



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

**Kietųjų šampūnų, skirtų jautriai galvos odai ir sausiems
plaukams, gavimas ir tyrimas**

Baigiamasis magistro projektas

Kamilė Andrijauskaitė

Projekto autorė

Doc. dr. Odeta Baniukaitienė

Vadovė

Kaunas, 2024



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Kietųjų šampūnų, skirtų jautriai galvos odai ir sausiems plaukams, gavimas ir tyrimas

Baigiamasis magistro projektas

Taikomoji chemija (6211CX014)

Kamilė Andrijauskaitė

Projekto autorė

Doc. dr. Odeta Baniukaitienė

Vadovė

Proj. m. d. dr. Simona Urnikaitė

Recenzentė

Kaunas, 2024



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Kamilė Andrijauskaitė

Kietųjų šampūnų, skirtų jautriai galvos odai ir sausiems plaukams, gavimas ir tyrimas

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad:

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

Kamilė Andrijauskaitė

Patvirtinta elektroniniu būdu

Andrijauskaitė, Kamilė. Kietųjų šampūnų, skirtų jautriai galvos odai ir sausiems plaukams, gavimas ir tyrimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovė doc. dr. Odeta Baniukaitienė; Kauno technologijos universitetas, Cheminės technologijos fakultetas.

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

Reikšminiai žodžiai: jautri oda, sausi plaukai, kietasis šampūnas, kosmetika.

Kaunas, 2024. 52 p.

Santrauka

Kietieji šampūnai – priemonės, sukurtos taip, kad švelniai valytų galvos odą, nenaudojant dirginančių cheminių medžiagų, kurių dažnai būna skystuose šampūnuose. Skystuose šampūnuose naudojami sulfatai, alkilinti junginiai, kurie netinka galvos odai, turinčiai seborėjinį, atopinį dermatitą, padidėjusį jautrumą. Šios medžiagos ne tik dirgina galvos odą, bet ir sausina plaukus, pažeidžia jų išvaizdą. Be to, kietųjų šampūnų formuluotėse beveik arba visiškai nenaudojamas vanduo, o pakuotės – minimalios, mažinančios plastiko atliekų kiekį.

Šio projekto tikslas – pagaminti kietuosius šampūnus jautriai galvos odai ir sausiems plaukams ir ištirti jų savybes. Kietųjų šampūnų gavimui sukurtos keturiasdešimt aštuonios tarpinės kompozicijos ir pagal jas pagamintos priemonės. Nustatyta, kad sukurtose kompozicijose turi būti: 20-30 proc. natrio laurilsulfoacetato, 20-30 proc. natrio alkilsulfatų, 5-20 proc. glicerolio, 2,4-5,4 proc. cetearilo alkoholio, 1,5 proc. kokamidopropilbetaino, 2 proc. taukmedžio sviesto, 1 proc. vynuogių kauliukų aliejaus, 1 proc. saulėgražų aliejaus, 1 proc. kakavos sviesto, 1 proc. alkilpoliglikozidų, 0,9 proc. fenoksietanolio, 0,1 proc. etilheksilglicerino, 0,6 proc. behentrimonio metosulfato, 0,75 proc. citrinų rūgšties ir vandens iki 100 proc. Nustatyta, kad šampūnų kietumui įtakos turi natrio alkilsulfatų, natrio laurilsulfoacetato, cetearilo alkoholio ir glicerolio procentinė sudėtis kompozicijose. Optimaliomis savybėmis pasižymi kietasis šampūnas, kurio sudėtyje natrio laurilsulfoacetato yra 30 proc., natrio alkilsulfatų – 20 proc., glicerolio – 10 proc. ir cetearilo alkoholio – 4,4 proc. Šio šampūno kompozicija papildyta aktyviais komponentais. Nustatyta, kad kietojo šampūno su rudųjų dumblių ekstraktu kietumas siekia $30,18 \pm 0,17$ N, o su aminorūgštimis – $31,23 \pm 0,28$ N. Pagaminti specializuoti šampūnai gerai putoja, putas stabilios, jų tūris didesnis nei 100 cm^3 .

