liofilizuoto *Allium cepa* ekstrakto užpildo atveju, ir nuo 103° iki 104° – PS:*Allium cepa* mikrokapsulių įmaišymo atveju.
3. Liofilizuotas *Allium cepa*-SiO₂ (3:1) užpildas (C=4 %) padidina kompozicijos kietumą nuo 9 iki 11 Šoro A vnt., o PS:*Allium cepa* mikrokapsulių užpildas (C=3 %) didina kompozito kietumą 9 % iki 10 Šoro A vnt. Abiejų kompozitų kietumas neviršija 50 Šoro A vnt., todėl užtikrina gerą sąlytį su oda ir yra tinkami hipertrofiniams randams gydyti.
4. Liofilizuoto *Allium cepa* – SiO₂ (3:1) užpildas (C = 4 %) neturi įtakos PDMS kompozito stipriui tempiant, tačiau 25 % sumažina PDMS Silpuran 2400/25 ištįsą trūkimo metu.
5. Vienašiu tempimo metodu ir projekto metu sukurto inovatyvaus bekontakčio plonų bandinių matavimo prietaiso pagalba nustatytų PDMS kompozitų mechaninių savybių (stiprio tempiant ir ištįsos trūkimo metu) vertės yra artimos, santykinė paklaidai neviršijant 1,4 %.
6. Mikrokapsulių su polistireno apvaskalu ir aliejiniu svogūnų ekstraktu paviršiaus morfologija, polinkis agreguotis ir vidutinis dydis priklauso nuo jų gavimo metodo ir medžiagų – apvaskalui naudojamo polistireno ir *Allium cepa* aliejaus šerdies – santykio.
7. Nedidelis kiekis (1 %) PS:*Allium cepa* mikrokapsulių neturi įtakos PDMS mechaninėms savybėms. Didinant užpildo kiekį iki 3 % kompozitų stipris tempiant sumažėja 7 %, o mažesnio kietumo PDMS Silpuran 2400/25 ištįsa trūkimo metu sumažėja 17 %.
8. Nustatyta, kad tekstilinių medžiagų sanklijų, gautų silikoninių klijų Silpuran 4200 RTV-1 pagalba, stipris nepriklauso nuo tekstilinės medžiagos prigimties (audinys, mežginys), tačiau išsluoksniavimo pobūdis audinių atveju yra adhezinis nuo substrato paviršiaus, o mežginių atveju – kohezinis per adh ezyvą.
9. Atlikus ekonominį vertinimą nustatyta, kad kompozito su PS:*Allium cepa* mikrokapsulių užpildu gamyba ir pardavimas ekonomiškai nežymiai rentabilėsnis nei kompozito su liofilizuoto *Allium cepa* užpildu: jo atsipirkimo laikas 13 % trumpesnis, projekto grynoji esamoji vertė 10 % didesnė, vidinė pelno norma ir pelningumo indeksas atitinkamai 7 ir 6 % aukštesni.

Literatūros sąrašas

1. LORENZ, H. Peter; LONGAKER, Michael T. Wounds: biology, pathology, and management. In: Surgery. Springer, New York, NY, 2008. p. 191-208.
2. DEL TORO, Drew; DEDHIA, Raj; TOLLEFSON, Travis T. Advances in scar management: prevention and management of hypertrophic scars and keloids. *Current opinion in otolaryngology & head and neck surgery*, 2016, 24.4: 322-329.
3. YE, Qi, et al. Medicinal plants for the treatment of hypertrophic scars. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2015, 2015.
4. KARA, Yesim Akpınar. Burn Etiology and Pathogenesis. *Hot Topics in Burn Injuries*, 2018, 17.
5. MOHAMMADI, Ali Akbar, et al. Efficacy of Topical Enalapril in Treatment of Hypertrophic Scars. *World journal of plastic surgery*, 2018, 7.3: 326.
6. LI, Yan, et al. MicroRNA-192 regulates hypertrophic scar fibrosis by targeting SIP1. *Journal of molecular histology*, 2017, 48.5-6: 357-366.
7. MAGHRABI, Ibrahim A.; KABEL, Ahmed M. Management of keloids and hypertrophic scars: role of nutrition, drugs, cryotherapy and phototherapy. *World Journal of Nutr Health*, 2014, 2: 28-32.
8. ZURADA, Joanna M.; KRIEGEL, David; DAVIS, Ira C. Topical treatments for hypertrophic scars. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 2006, 55.6: 1024-1031.
9. PUZEY, Ginny. The use, of pressure garments on hypertrophic scars. *Journal of tissue viability*, 2002, 12.1: 11-15.
10. ZHU, Zhensen; DING, Jie; TREDGET, Edward E. The molecular basis of hypertrophic scars. *Burns & trauma*, 2016, 4.1: 2.
11. PEREIRA, S., et al. A study of the structure and properties of novel fabrics for knee braces. *Journal of Industrial Textiles*, 2007, 36.4: 279-300.
12. FATKIĆ, Edin; GERŠAK, Jelka; UJEVIĆ, Darko. Influence of knitting parameters on the mechanical properties of plain jersey weft knitted fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 2011, 19.5: 88.
13. ATIYEH, B. S.; EL KHATIB, A. M.; DIBO, S. A. Pressure garment therapy (PGT) of burn scars: evidence-based efficacy. *Annals of burns and fire disasters*, 2013, 26.4: 205.
14. HOSSAIN, M., et al. Measurement methods of dynamic yarn tension in a ring spinning process. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 2016.
15. DURU, Sena Cimilli; CANDAN, Cevza; MUGAN, Ata. Effect of yarn, machine and knitting process parameters on the dynamics of the circular knitting needle. *Textile Research Journal*, 2015, 85.6: 568-589.
16. MIKUČIONIENĖ, Daiva; ČIUKAS, Ričardas; MICKEVIČIENĖ, Agnė. The influence of knitting structure on mechanical properties of weft knitted fabrics. *Materials Science (Medžiagotyra)*, 2010, 16.3: 221-225.
17. OĞLAKCIOĞLU, Nida; MARMARALI, Arzu. Thermal comfort properties of some knitted structures. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 2007, 15.5-6: 64-65.
18. WANG, X. H., et al. A novel approach for evaluating the air permeability of airbag fabrics. *Textile research journal*, 2006, 76.1: 66-70.
19. MANICH, A. M., et al. Abrasion kinetics of wool and blended fabrics. *Textile Research Journal*, 2001, 71.6: 469-474.

20. COLLIER, Billie J.; EPPS, Helen H.; PERENICH, Theresa. Textile testing and analysis. Upper Saddle River, NJ, USA.: Prentice Hall, 1999.
21. SEKERDEN, Filiz. Effect of fabric weave and weft types on the characteristics of bamboo/cotton woven fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 2011, 19: 47-52.
22. HAVLOVÁ, Marie. Air permeability and constructional parameters of woven fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 2013.
23. WESTRA, Iris; PHAM, Hth; NIESSEN, Frank B. Topical silicone sheet application in the treatment of hypertrophic scars and keloids. *The Journal of clinical and aesthetic dermatology*, 2016, 9.10: 28.
24. MASSAND, Deepak. Composition and method for improvement of the appearance of scars. U.S. Patent No 5,885,581, 1999.
25. GUILBAUD, Paul. Silicone scar treatment preparation. U.S. Patent No 8,802,133, 2014.
26. SHIN, Heungsoo; TEMENOFF, Johnna S.; MIKOS, Antonios G. In vitro cytotoxicity of unsaturated oligo [poly (ethylene glycol) fumarate] macromers and their cross-linked hydrogels. *Biomacromolecules*, 2003, 4.3: 552-560.
27. PURI, Neerja; TALWAR, Ashutosh. The efficacy of silicone gel for the treatment of hypertrophic scars and keloids. *Journal of cutaneous and aesthetic surgery*, 2009, 2.2: 104.
28. MUSTOE, Thomas A. Evolution of silicone therapy and mechanism of action in scar management. *Aesthetic plastic surgery*, 2008, 32.1: 82.
29. O'BRIEN, Lisa; JONES, Daniel J. Silicone gel sheeting for preventing and treating hypertrophic and keloid scars. *Cochrane database of systematic reviews*, 2013, 9.
30. YODA, Ryuichiro. Elastomers for biomedical applications. *Journal of Biomaterials Science, Polymer Edition*, 1998, 9.6: 561-626.
31. MARTIN, Paul; NUNAN, R. Cellular and molecular mechanisms of repair in acute and chronic wound healing. *British Journal of Dermatology*, 2015, 173.2: 370-378.
32. MEHTA, M.; BRANFORD, O. A.; ROLFE, K. J. The evidence for natural therapeutics as potential anti-scarring agents in burn-related scarring. *Burns & trauma*, 2016, 4.1: 15.
33. LEE, Jihyun; MITCHELL, Alyson E. Quercetin and isorhamnetin glycosides in onion (*Allium cepa* L.): varietal comparison, physical distribution, coproduct evaluation, and long-term storage stability. *Journal of agricultural and food chemistry*, 2011, 59.3: 857-863.
34. BOOTS, Agnes W., et al. In vitro and ex vivo anti-inflammatory activity of quercetin in healthy volunteers. *Nutrition*, 2008, 24.7-8: 703-710.
35. CHANPRAPAPH, Kumutnart, et al. Effectiveness of onion extract gel on surgical scars in Asians. *Dermatology research and practice*, 2012, 2012.
36. CHO, Jae-We, et al. Onion extract and quercetin induce matrix metalloproteinase-1 in vitro and in vivo. *International journal of molecular medicine*, 2010, 25.3: 347-352.
37. DRAELOS, Zoe Diana. The ability of onion extract gel to improve the cosmetic appearance of postsurgical scars. *Journal of cosmetic dermatology*, 2008, 7.2: 101-104.
38. DRAELOS, Zoe D., et al. A new proprietary onion extract gel improves the appearance of new scars: a randomized, controlled, blinded-investigator study. *The Journal of clinical and aesthetic dermatology*, 2012, 5.6: 18.
39. BEUTH, J., et al. Safety and efficacy of local administration of Contractubex® to hypertrophic scars in comparison to corticosteroid treatment. Results of a multicenter, comparative epidemiological cohort study in Germany. *In vivo*, 2006, 20.2: 277-283.