Specializuoti šampūnai pasižymi geromis plaunamosiomis savybėmis, suteikia plaukui glotnumo, nepažeidžia plauko kutikulės. Taip pat, pagaminti šampūnai drėkina odą. Drėgmė po plovimo šampūnu su aminorūgštimis padidėja $8,09 \pm 4$ proc., o su rudųjų dumblių ekstraktu – $15,44 \pm 6$ proc.

Andrijauskaitė, Kamilė. Preparation and Characterisation of Solid Shampoos for Sensitive Scalp and Dry Hair. Master's Final Degree Project / supervisor assoc. prof. dr. Odeta Baniukaitienė; Faculty of Chemical Technology, Kaunas University of Technology.

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

Keywords: solid shampoo bars, sensitive skin, dry hair, cosmetics.

Kaunas, 2024. 52 pages.

Summary

Solid shampoos are products designed to gently cleanse the scalp without the irritating chemicals often found in liquid shampoos. Liquid shampoos use sulphates, alkylated compounds, which are not suitable for scalps with seborrhoeic, atopic dermatitis or hypersensitivity. These substances not only irritate the scalp but also dry out the hair and damage its appearance. In addition, solid shampoo formulations use little to no water and packaging is minimal, reducing plastic waste.

The aim of this project is to prepare solid shampoos for sensitive scalp and dry hair and to characterise their properties. Forty-eight intermediate compositions have been developed to obtain the solid shampoos. Compositions should include: 20-30 percent sodium lauryl sulfoacetate, 20-30 percent sodium alkyl sulphates, 2,4-5,4 percent cetearyl alcohol, 1,5 percent cocamidopropyl betaine, 2 percent shea butter, 1 percent grape seed oil, 1 percent sunflower oil, 1 percent cocoa butter, 1 percent alkyl polyglycosides, 0,9 percent phenoxyethanol, 0,1 percent ethylhexylglycerol, 0,6 percent behenrimonium methosulphate, 0,75 percent citric acid, and water up to 100 percent. The percentage of sodium alkyl sulphates, sodium lauryl sulfoacetate, cetearyl alcohol and glycerol in the formulations was found to influence the hardness of the shampoos. The optimal solid shampoo composition is 30 percent sodium lauryl sulfoacetate, 20 percent sodium alkyl sulphates, 10 percent glycerol and 4,4 percent cetearyl alcohol. The hardness of the solid shampoo with brown algae extract was found to be $30,18 \pm 0,17$ N and that of the solid shampoo with amino acids to be $31,23 \pm 0,28$ N. Specialised shampoos have good foamability with foam volume of more than 100 cm^3 .

The specialised shampoos have good cleaning properties, make the hair soft and do not damage the hair cuticle. In addition, they moisturise the skin. The increase in moisture after washing the skin with solid shampoo containing amino acids is $8,09 \pm 4$ percent and with solid shampoo containing brown algae extract – $15,44 \pm 6$ percent.