40. CAMPANATI, Anna, et al. Effect of Allium cepa-allantoin-pentaglycan gel on skin hypertrophic scars: Clinical and video-capillaroscopic results of an open-label, controlled, nonrandomized clinical trial. *Dermatologic Surgery*, 2010, 36.9: 1439-1444.
41. OCAMPO-CANDIANI, Jorge, et al. The prophylactic use of a topical scar gel containing extract of Allium cepae, allantoin, and heparin improves symptoms and appearance of cesarean-section scars compared with untreated scars. *Journal of drugs in dermatology: JDD*, 2014, 13.2: 176-182.
42. GERASIMENKO, MIu, et al. Differentiated approach to medicine phonophoresis in complex treatment of cicatricial deformations. *Vestnik Rossiiskoi akademii meditsinskikh nauk*, 2005, 6: 29-32.
43. SADDAWI-KONEFKA, Robert; WATSON, Deborah. Nonsurgical Treatment of Keloids and Hypertrophic Scars. *Facial Plastic Surgery*, 2019, 35.03: 260-266.
44. CHANPRAPAPH, Kumutnart, et al. Effectiveness of onion extract gel on surgical scars in Asians. *Dermatology research and practice*, 2012, 2012.
45. WAHBA, Ereny S.; HAMADA, Hamada Ahmed; EL KHATIB, Ayman. Effect of silicone gel versus Contractubex or corticosteroid phonophoresis for post-burn hypertrophic scars: a single-blind randomized controlled trial. *Physiotherapy Quarterly*, 2019, 27.1: 1-5.
46. AL-BENNA, Sammy; ALZOUBAIDI, Durayd; AL-AJAM, Yazan. Evidence-based burn care—an assessment of the methodological quality of research published in burn care journals from 1982 to 2008. *Burns*, 2010, 36.8: 1190-1195.
47. O'BRIEN, Lisa; JONES, Daniel J. Silicone gel sheeting for preventing and treating hypertrophic and keloid scars. *Cochrane database of systematic reviews*, 2013, 9.
48. STEINSTRÆSSER, Lars, et al. Pressure garment therapy alone and in combination with silicone for the prevention of hypertrophic scarring: randomized controlled trial with intraindividual comparison. *Plastic and reconstructive surgery*, 2011, 128.4: 306e-313e.
49. HO, Wai Sun, et al. Use of onion extract, heparin, allantoin gel in prevention of scarring in Chinese patients having laser removal of tattoos: a prospective randomized controlled trial. *Dermatologic surgery*, 2006, 32.7: 891-896.
50. BREU, W.; DORSCH, W. Allium cepa L.(Onion): Chemistry, analysis and pharmacology. *Economic and medicinal plant research*, 1994, 6: 116-116.
51. BOOTS, Agnes W., et al. In vitro and ex vivo anti-inflammatory activity of quercetin in healthy volunteers. *Nutrition*, 2008, 24.7-8: 703-710.
52. TANG, Bing, et al. Asiaticoside suppresses collagen expression and TGF- β /Smad signaling through inducing Smad7 and inhibiting TGF- β RI and TGF- β RII in keloid fibroblasts. *Archives of dermatological research*, 2011, 303.8: 563-572.
53. MENDONÇA, Fernanda Aparecida Sampaio, et al. Effects of the application of Aloe vera (L.) and microcurrent on the healing of wounds surgically induced in Wistar rats. *Acta Cirúrgica Brasileira*, 2009, 24.2: 150-155.
54. WANG, Guo-Wei; HUANG, Bao-Kang; QIN, Lu-Ping. The genus Broussonetia: a review of its phytochemistry and pharmacology. *Phytotherapy Research*, 2012, 26.1: 1-10.
55. JENWITHEESUK, Kamonwan, et al. Role of silicone derivative plus onion extract gel in presternal hypertrophic scar protection: a prospective randomized, double blinded, controlled trial. *International wound journal*, 2012, 9.4: 397-402.
56. MUANGMAN, P., et al. Efficacy of the combination of herbal extracts and a silicone derivative in the treatment of hypertrophic scar formation after burn injury. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 2011, 5.3: 442-446.

57. LONGAKER, Michael T., et al. Adult skin wounds in the fetal environment heal with scar formation. *Annals of surgery*, 1994, 219.1: 65.
58. Principles of Antimicrobial Chemotherapy, Basicmedical Key,“ [Tinkle]. Available: <https://basicmedicalkey.com/principles-of-antimicrobial-chemotherapy-2/>. [Kreiptasi 14 10 2019]
59. Conspir 3D,“ Shore-Härte, [Tinkle]. Available: <https://www.conspir3d.com/wissen/shore-haerte/>. [Kreiptasi 27 10 2019]
60. LIU, Junshan, et al. Effects of fumed and mesoporous silica nanoparticles on the properties of sylgard 184 polydimethylsiloxane. *Micromachines*, 2015, 6.7: 855-864.
61. POSHADRI, A.; APARNA, Kuna. Microencapsulation technology: a review. *Journal of Research ANGRAU*, 2010, 38.1: 86-102.
62. BONTEMS, Susan L.; STEIN, Judith; ZUMBRUM, Michael A. Synthesis and properties of monodisperse polydimethylsiloxane networks. *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*, 1993, 31.11: 2697-2710.
63. VAS, 12 standartas: Ilgalaikis materialusis turtas
64. aruodas.lt, [interaktyvus]. 2019 [žiūrėta 2019-12-01]. Prieiga per: https://m.aruodas.lt/patalpos/kaune/?from_search=1&FAreaOverAllMin=50&FAreaOverAllMax=100&FIntendance=manufacture.
65. Labochema: *Iranga laboratorijoms* [interaktyvus]. 2019 [žiūrėta 2019-12-02]. Prieiga per: <https://www.labochema.lt/products-category/laboratorine-iranga/>.
66. Eurobiuras: *Biuro įranga* [interaktyvus]. 2019 [žiūrėta 2019-12-02]. Prieiga per: <https://www.eurobiuras.lt/lt/biuro-iranga/>.
67. MERCK: *Silicio dioksidas* [interaktyvus]. 2019 [žiūrėta 2019-11-18]. Prieiga per: https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/637246?lang=en®ion=LT&cm_sp=Insite_-_prodRecCold_xviews_-_prodRecCold10-4.
68. MERCK: *Poly(vinyl) alcohol* [interaktyvus]. 2019 [žiūrėta 2019-11-18]. Prieiga per: <https://www.sigmaaldrich.com/materials-science/material-science-products.html?TablePage=112435902>
69. MERCK: *Tergitol* [interaktyvus]. 2019 [žiūrėta 2019-11-18]. Prieiga per: <https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sigma/15s7?lang=en®ion=LT>.
70. MERCK: *Polystyrene* [interaktyvus]. 2019 [žiūrėta 2019-11-18]. Prieiga per: <https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sigma/15s7?lang=en®ion=LT>.
71. MERCK: *Methylene chloryde* [interaktyvus]. 2019 [žiūrėta 2019-11-18]. Prieiga per: <https://www.sigmaaldrich.com/chemistry/solvents/products.html?TablePage=17292369>.
72. MERCK: *Ethyl acetate* [interaktyvus]. 2019 [žiūrėta 2019-11-18]. Prieiga per: <https://www.sigmaaldrich.com/chemistry/solvents/products.html?TablePage=17292456>.

Priedai

1 priedas. I projekto ekonominis vertinimas

10 lentelė. Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) poreikis

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai					
	0	1	2	3	4	5
1. Gamybos kaštai, Eur	-	3644,84	3877,47	3893,55	3803,31	3779,34
2. Apyvartinių lėšų metinis poreikis, Eur	-	911,21	969,37	973,39	950,83	944,83
3. Apyvartinių lėšų papildomas poreikis, Eur	-	364,48	58,16	4,02	-22,56	-5,99
4. Apyvartinės lėšos, Eur	546,73	911,21	969,37	973,39	950,83	944,83

11 lentelė. Produkcijos gamybos apimtys planavimas

Projekto metai	Įsisavinimo koeficientas	Gamybos apimtys, natūriniais vienetais
I	1	3745,00
II	1,4	5243,00
III	1,4	5243,00
IV	1,2	4494,00
V	1	3745,00

12 lentelė. Tiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui

Gaminiai	Gamybos apimtys, vnt.	Gaminio darbo imlumas, nh	Valandinis atlyginimas, Eur	Gamybinės programos darbo imlumas, nh	Darbo užmokestis, Eur			Atskaitymai VSD, GF, IDIF, Eur
					Pagr.	Papild.	Bendras	
1 metai								
	3745,00	4,40	5,36	16478,00	88,32	7,85	96,18	1,72
2 metai								
	5243,00	4,00	6,70	20972,00	140,51	12,50	153,01	2,74
3 metai								
	5243,00	4,00	7,37	20972,00	154,56	13,74	168,31	3,01
4 metai								
	4494,00	4,00	7,71	17976,00	138,51	12,32	150,82	2,70
5 metai								
	3745,00	4,00	7,87	14980,00	117,93	10,49	128,42	2,30

13 lentelė. Išlaidos pagrindinėms medžiagoms ir žaliavoms

Medžiagos (žaliavos) pavadinimas	Gamybos planas, vnt.	Medžiagų sunaudojimo norma gaminiui, natūriniais vienetais (kg.)	Medžiagos kaina, Eur/vnt. (Eur/kg)	Medžiagos poreikis, natūriniais vienetais	Medžiagų kaštai	
					gaminio, Eur/vnt.	viso, Eur
1 metai						
PDMS	3745	0,00005000	10,00	187,25	0,00050000	1,87
Svogūnų užpildas		0,00000156	30,00	5,85	0,00004688	0,18
Etilo alkoholis		0,00000781	20,00	29,26	0,00015625	0,59
SiO ₂ nano dalelės		0,00000026	1644,00	0,98	0,00042813	1,60
Iš viso:	-		-	-	-	4,24
2 metai						
PDMS	5243	0,00005000	10,00	187,25	0,00050000	2,62
Svogūnų užpildas		0,00000156	30,00	5,85	0,00004688	0,25
Etilo alkoholis		0,00000781	20,00	29,26	0,00015625	0,82
SiO ₂ nano dalelės		0,00000026	1644,00	0,98	0,00042813	2,24
Iš viso:	-	-	-	-	-	5,93
3 metai						
PDMS	5243	0,00005000	10,00	187,25	0,00050000	2,62
Svogūnų užpildas		0,00000156	30,00	5,85	0,00004688	0,25
Etilo alkoholis		0,00000781	20,00	29,26	0,00015625	0,82
SiO ₂ nano dalelės		0,00000026	1644,00	0,98	0,00042813	2,24
Iš viso:	-	-	-	-	-	5,93
4 metai						
PDMS	4494	0,00005000	10,00	187,25	0,00050000	2,25
Svogūnų užpildas		0,00000156	30,00	5,85	0,00004688	0,21
Etilo alkoholis		0,00000781	20,00	29,26	0,00015625	0,70
SiO ₂ nano dalelės		0,00000026	1644,00	0,98	0,00042813	1,92
Iš viso:	-	-	-	-	-	5,08
5 metai						
PDMS	3745	0,00005000	10,00	187,25	0,00050000	1,87
Svogūnų užpildas		0,00000156	30,00	5,85	0,00004688	0,18
Etilo alkoholis		0,00000781	20,00	29,26	0,00015625	0,59
SiO ₂ nano dalelės		0,00000026	1644,00	0,98	0,00042813	1,60
Iš viso:	-	-	-	-	-	4,24

14 lentelė.Tiesioginės išlaidos elektros energijai

Įrengimų pavadinimas ir markė	Įrengimų skaičius, vnt.	Variklio galia, kW	Darbo valandų skaičius metuose	Elektros energijos poreikis, kWh	1kWh kaina, Eur	Išlaidos elektros energijai, tūkst. Eur.	Išlaidos elektros energijai, tūkst. Eur
1 metai							
Įrengimai	3	6,00	1250,98	7505,90	0,60	4,50	1,74
2 metai							
Įrengimai	3	6,00	1751,38	10508,27	0,60	6,30	2,44
3 metai							
Įrengimai	3	6,00	1751,38	10508,27	0,60	6,30	2,44
4 metai							
Įrengimai	3	6,00	1501,18	9007,08	0,60	5,40	2,09
5 metai							
Įrengimai	3	6,00	1250,98	7505,90	0,60	4,50	1,74

15 lentelė. Netiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui

Profesija	Darbuotojų skaičius	Mėnesinis darbo užmokestis, Eur	Pagrindinis DU fondas, Eur	Atskaitymai VSD, GF ir IDIF, Eur	Su darbuotojais susijusios išlaidos, Eur
1 metai					
Pagalbiniai darbininkai	1	555,00	6660	119,214	6779,214
Gamybinių cechų vadovai, specialistai, techniniai vykdytojai	1	1450,00	17400	311,46	17711,46
Viso:			24060	430,674	24490,674
2 metai					
Pagalbiniai darbininkai	6	555,00	39960	715,284	40675,284
Gamybinių cechų vadovai, specialistai, techniniai vykdytojai	1	1595,00	19140	342,606	19482,606
Viso:			59100	1057,89	60157,89
3 metai					
Pagalbiniai darbininkai	6	555,00	39960	715,284	40675,284
Gamybinių cechų vadovai, specialistai, techniniai vykdytojai	1	1667,50	20010	358,179	20368,179
Viso:			59970	1073,463	61043,463
4 metai					
Pagalbiniai darbininkai	6	555,00	39960	715,284	40675,284
Gamybinių cechų vadovai, specialistai, techniniai vykdytojai	1	1667,50	20010	358,179	20368,179

Lentelės tęsinys kitame puslapyje

Profesija	Darbuotojų skaičius	Mėnesinis darbo užmokestis, Eur	Pagrindinis DU fondas, Eur	Atskaitymai VSD, GF ir IDIF, Eur	Su darbuotojais susijusios išlaidos, Eur
Viso:			59970	1073,463	61043,463
5 metai					
Pagalbiniai darbininkai	6	555,00	39960	715,284	40675,284
Gamybinių cechų vadovai, specialistai, techniniai vykdytojai	1	1667,50	20010	358,179	20368,179
Viso:			59970	1073,463	61043,463

16 lentelė. Amortizaciniai atskaitymai

Ilgalaikio turto rūšis	Įsigijimo vertė, tūkst. Eur	Normatyvinė eksploataavimo trukmė	Nusidėvėjimo suma, tūkst. Eur metams					Likutinė vertė, Eur
			1	2	3	4	5	
Netiesioginės gamybos išlaidos								
1. Pastatai	19495,00	50	362,61	362,61	362,61	362,61	362,61	17681,97
2. Vertingas inventorius	2328,00	10	216,50	216,50	216,50	216,50	216,50	1245,48
3. Darbo mašinos ir įrengimai	6473,00	20	300,99	300,99	300,99	300,99	300,99	4968,03
Iš viso	28296,00		880,11	880,11	880,11	880,11	880,11	23895,47
Veiklos sąnaudos								
1. Pastatai	8355,00	50	155,40	155,40	155,40	155,40	155,40	7577,99
2. Vertingas inventorius	1874,00	10	174,28	174,28	174,28	174,28	174,28	1002,59
Iš viso	10229,00		329,69	329,69	329,69	329,69	329,69	8580,58
Viso:	38525,00		1209,79	1209,79	1209,79	1209,79	1209,79	32476,05

17 lentelė. Netiesioginių gamybos išlaidų sąmata

Išlaidų rūšys	Projekto metai				
	1	2	3	4	5
Pagalbinės medžiagos	4981,25	5243,42	5243,42	5243,42	5243,42
Darbo užmokestis	24,06	59,10	59,97	59,97	59,97
Atskaitymai VSD, GF, IDIF	0,43	1,06	1,07	1,07	1,07
Elektros energija	2,77	2,80	2,83	2,87	2,91
Vanduo	36,63	128,19	128,19	0,13	0,13

Lentelės tęsinys kitame puslapyje

Išlaidų rūšys	Projekto metai				
	1	2	3	4	5
Šiluminė energija	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Amortizaciniai atskaitymai	880,11	880,11	880,11	880,11	880,11
Pagalbinių ir aptarnaujančių tarnybų paslaugos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Įrengimų remontas	0,00	-	0,00	0,00	0,00
Vidaus transporto remontas	0,00	-	0,00	0,00	0,00
Gamybinių cechų pastatų remontas	389,90	389,90	389,90	389,90	389,90
Kitos išlaidos	1561,32	1.561,32	1561,32	1561,32	1561,32
Iš viso:	7876,53	8265,97	8266,88	8138,86	8138,91

18 lentelė. Veiklos sąnaudos.