Turinys

Lentelių sąrašas.....	8
Paveikslų sąrašas	9
Įvadas	11
1. Literatūros apžvalga.....	12
1.1. Plaukai	12
1.2. Plauko stiebo sandara	12
1.3. Plauko folikulo struktūra	13
1.4. Plaukų augimo ciklas	14
1.5. Oda.....	15
1.5.1. Epidermis	15
1.5.2. Derma ir poodis	16
1.5.3. Galvos oda	17
1.6. Kietųjų šampūnų sudedamosios medžiagos	17
1.6.1. Paviršinio aktyvumo medžiagos	17
1.6.2. Drėkinamosios medžiagos	19
1.6.3. Veikliosios medžiagos	20
1.6.4. Papildomi priedai.....	20
1.7. Kietųjų šampūnų įtaka aplinkai	21
1.8. Formelių gamyba taikant pažangias technologijas	22
1.9. Literatūros apžvalgos apibendrinimas	23
2. Medžiagos ir tyrimų metodai.....	24
2.1. Naudotos medžiagos.....	24
2.2. Formelės gamyba	24
2.3. Kietųjų šampūnų gamyba	25
2.4. pH nustatymas	26
2.5. Putojimo ir putų stabilumo nustatymas	26
2.6. Suirimo trukmės nustatymas.....	27
2.7. Kietumo nustatymas	27
2.8. Homogeniškumo nustatymas.....	27
2.9. Kietųjų šampūnų poveikio odai tyrimas	28
2.10. Kietųjų šampūnų poveikio plaukams tyrimas.....	28
2.11. Statistinė duomenų analizė	28
3. Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas	30
3.1. Kietųjų šampūnų kompozicijų sudarymas ir pagrindimas.....	30
3.2. Kietųjų šampūnų gavimas ir tyrimas	33
3.2.1. Kietųjų šampūnų putojimas	34
3.2.2. Kietųjų šampūnų suirimo trukmė	35
3.2.3. Kietųjų šampūnų kietumas	37
3.3. Specializuotų kietųjų šampūnų kompozicijų sudarymas, gavimas ir tyrimas	40
3.3.1. Specializuotų kietųjų šampūnų putojimas ir putų stabilumas.....	43
3.3.2. Specializuotų kietųjų šampūnų suirimo trukmė	43
3.3.3. Specializuotų kietųjų šampūnų kietumas.....	44
3.3.4. Specializuotų kietųjų šampūnų poveikis odai.....	45
3.3.5. Specializuotų kietųjų šampūnų poveikis plaukams	46

Išvados	47
Rekomendacijos	48
Literatūros sąrašas	49

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Projekto metu naudotos medžiagos	24
2 lentelė. Kietųjų šampūnų kompozicijos, A grupė	30
3 lentelė. Kietųjų šampūnų kompozicijos, B grupė	31
4 lentelė. Kietųjų šampūnų kompozicijos, C grupė	32
5 lentelė. Specializuotų kietųjų šampūnų kompozicijos	40

Paveikslų sąrašas

1 pav. Plauko stiebo sandara	12
2 pav. Plauko folikulo struktūra	13
3 pav. Plaukų augimo ciklas	14
4 pav. Odos sandara	15
5 pav. Pagrindinės epidermio ląstelės	15
6 pav. Elastinas ir kolagenas	16
7 pav. Paviršinio aktyvumo medžiagų tipai ir jų pavyzdžiai	18
8 pav. Taukmedžio svieste esančios riebalų rūgštys	19
9 pav. Fukoidano, fukoksantino, laminarino, alginio rūgšties struktūros	20
10 pav. Vanduo kosmetikos pramonėje	21
11 pav. Polipieno rūgšties struktūra	22
12 pav. 3D spausdintuvas.....	25
13 pav. Analitinės svarstyklės	25
14 pav. Magnetinė maišyklė.....	25
15 pav. pH matuoklis	26
16 pav. Roso-Mailso įranga	26
17 pav. Tekstūros analizatorius	27
18 pav. Optinis mikroskopas	28
19 pav. Korneometras	28
20 pav. Formelė kietiesiems šampūnams gaminti: dangtelis (a), šulinėliai (b), dugnas (c).....	33
21 pav. Kietojo šampūno pavyzdys, B grupės 7 mėginys.....	33
22 pav. A grupės kietųjų šampūnų putojimas	34
23 pav. B grupės kietųjų šampūnų putojimas	34
24 pav. C grupės kietųjų šampūnų putojimas	35
25 pav. A grupės kietųjų šampūnų suirimo trukmė	36
26 pav. B grupės kietųjų šampūnų suirimo trukmė.....	36
27 pav. C grupės kietųjų šampūnų suirimo trukmė.....	37
28 pav. A grupės kietųjų šampūnų kietumas.....	37
29 pav. B grupės kietųjų šampūnų kietumas	38
30 pav. C grupės kietųjų šampūnų kietumas	38
31 pav. A grupės kietųjų šampūnų Nr. 1-16 skerspjūvio vaizdas	39
32 pav. B grupės kietųjų šampūnų skerspjūvis	39
33 pav. C grupės kietųjų šampūnų skerspjūvis	40
34 pav. Leptino poveikis odai	42
35 pav. Leptino poveikis plaukams	42
36 pav. Kietieji šampūnai: kontrolinis (a), SP1 (b), SP2 (c).....	42
37 pav. Specializuotų kietųjų šampūnų putojimas ir putų stabilumas	43
38 pav. Specializuotų kietųjų šampūnų suirimo trukmė	44
39 pav. Specializuotų kietųjų šampūnų kietumas	44
40 pav. Specializuotų kietųjų šampūnų skerspjūvis	45
41 pav. Drėgmės pokytis odoje	45
42 pav. Kietųjų šampūnų poveikis plaukams: prieš plovimą (a), suvilgius plaukus kaprilo/kaprio trigliceridais (b), nuplovus komerciniu šampūnu (c), nuplovus kontroliniu šampūnu (d), nuplovus SP1 (e), nuplovus SP2 (f)	46