Išlaidų rūšys	Suma, Eur				
	1	2	3	4	5
1. Pardavimų sąnaudos:	291,59	310,20	311,48	304,27	302,35
· Reklama ir skelbimai	109,35	116,32	116,81	114,10	113,38
· Prekių išvežimas	182,24	193,87	194,68	190,17	188,97
2. Bendrosios ir administracinės sąnaudos:	26249,04	26888,03	28161,52	28160,63	28160,40
· Pagalbinės medžiagos	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
· Administracijos darbuotojų darbo užmokestis	21060,00	21600,00	22680,00	22680,00	22680,00
· Atskaitymai VSD, GF, IDIF	3769,74	3866,40	4059,72	4059,72	4059,72
· Energija (šiluminė ir elektros)	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82
· Amortizaciniai atskaitymai	1209,79	1209,79	1209,79	1209,79	1209,79
· Paslaugos	167,10	167,10	167,10	167,10	167,10
· Komandiruotės	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
· Mokesčiai ir rinkliavos	36,45	38,77	38,94	38,03	37,79
Viso:	26540,62	27198,23	28473,01	28464,90	28462,75

19 lentelė. Palūkanų mokėjimo ir paskolos gražinimo planas

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai				
	1	2	3	4	5
1. Paskolos suma, Eur.	13675,10	10940,08	8205,06	5470,04	2735,02
2. Metinė palūkanų norma, proc.	4	4	4	4	4
3. Palūkanos, Eur.	547,00	437,60	328,20	218,80	109,40
4. Paskolos padengimas, Eur	2735,02	2735,02	2735,02	2735,02	2735,02
Viso	3282,03	3172,62	3063,22	2953,82	2844,42

20 lentelė. Gaminių kainų apskaičiavimas

Gaminiai	Gaminių gamybinė savikaina, Eur	Gaminiai, tenkančios veiklos sąnaudos, Eur	Gaminiai, tenkančios investicinės veiklos sąnaudos, Eur	Gaminių pilnoji savikaina, Eur	Pelnas		Kaina
					%	Eur/vnt.	Eur
Pirmais metais							
	0,97	7,09	0,55	8,61	30,00	2,58	11,19
Antrais metais							
	0,74	5,19	0,44	6,36	150,00	9,55	15,91
Trečiais metais							
	0,74	5,43	0,33	6,50	140,00	9,10	15,60
Ketvirtais metais							
	0,85	6,33	0,22	7,40	100,00	7,40	14,80
Penktais metais							
	1,01	7,60	0,11	8,72	30,00	2,62	11,33

21 lentelė. Projekto pelno (nuostolio) ataskaita.

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai				
	1	2	3	4	5
1. Pardavimų pajamos	41904,19	83425,13	81809,58	66503,01	42447,33
2. Parduodamos produkcijos gamybos kaštai	3644,84	3877,47	3893,55	3803,31	3779,34
3. Bendras pelnas (nuostolis)	38259,35	79547,66	77916,03	62699,70	38667,99
4. Veiklos sąnaudos	26540,62	27198,23	28473,01	28464,90	28462,75
5. Veiklos pelnas (nuostolis)	11718,73	52349,43	49443,02	34234,80	10205,24
6. Finansinė ir investicinė veikla	547,00	437,60	328,20	218,80	109,40

Lentelės tęsinys kitame puslapyje

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai				
	1	2	3	4	5
7. Pelnas (nuostolis) prieš apmokestinimą	11171,73	51911,83	49114,82	34016,00	10095,84
8. Pelno mokestis	1675,76	7786,77	7367,22	5102,40	1514,38
9. Grynasis pelnas (nuostolis)	9495,97	44125,05	41747,59	28913,60	8581,47

22 lentelė. Diskontuotų pinigų srautų ataskaita

Projekto metai	Projekto GPS		Diskontuoti	
	metiniai GPS	bendri GPS	metiniai GPS	bendri GPS
0	-39071,73	-39071,73	-39.071,73 €	-39.071,73 €
1	7059,25	-32012,48	6.636,50 €	-32.435,22 €
2	42104,06	10091,59	37.212,23 €	4.777,01 €
3	39890,14	49981,73	33.144,24 €	37.921,25 €
4	27192,13	77173,85	21.240,59 €	59.161,84 €
5	39428,88	116602,73	28.954,67 €	88.116,51 €

2 priedas. II projekto ekonominis vertinimas

23 lentelė. Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) poreikis

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai					
	0	1	2	3	4	5
1. Gamybos kaštai, Eur	-	5904,27	6691,54	6715,41	6378,80	6105,95
2. Apyvartinių lėšų metinis poreikis, Eur	-	1476,07	1672,88	1678,85	1594,70	1526,49
3. Apyvartinių lėšų papildomas poreikis, Eur	-	590,43	196,82	5,97	-84,15	-68,21
4.. Apyvartinės lėšos, Eur	885,64	1476,07	1672,88	1678,85	1594,70	1526,49

24 lentelė. Produkcijos gamybos apimtys planavimas

Projekto metai	Įsisavinimo koeficientas	Gamybos apimtis, natūriniais vienetais
I	1	3745,00
II	1,4	5243,00
III	1,4	5243,00
IV	1,2	4494,00
V	1	3745,00

25 lentelė. Tiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui

Gaminiai	Gamybos apimtis, vnt.	Gaminio darbo imlumas, nh	Valandinis atlyginimas, Eur	Gamybinės programos darbo imlumas, nh	Darbo užmokestis, Eur			Atskaitymai VSD, GF, IDIF, Eur
					Pagr.	Papild.	Bendras	
1 metai								
	3745,00	6,60	5,36	24717,00	132,48	11,78	144,26	2,58
2 metai								
	5243,00	6,00	6,70	31458,00	210,77	18,74	229,51	4,11
3 metai								
	5243,00	6,00	7,37	31458,00	231,85	20,62	252,46	4,52
4 metai								
	4494,00	6,00	7,71	26964,00	207,76	18,48	226,23	4,05
5 metai								
	3745,00	6,00	7,87	22470,00	176,90	15,73	192,63	3,45

26 lentelē. Išlaidos pagrindinēms medžiagoms ir žaliavoms

Medžiagos (žaliavos) pavadinimas	Gamybos planas, vnt.	Medžiagų sunaudojimo norma gaminiui, natūriniais vienetais (kg.)	Medžiagos kaina, Eur/vnt. (Eur/kg)	Medžiagos poreikis, natūriniais vienetais	Medžiagų kaštai	
					gaminio, Eur/vnt.	viso, Eur
1 metai						
PDMS	3745	0,00005000	10,00	187,25	0,00050000	1,87
Allium cepa aliejus		0,00000104	30,00	3,90	0,00003125	0,12
PVA ir kt terpės		0,00200000	158,80	7,49	0,31760000	1189,41
Polistirenas		0,00000069	65,70	2,60	0,00004563	0,17
Iš viso:	-		-	-	-	1191,57
2 metai						
PDMS	5243	0,00005000	10,00	187,25	0,00050000	2,62
Allium cepa aliejus		0,00000104	30,00	3,90	0,00003125	0,16
PVA ir kt terpės		0,00200000	158,80	7,49	0,31760000	1665,18
Polistirenas		0,00000069	65,70	2,60	0,00004563	0,24
Iš viso:	-	-	-	-	-	1668,20
3 metai						
PDMS	5243	0,00005000	10,00	187,25	0,00050000	2,62
Allium cepa aliejus		0,00000104	30,00	3,90	0,00003125	0,16
PVA ir kt terpės		0,00200000	158,80	7,49	0,31760000	1665,18
Polistirenas		0,00000069	65,70	2,60	0,00004563	0,24
Iš viso:	-	-	-	-	-	1668,20
4 metai						
PDMS	4494	0,00005000	10,00	187,25	0,00050000	2,25
Allium cepa aliejus		0,00000104	30,00	3,90	0,00003125	0,14
PVA ir kt terpės		0,00200000	158,80	7,49	0,31760000	1427,29
Polistirenas		0,00000069	65,70	2,60	0,00004563	0,21
Iš viso:	-	-	-	-	-	1429,89
5 metai						
PDMS	3745	0,00005000	10,00	187,25	0,00050000	1,87
Allium cepa aliejus		0,00000104	30,00	3,90	0,00003125	0,12
PVA ir kt terpės		0,00200000	158,80	7,49	0,31760000	1189,41
Polistirenas		0,00000069	65,70	2,60	0,00004563	0,17
Iš viso:	-	-	-	-	-	1191,57