Santrumpų sąrašas

PAM – paviršinio aktyvumo medžiaga;

SP – prausiklis su aktyviuoju komponentu;

Įvadas

Dauguma rinkoje esančių šampūnų yra skysti, išpilstyti plastikinėse pakuotėse. Tyrimai rodo, kad 2020 metais į aplinką pateko nuo 19 iki 23 milijonų tonų plastiko [1], iš kurių 60 proc. sudaro įvairios pakuotės. Iš jų 21 proc. sudaro kosmetikos gaminių pakuotės, kurių 60 proc. sudaro šampūno ir kondicionieriaus buteliukai [2]. Remiantis mokslinių tyrimų duomenimis [3] yra žinoma, kad sintetinis plastikas, priklausomai nuo jo sudėties ir gaminio rūšies, suyra per 70-450 metų. Siekiant sumažinti plastiko atliekų kiekį, dauguma kosmetikos pramonėje esančių produktų pakuotės yra keičiamos, tačiau sudėtis taip pat yra keičiama. Viena iš naujovių rinkoje – kietieji šampūnai, kuriuos galima pakuoti į kartonines pakuotes. Šie šampūnai, kaip ir skystieji, pašalina nešvarumus, susikaupusius riebalus nuo plaukų ir galvos odos paviršiaus, kondicionuoja plaukus, suteikia jiems glotnumo ar blizgesio.

Apžvelgus mokslinę literatūrą ir rinkoje esančias priemones pastebėta, kad kietųjų šampūnų, skirtų jautriai galvos odai ir sausiems plaukams, nėra. Rinkoje esančių šampūnų sudėtyje galima aptikti sintetinių kvapiklių, dažiklių, etoksilintų junginių, eterinių aliejų, kurių sudėtyje yra limoneno, geraniolio ir kitų alergijas sukeliančių junginių. Sergant atopiniu dermatitu, seborėjiniu dermatitu ar kitomis galvos odos ligomis svarbu pasirinkti tinkamas kosmetikos priemones, kurios nesusausintų ir nedirgintų galvos odos, nesusausintų ir nepažeistų plaukų.

Projekto tikslas – pagaminti kietuosius šampūnus, skirtus jautriai galvos odai ir sausiems plaukams, ir ištirti jų savybes.

Šiam tikslui pasiekti išsikelti **uždaviniai**:

- sukurti tarpinių kietųjų šampūnų kompozicijas ir pagal jas pagaminti priemones;
- ištirti šampūnų kietumą, nustatyti jų pH, putojimą, putų stabilumą ir suirimo trukmę;
- sukurti specializuotų šampūnų kompozicijas ir pagal jas pagaminti priemones bei nustatyti jų pH, kietumą, putojimą, putų stabilumą, suirimo trukmę;
- ištirti specializuotų šampūnų poveikį odai ir plaukams.