27 lentelė. Tiesioginės išlaidos elektros energijai

Įrengimų pavadinimas ir markė	Įrengimų skaičius, vnt.	Variklio galia, kW	Darbo valandų skaičius metuose	Elektros energijos poreikis, kWh	1kWh kaina, Eur	Išlaidos elektros energijai, tūkst. Eur.	Išlaidos elektros energijai, tūkst. Eur
1 metai							
Įrengimai	3	6,00	1250,98	7505,90	0,60	4,50	1,74
2 metai							
Įrengimai	3	6,00	1751,38	10508,27	0,60	6,30	2,44
3 metai							
Įrengimai	3	6,00	1751,38	10508,27	0,60	6,30	2,44
4 metai							
Įrengimai	3	6,00	1501,18	9007,08	0,60	5,40	2,09
5 metai							
Įrengimai	3	6,00	1250,98	7505,90	0,60	4,50	1,74

28 lentelė. Netiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui

Profesija	Darbuotojų skaičius	Mėnesinis darbo užmokestis, Eur	Pagrindinis DU fondas, Eur	Atskaitymai VSD, GF ir IDIF, Eur	Su darbuotojais susijusios išlaidos, Eur
1 metai					
Pagalbiniai darbininkai	1	555,00	6660	119,214	6779,214
Gamybinių cechų vadovai, specialistai, techniniai vykdytojai	1	1450,00	17400	311,46	17711,46
Viso:			24060	430,674	24490,674
2 metai					
Pagalbiniai darbininkai	6	555,00	39960	715,284	40675,284
Gamybinių cechų vadovai, specialistai, techniniai vykdytojai	1	1595,00	19140	342,606	19482,606
Viso:			59100	1057,89	60157,89
3 metai					
Pagalbiniai darbininkai	6	555,00	39960	715,284	40675,284
Gamybinių cechų vadovai, specialistai, techniniai vykdytojai	1	1667,50	20010	358,179	20368,179
Viso:			59970	1073,463	61043,463
4 metai					
Pagalbiniai darbininkai	6	555,00	39960	715,284	40675,284
Gamybinių cechų vadovai, specialistai, techniniai vykdytojai	1	1667,50	20010	358,179	20368,179

Lentelės tęsinys kitame puslapyje

Profesija	Darbuotojų skaičius	Mėnesinis darbo užmokestis, Eur	Pagrindinis DU fondas, Eur	Atskaitymai VSD, GF ir IDIF, Eur	Su darbuotojais susijusios išlaidos, Eur
Viso:			59970	1073,463	61043,463
5 metai					
Pagalbiniai darbininkai	6	555,00	39960	715,284	40675,284
Gamybinių cechų vadovai, specialistai, techniniai vykdytojai	1	1667,50	20010	358,179	20368,179
Viso:			59970	1073,463	61043,463

29 lentelė. Amortizaciniai atskaitymai

Ilgalaikio turto rūšis	Įsigijimo vertė, tūkst. Eur	Normatyvinė eksploataavimo trukmė	Nusidėvėjimo suma, tūkst. Eur metams					Likutinė vertė, tūkst. Eur
			1	2	3	4	5	
Netiesioginės gamybos išlaidos								
1. Pastatai	19495,00	50	362,61	362,61	362,61	362,61	362,61	17681,97
2. Vertingas inventorius	2328,00	10	216,50	216,50	216,50	216,50	216,50	1245,48
3. Darbo mašinos ir įrengimai	6473,00	20	300,99	300,99	300,99	300,99	300,99	4968,03
Iš viso	28296,00		880,11	880,11	880,11	880,11	880,11	23895,47
Veiklos sąnaudos								
1. Pastatai	8355,00	50	155,40	155,40	155,40	155,40	155,40	7577,99
2. Vertingas inventorius	1874,00	10	174,28	174,28	174,28	174,28	174,28	1002,59
Iš viso	10229,00		329,69	329,69	329,69	329,69	329,69	8580,58
Viso:	38525,00		1209,79	1209,79	1209,79	1209,79	1209,79	32476,05

30 lentelė. Netiesioginių gamybos išlaidų sąmata

Išlaidų rūšys	Projekto metai				
	1	2	3	4	5
Pagalbinės medžiagos	7471,67	7864,92	7864,92	7864,92	7864,92
Darbo užmokestis	24,06	59,10	59,97	59,97	59,97
Atskaitymai VSD, GF, IDIF	0,43	1,06	1,07	1,07	1,07
Elektros energija	2,77	2,80	2,83	2,87	2,91
Vanduo	36,63	128,19	128,19	0,13	0,13

Išlaidų rūšys	Projekto metai				
	1	2	3	4	5
Šiluminė energija	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Amortizaciniai atskaitymai	880,11	880,11	880,11	880,11	880,11
Pagalbinių ir aptarnaujančių tarnybų paslaugos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Įrengimų remontas	0,00	-	0,00	0,00	0,00
Vidaus transporto remontas	0,00	-	0,00	0,00	0,00
Gamybinių cechų pastatų remontas	389,90	389,90	389,90	389,90	389,90
Kitos išlaidos	1666,18	1.666,18	1666,18	1666,18	1666,18
Iš viso:	10471,82	10992,33	10993,24	10865,22	10865,27

31 lentelė. Veiklos sąnaudos.

Išlaidų rūšys	Suma, tūkst. Eur				
	1	2	3	4	5
1. Pardavimų sąnaudos:	472,34	535,32	537,23	510,30	488,48
· Reklama ir skelbimai	177,13	200,75	201,46	191,36	183,18
· Prekių išvežimas	295,21	334,58	335,77	318,94	305,30
2. Bendrosios ir administracinės sąnaudos:	26271,63	26916,17	28189,74	28186,39	28183,67
· Pagalbinės medžiagos	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
· Administracijos darbuotojų darbo užmokestis	21060,00	21600,00	22680,00	22680,00	22680,00
· Atskaitymai VSD, GF, IDIF	3769,74	3866,40	4059,72	4059,72	4059,72
· Energija (šiluminė ir elektros)	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82
· Amortizaciniai atskaitymai	1209,79	1209,79	1209,79	1209,79	1209,79
· Paslaugos	167,10	167,10	167,10	167,10	167,10
· Komandiruotės	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
· Mokesčiai ir rinkliavos	59,04	66,92	67,15	63,79	61,06
Viso:	26743,97	27451,50	28726,97	28696,69	28672,15

32 lentelė. Palūkanų mokėjimo ir paskolos gražinimo planas

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai				
	1	2	3	4	5
1. Paskolos suma, Eur.	13793,72	11034,98	8276,23	5517,49	2758,74
2. Metinė palūkanų norma, proc.	4	4	4	4	4
3. Palūkanos, Eur.	551,75	441,40	331,05	220,70	110,35
4. Paskolos padengimas, Eur	2758,74	2758,74	2758,74	2758,74	2758,74
Viso	3310,49	3200,14	3089,79	2979,44	2869,09

33 lentelė. Gaminių kainų apskaičiavimas

Gaminiai	Gaminių gamybinė savikaina, Eur	Gaminiai, tenkančios veiklos sąnaudos, Eur	Gaminiai, tenkančios investicinės veiklos sąnaudos, Eur	Gaminių pilnoji savikaina, Eur	Pelnas		Kaina
					%	Eur/vnt.	Eur
Pirmais metais							
	1,58	7,14	0,55	9,27	30,00	2,78	12,05
Antrais metais							
	1,28	5,24	0,44	6,95	150,00	10,43	17,38
Trečiais metais							
	1,28	5,48	0,33	7,09	140,00	9,93	17,02
Ketvirtais metais							
	1,42	6,39	0,22	8,03	100,00	8,03	16,05
Penktais metais							
	1,63	7,66	0,11	9,40	30,00	2,82	12,22

34 lentelė. Projekto pelno (nuostolio) ataskaita.

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai				
	1	2	3	4	5
1. Pardavimų pajamos	45128,91	91143,22	89227,37	72134,63	45748,77
2. Parduodamos produkcijos gamybos kaštai	5904,27	6691,54	6715,41	6378,80	6105,95
3. Bendras pelnas (nuostolis)	39224,63	84451,68	82511,97	65755,83	39642,81
4. Veiklos sąnaudos	26743,97	27451,50	28726,97	28696,69	28672,15
5. Veiklos pelnas (nuostolis)	12480,66	57000,19	53784,99	37059,14	10970,67
6. Finansinė ir investicinė veikla	551,75	441,40	331,05	220,70	110,35

Lentelės tęsinys kitame puslapyje

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai				
	1	2	3	4	5
7. Pelnas (nuostolis) prieš apmokestinimą	11928,91	56558,79	53453,94	36838,44	10860,32
8. Pelno mokestis	1789,34	8483,82	8018,09	5525,77	1629,05
9. Grynasis pelnas (nuostolis)	10139,58	48074,97	45435,85	31312,67	9231,27

35 lentelė. Diskontuotų pinigų srautų ataskaita

Projekto metai	Projekto GPS		Diskontuoti	
	metiniai GPS	bendri GPS	metiniai GPS	bendri GPS
0	-39410,64	-39410,64	-39.410,64 €	-39.410,64 €
1	7448,45	-31962,19	7.002,39 €	-32.408,25 €
2	45887,80	13925,60	40.556,35 €	8.148,11 €
3	43549,88	57475,49	36.185,08 €	44.333,18 €
4	29627,17	87102,66	23.142,67 €	67.475,86 €
5	40116,23	127218,88	29.459,43 €	96.935,28 €

POLIDIMETHYLSILOXANE AND MEDICAL PLANTS EXTRACTS COMPOSITES DEVELOPMENT AND INVESTIGATION

Akvilė Andziukevičiūtė-Jankūnienė¹, Birutė Sinkutė², Virginija Jankauskaitė¹

¹Department of Production Engineering, Kaunas University of Technology

²St. Ignatius Loyola College

akvilea@gmail.com

Scarring is an unfortunate and unavoidable consequence of cutaneous surgery [1]. Scar outcomes vary widely from a spectrum of fine and asymptomatic to unappealing keloids. Raised hypertrophic scars exist within this scar spectrum and occur by the over expression of extracellular matrix molecules during the proliferative and remodeling phases of wound healing [2]. Silicone gel sheeting has been shown to mitigate the development of post-operative scars. The use of silicone sheeting is generally considered as a first-line option for extenuating and treating hypertrophic scars [3, 4]. Medicinal plants are used for different therapeutic purposes or as precursors of drugs containing different phytochemicals. A large number of plants with medical properties have been studied for their effectiveness in the prevention of scarring [5, 6]. Observations in vitro and in vivo display extracts and compounds of medicinal plants with antiscar activity. Although many possibilities of scarring inhibitions using compounds from medicinal plants have been experimentally studied, but their action mechanism on scar healing is not well understood. Figure 1 summarizes the suggested mechanisms of antiscar activity of compounds obtained from medicinal plants [6].

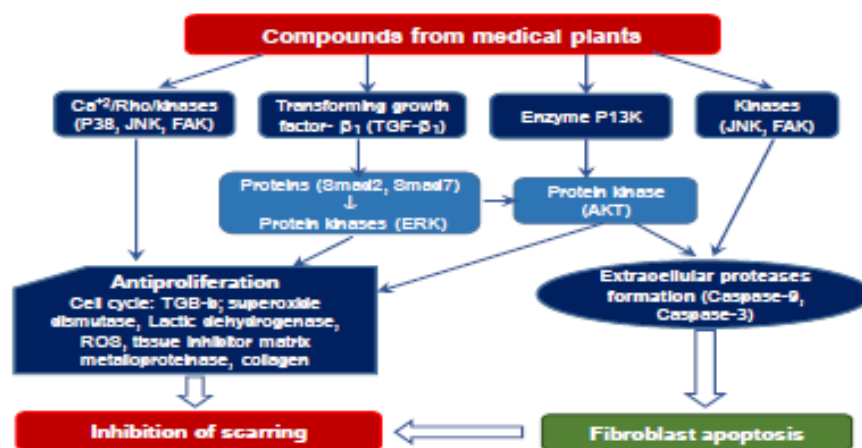


Fig. 1. The mechanism of antiscar activity displayed by compounds from medical plant extracts [5].

The goal of this investigation was to create compositions of elastic biosynthetic silicone rubber with medicinal herbal extract for scar treatment.

Highly biocompatible, room temperature vulcanized polydimethylsiloxane (PDMS) was used. This PDMS has low hardness and strength, is hydrophobic, viscoelastic, and repels dust. Extracts of red onions (*Allium cepa*) have been selected for PDMS modification. *Allium cepa* contains a lot of organic substances: phenolic acids, thiosulfonates, quercetin, flavonoids, cysteine, sulfoxides, selenium, and other compounds. It was determined that freeze-dried *Allium cepa* extract changes PDMS surface tension, reduces its hardness and slightly deteriorates properties at tension. Therefore, *Allium cepa* extract was encapsulated into a low-strength polymeric shell to protect it from contact with PDMS. This shell can easily break down after mechanical loading that allow the extract to leak out and increase PDMS ability for scar healing. The morphology of the surface, the tendency to aggregate and the average size of microcapsules with polystyrene shell and *Allium cepa* core depend on the method of production and ratio of shell/core materials.

- [1] A.S. Clayton, T. Stasko. Surgical Complications and Optimizing Outcomes. In: Bologna JL, Jorizzo JL, Schaffer JV, eds. Dermatology. Vol 3. Atlanta: Elsevier Inc; (2016).
- [2] G.P. Sidgwick, D. McGeorge, A. Bayat. A comprehensive evidence-based review on the role of topicals and dressings in the management of skin scarring. Arch Dermatol Res. 2015;307:461-477 (2015).
- [3] Kim JS, Hong JP, Choi JW, Seo DK, Lee ES, Lee HS. The efficacy of a silicone sheet in postoperative scar management. Adv Skin Wound Care. 2016;29:414-420. (2016).
- [4] Medhi B, Sewal RK, Kaman L, Kadhe G, Mane A. Efficacy and safety of an advanced formula silicone gel for prevention of postoperative scars. Dermatol Ther (Heidelb). 2013;3:157-167 (2013).
- [5] Ye Q., Wang S.-Y., Chen J.-Y., Rahman K. Xin H.- L., Zhang H. Medicinal Plants for the Treatment of Hypertrophic Scars. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. Article ID 101340 p.1-15 (2015).
- [6] Mehta M., Bramford O. A., Rolfe K. J. The evidence for natural therapeutics as potential anti-scarring agents in burn related scarring. Burns & Trauma 4(15). p. 1-12. (2016).

POLIDIMETHYLSILOXANE AND MEDICAL PLANTS EXTRACTS COMPOSITES DEVELOPMENT AND INVESTIGATION

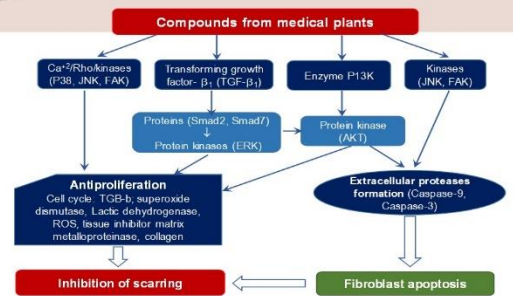


Akvilė Andziukevičiūtė-Jankūnienė¹, Birutė Sinkutė², Virginija Jankauskaitė¹

¹ Department of Production Engineering, Kaunas University of Technology, ² St. Ignatius Loyola College, akvile@gmail.com

Introduction:

Scarring is an unfortunate and unavoidable consequence of cutaneous surgery [1]. Scar outcomes vary widely from a spectrum of fine and asymptomatic to unappealing keloids. Raised hypertrophic scars exist within this scar spectrum and occur by the over expression of extracellular matrix molecules during the proliferative and remodeling phases of wound healing [2]. Silicone gel sheeting has been shown to mitigate the development of post-operative scars. The use of silicone sheeting is generally considered as a first-line option for extenuating and treating hypertrophic scars [3, 4]. Medicinal plants are used for different therapeutic purposes or as precursors of drugs containing different phytochemicals. A large number of plants with medical properties have been studied for their effectiveness in the prevention of scarring [5, 6]. Observations in vitro and in vivo display extracts and compounds of medicinal plants with antiscar activity. Although many possibilities of scarring inhibitions using compounds from medicinal plants have been experimentally studied, but their action mechanism on scar healing is not well understood.



The suggested mechanisms of antiscar activity of compounds obtained from medicinal plants [6]

The goal of this investigation was to create compositions of elastic biosynthetic silicone rubber with medicinal herbal extract for scar treatment.

Materials:

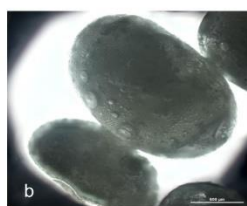
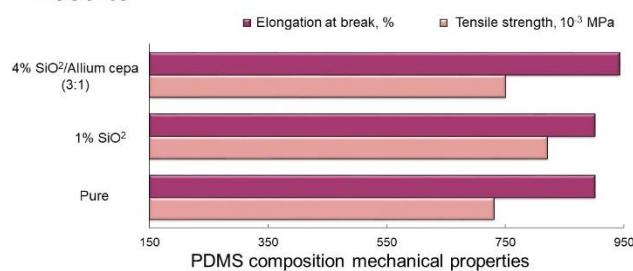
Highly biocompatible, room temperature vulcanized polydimethylsiloxane (PDMS) was used. This PDMS has low hardness and strength, is hydrophobic, viscoelastic, and repels dust.

Extracts of red onions (*Allium cepa*) have been selected for PDMS modification. *Allium cepa* contains a lot of organic substances: phenolic acids, thiosulfonates, quercetin, flavonoids, cysteine, sulfoxides, selenium, and other compounds.

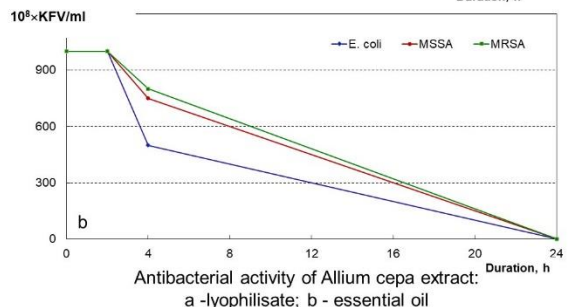
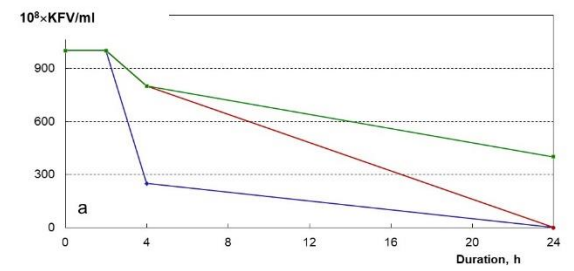
Type	Density, g/m ³	Hardness, Shore 00 vnt.	Tensile strength, N/mm ²	Elongation at break, %	Tear strength, N/mm
Silpuran 2400	1,0	55	2,0	600	3
Silpuran 2400/25	1,05	25	1,3	700	3

Curing: Mix A:B=1:1; $\tau = 10$ min; $T = 100$ °C

Results:



Microcapsules with Allium cepa essential oil core in different shells: a - polystyrene, b - ethylcellulose



Conclusions:

It was determined that freeze-dried *Allium cepa* extract changes PDMS surface tension, reduces its hardness and slightly deteriorates properties at tension. Therefore, *Allium cepa* extract was encapsulated into a low-strength polymeric shell to protect it from contact with PDMS. This shell can easily break down after mechanical loading that allow the extract to leak out and increase PDMS ability for scar healing. The morphology of the surface, the tendency to aggregate and the average size of microcapsules with polystyrene shell and *Allium cepa* core depend on the method of production and ratio of shell/core materials.

[1] A.S. Clayton, T. Stasko. Surgical Complications and Optimizing Outcomes. In: Bologna JL, Jorizzo JL, Schaffer JV, eds. Dermatology. Vol 3. Atlanta: Elsevier Inc; (2016).
 [2] G.P. Sidgwick, D. McGeorge, A. Bayat. A comprehensive evidence-based review on the role of topicals and dressings in the management of skin scarring. Arch Dermatol Res. 2015;307:461-477 (2015).
 [3] Kim JS, Hong JP, Choi JW, Seo DK, Lee ES, Lee HS. The efficacy of a silicone sheet in postoperative scar management. Adv Skin Wound Care. 2016;29:414-420, (2016).
 [4] Medhi B, Sewal RK, Kaman L, Kadhe G, Mane A. Efficacy and safety of an advanced formula silicone gel for prevention of postoperative scars. Dermatol Ther (Heidelb). 2013;3:157-167 (2013).
 [5] Ye Q, Wang S-Y, Chen J-Y, Rahman K, Xin H-L, Zhang H. Medicinal Plants for the Treatment of Hypertrophic Scars. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. Article ID 101340. p.1-15 (2015).
 [6] Mehta M., Branford O. A., Rolfe K. J.. The evidence for natural therapeutics as potential anti-scarring agents in burn related scarring. Burns & Trauma 4(15).. p. 1-12. (2016).

OPEN READINGS 2019
CERTIFICATE OF PARTICIPATION

This certifies that

Akvile Andziukeviciute-Jankuniene

*has participated in the 62nd International
Conference for Students of Physics and Natural Sciences
"Open Readings 2019", which took place on
19-22nd of March in Vilnius, Lithuania.*



Edvinas Skliutas,
Conference Chair

Organising committee of
Open Readings,
Vilnius University

www.openreadings.eu

Sauletekio Ave. 9-III
LT-10222 Vilnius, Lithuania
info@openreadings.eu

4 priedas. Tyrimo rezultatų sklaida tarptautinėje konferencijoje „Baltic Polymer Symposium 2018“

PAPER • OPEN ACCESS

Compression Properties of knitted Supports with silicone elements for scars treatment and New Approach to Compression Evaluation

To cite this article: Laima Muralien *et al* 2019 *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* **500** 012016
View the article online for updates and enhancements.

Compression Properties of knitted Supports with silicone elements for scars treatment and New Approach to Compression Evaluation

Laima Muralienė, Daiva Mikučionienė, Akvilė Andziukevičiūtė-Jankūnienė, Virginija Jankauskaitė

Department of Production Engineering, Kaunas University of Technology, Studentų Str. 56, LT-51424, Kaunas, Lithuania

La.milasiute@ktu.edu

Abstract. Innovative compression products for scars treatment have to fulfil various functions and contains extra elements for different purposes. It is already known that all rigid elements, inserted into support, can change elasticity of entire product – there is a strong linear dependence between the rigid element relative area and compression generated by the knitted orthopaedic support. The aim of this research was to investigate the mechanical behaviour of different knitted compression apparel products with silicon elements for scars treatment. The unique complex mean of bandages for compression treatment was created in cooperation with JSC „Ortopedijos klinika“ and JSC „Plėtra“. Products were manufactured from knitted material with an elastic structure and layer of biocompatible silicon with medical plants substrate which creates antihypertrophic effect for scars treatment. Knitted compression fabrics were made by knitting two types of elastomeric yarns together (4.4 tex PU core double covered with 2.2 tex PA6.6; 33 tex PU core double covered with 2.2 tex PA6.6). Samples were stretched till the selected tensile force and hold in this position for 120s in case to measure elongation in more accurate way. According to results, recommended elongation for selected products was found.

1. Introduction

The use of compression textile products for medical purposes has increased significantly since 1970. Originally, these products were used to exert pressure along the human body for the treatment of scars resulting from burns, and treatment of post-surgical condition. Knitted medical textile garments are widely used because of their greater flexibility, higher porosity, more flexible structure and better forming technology [1]. Nowadays innovative products for scars treatment have to fulfil various functions and contains extra elements for different purposes. Compression apparel for treatment after burns (usually 3th grade burns) has to generate not less than 24 mmHg compression and has to be worn at least 12 months, 23 hours per day [2, 3]. The average pressure level applied to the treated tissues is about 25 mmHg [4].

Compression apparel is often designed from knitted fabric with additional details for different purposes. It is known that there is a high correlation between the mechanical properties of the fabric and generated pressure [5]. Orthopaedic supports often have added silicone elements such as modified biocompatible silicon components or other parts for functional application and may also comprise other components, such as straps, fasteners including disengage able two-part fastener system, such as



Velcro (the brand name of the first commercially marketed fabric hook-and-loop fastener) for engaging the support with the body [6]. All rigid elements, inserted into support, can change elasticity of entire product. It is already known that in the area of low extensions, there is a strong linear dependence between the rigid element relative area and compression generated by the knitted orthopaedic support – compression linearly increases by increasing the area of the rigid element [7, 8]. Moreover, additional rigid elements can significantly affect generated compression or can even change the compression class of the product. It was established that rigid element, that occupies ~ 8% of the total area of a support, enhances the tensile force as well as compression up to 15% even at low elongation (10%). This influence depends on the level of elongations in which orthopaedic support is used. Compression, generated by the support with 25% relative area covered by a rigid element, increases up to ~ 17% at 10% fixed elongation and up to ~ 24% at 20% fixed elongation. However, if area covered by a rigid element is up to 3% and such support is used in area of low deformations (up to 10%), it is not necessary to assess the influence of relative rigid area on compression of the knitted support [7, 8].

Compression products usually are worn for a medical reasons and are indicated for long lasting term of wearing. After securing product to the body part, relaxation process appears and compression value may differ during the wearing time [9]. It is known that relaxation process of different type and nature of the yarns appears differently [10].

The aim of this study was to investigate the mechanical behavior of different knitted compression products with silicon elements for scars treatment.

2. Materials and Methods

The unique complex mean of bandages for compression treatment was created in cooperation with JSC „Ortopedijos klinika“ and JSC „Plėtra“. Experimental samples were manufactured on a flat double needle-bed 14E gauge knitting machine CMS 340TC-L (f. STOLL, Germany). Plain knitted fabric and three different location supports (ankle, knee and wrist) were designed and manufactured. Combined “Bird eye” and rib 1x1 patterns were used for the samples. Products were manufactured from knitted material with an elastic structure and layer of biocompatible silicon with medical plants substrate which creates antihypertrophic effect for scars treatment. Samples of supports for different locations were made by knitting two types of elastomeric yarns together: 4.4 tex PU core double covered with 2.2 tex PA6.6 and 33 tex PU core double covered with 2.2 tex PA6.6. The schematic structure of the knitting pattern is presented in the figure 1.

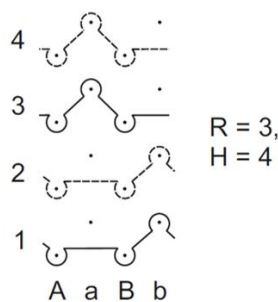


Figure1. Schematic structure of the knitting pattern (H is the height of the pattern repeat, R is the width of the pattern repeat).

The tensile behavior of the knitted fabric tested was evaluated using universal testing machine ZWICK/Z005 according to Standard LST EN ISO 13934–1:2000. According to the shape of the samples of supports special claps were designed and used for this research. The tensile speed was 100 mm/min; pretension – 2N, sensor – 5kN. According to the results of the latest research [9], samples of supports for different locations were stretched till the selected tensile force and held in this position for 120s in case to evaluate relaxation process and to measure elongation in more accurate way. Results of each point are calculated as average of five tensile tests. Compression is calculated by the Laplace

formula and depends on pressure P (Pa), tensile force in the knitted sample F (N) and the area of the knitted sample S (m²):

$$P = \frac{2\pi F}{S} \quad (1)$$

All experiments were carried out in a standard atmosphere for testing according to Standard LST EN ISO 139:2005.

Structure parameters of knitted samples were analysed according to British Standard BS 5441:1998.

3. Results and discussion

It is well known that mechanical properties of plain knitted fabric has valuable influence to the mechanical properties and behaviour of the complete knitted garment. From the previous research it is also known that additional rigid elements can significantly affect generated compression or can even change the compression class of the product [8]. Nevertheless, same purpose products, produced from the same material but appointed for different locations appears in various forms, dimensions and surface areas occupied by rigid elements. Also, in order to generate compression, perimeter of compression product and perimeter of the limb have to differ. It leads to assumption that tensile force values may be different to fulfil requirements of generated compression for such a products.

In order to investigate influence of different form, measurements and surface area occupied by the silicon element on the compression parameters, three different body locations were chosen. For further analysis supports for knee, ankle and wrist were designed and manufactured. All prepared samples were measured and structure parameters were calculated. It is recommended that compression products for scars treatment have to generate 33.2 ÷ 42.5 kPa compression and to belong to the second compression class (according to the Standard RAL-GZ 387/1:2008). According to the target compression (33.2 ÷ 42.5 kPa) the range of target tensile force was calculated by Laplace formula and average target tensile force was chosen. Obtained results are presented in the table 1.

Table 1. Measurements and structure parameters of tested knitted supports.

Location of the support	Knee	Ankle	Wrist
Surface area, m ²	0.1026	0.0550	0.0378
Surface area of the silicone element, m ²	0.0027	0.0027	0.0041
Surface area of the silicone element, %	2.6%	4.9%	10.9%
Course density, cm ⁻¹	7.5	7.5	8
Wale density (right), cm ⁻¹	9	9.5	9 / 14
Wale density (left), cm ⁻¹	14	14	14
Calculated target tensile force, N	27-34	10-13	12-15
Chosen average target tensile force, N	30	12	14

Compression products usually are worn for a medical reasons and have to fulfil medical requirements such as appropriate value of generated compression. In order to achieve target tensile force and generate target compression, selected samples were strained till fixed tensile force and hold in this position for 120s. The period of relaxation (120s) was based on the obtained experimental result from the previous research – because the relaxation processes of inner structure the tensile force decreases significantly during this period and after this period the relaxation process is considerably slower [9]. Due to the compression garments for scars treatment are usually indicated and being worn for a long-term (e.g. 12 hours a day), the importance of initial value of generated compression is less substantial.

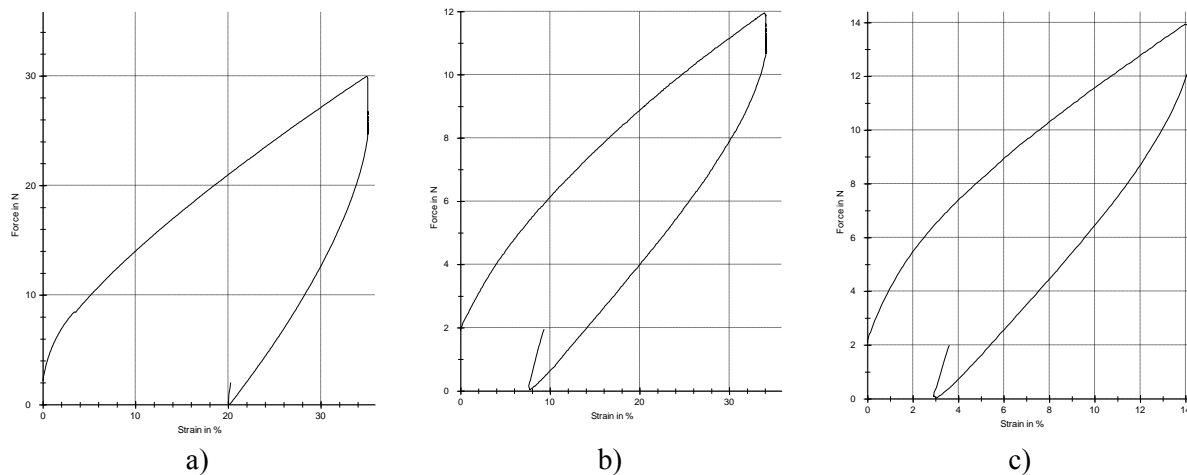


Figure 2. Characteristic force-strain curves of tensile test of supports for different locations: a) knee, b) ankle, c) wrist.

Characteristic force-strain curves of tensile tests are presented in the figure 2. The variation coefficient of elongation ranges from 3.5 to 7.5. It is well known that in order to generate compression perimeter of support and the perimeter of the limb have to differ. According to the results of the tensile tests, the target elongation was estimated. It was found that to achieve target compression, tested samples of knee supports have to be stretched till 20% elongation, ankle supports – till 20% elongation and wrist supports – till 15% elongation. Results confirms the assumption that tensile force values may be different to fulfil requirements of generated compression for compression products for different locations. For this reason the perimeter of compression product and perimeter of the limb has to differ accordingly. Moreover, results of this research shown that in order to predict generated compression values not only the structure parameters of the knitted fabric but also completed product parameters have to be evaluated. More researches in this area may enable possibilities to predict generated compression in the more accurate way.

4. Conclusions

This research was based on investigation of full garment for scars treatment compression properties and recommendation for its formation. According to the results, it was found that prediction of compression properties of the same pattern knitted garment for different body locations should not be evaluated just according to the plain fabric mechanical properties. Results shown that in order to achieve target tensile force and compression values, elongation of the selected samples should be different - knee supports have to be stretched till 20% elongation, ankle supports – till 20% elongation and wrist supports – till 15% elongation. Consequently, the perimeter of compression product and perimeter of the limb has to differ accordingly. Moreover, results of this research shown that in order to predict generated compression values not only the structure parameters of the knitted fabric but also completed product parameters have to be evaluated.

References

- [1] Zhang X and Ma P 2018 Application of Knitting Structure Textiles in Medical Areas *Autex R. J.* **18(2)** 181-191 DOI 10.1515/aut-2017-0019
- [2] Varan N Y and Gursoy N C 2010 Textiles for burn treatments: an overview *Proc. 5th Int. Conf. ITC&DC Magic World of Textiles* (Dubrovnik, Croatia) 171-75
- [3] Anzarut A et al 2009 The effectiveness of pressure garment therapy for prevention of abnormal scarring after burn injury: a meta-analysis *J. of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery* **62(1)** 77-84

- [4] Legner M 1999 Medical Textile with Specific Characteristics Produced on Flat Knitting Machines *Proc. 2nd Int. Conf.* (Bolton Institute, UK) 44-51
- [5] Cheng Z, Kuzmichev V E and Adolphe D C 2017 Development of Knitted Materials Selection for Compression Underwear *Autex R. J.* **17(2)** 177-187 DOI 10.1515/aut-2016-0006
- [6] Kowalski K et al 2012 Modelling and Designing Compression Garments with Unit Pressure Assumed for Body Circumferences of a Variable Curvature Radius *Fibr. & Text. in East. Europe* **20(6A)** 98-102
- [7] Mikučioniene D and Ališauskiene D 2014 Prediction of Compression of Knitted Orthopaedic Supports by Inlay-Yarn Properties *Material Science* **20(3)** 311-14
- [8] Mikučioniene D and Milašiūte L 2017 Influence of Knitted Orthopaedic Support Construction on Compression Generated by the Support *J. of Ind. Textile* **47(4)** 551-66
- [9] Muralienė L, Mikučionienė D, Laureckienė G and Brazaitis M 2018 New Approach to Evaluation of Orthopaedic Supports Compression Properties *J. of Ind. Textile* DOI 10.1177/1528083718783312
- [10] Laureckienė G and Milašius R 2017 Behaviour of Long-Lasting Stress Relaxation of Various Types of Yarns *Autex R. J.* **17(4)** 379-385 DOI 10.1515/aut-2017-0017