1. Literatūros apžvalga

1.1. Plaukai

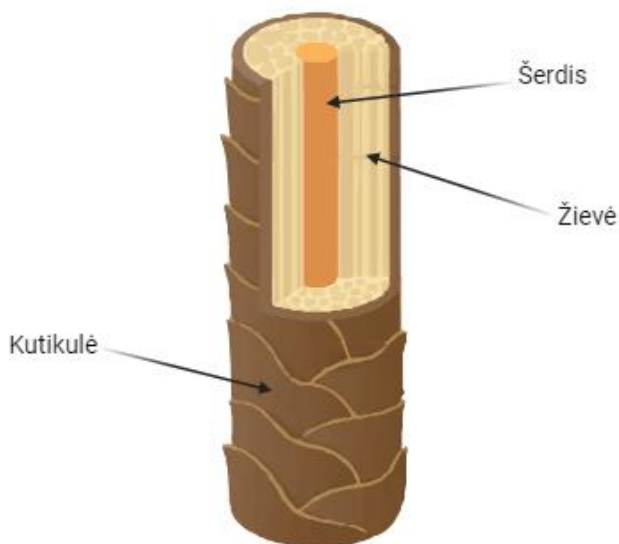
Plaukai yra svarbi žmogaus charakteristika, kurie atlieka tokias funkcijas kaip termoreguliacija, riebalų, apokrininio prakaito ir feromonų gamyba, kamieninių ląstelių teikimas odos homeostazei, regeneracijai ir atstatymui [4].

Žmogaus plaukai gali būti skirstomi į nuo hormonų nepriklausomus (t. y. antakiai ir blakstienos) ir nuo hormonų priklausomus (t. y. galvos odą, pažastis dengiantys plaukai, barzda). Nuo hormonų priklausomi plaukai, dar vadinami ilgaisiais, yra ilgi (>2 cm), stori (>0,03 mm) ir pigmentuoti. Nuo hormonų nepriklausomi plaukai, dar vadinami šeriniiais plaukais, paprastai yra trumpesni (<2 cm), plonesni (<0,03 mm), be pigmento arba turintys mažiau pigmento, lyginant su ilgaisiais plaukais. Taip pat išskiriami ir gyvaplaukiai – ploni, šviesūs plaukai, dengiantys žmogaus rankas ir kojas [4, 5].

1.2. Plauko stiebo sandara

Plauką sudaro dvi dalys: folikulas ir plauko stiebas. Plauko stiebas yra jautresnis aplinkos poveikiui. Jį sudaro kutikulė, šerdis (dažnai jos nėra) ir žievė. Folikulą – už plauko augimą atsakingą dalį – sudaro išorinis šaknies apvalkalas, vidinis šaknies apvalkalas, plauko svogūnėlis, kamieninės ląstelės ir kraujagyslės [4, 5].

Kutikulė yra išorinis plauko sluoksnis. Šis sluoksnis sudarytas iš persidengiančių riebalinių ląstelių (panašių į stogo čerpes). Kutikulė – tai folikulo inkaras augančiam plaukui, taip pat atliekanti savaiminio apsivalymo funkciją. Plaukams augant ir judant vienas kito atžvilgiu, į išorę nukreiptos kutikulės ląstelės padeda pašalinti nešvarumus ir dulkes [4, 6].



1 pav. Plauko stiebo sandara

Kiekvieną kutikulės ląstelę dengia epikutikulė – plona membrana su lipidų sluoksniu, kurio sudėtyje yra 18-metil-eikozano rūgšties. Epikutikulės pašalinimas šarminiais cheminiais produktais gali pakenkti plaukams, nes tuomet gali būti lengvai pažeidžiama plauko žievė, dėl ko padidėja plaukų lūžinėjimas [4, 6].

Plauko šerdis yra gana atspari daugumai cheminių priemonių. Ją sudaro skaidrios ląstelės ir oro tarpai. Šerdis ląstelėse yra glikogenų užpildytų vakuolių ir citrulino granulių. Paprastai šerdis būna tankesniuose plaukuose, pavyzdžiui, žilų plaukų ir barzdos plaukuose. Plaukai, kuriuose yra šerdis, labiau linkę skilinėti, nes padidėja plauko skerspjūvio plotas [4, 6].

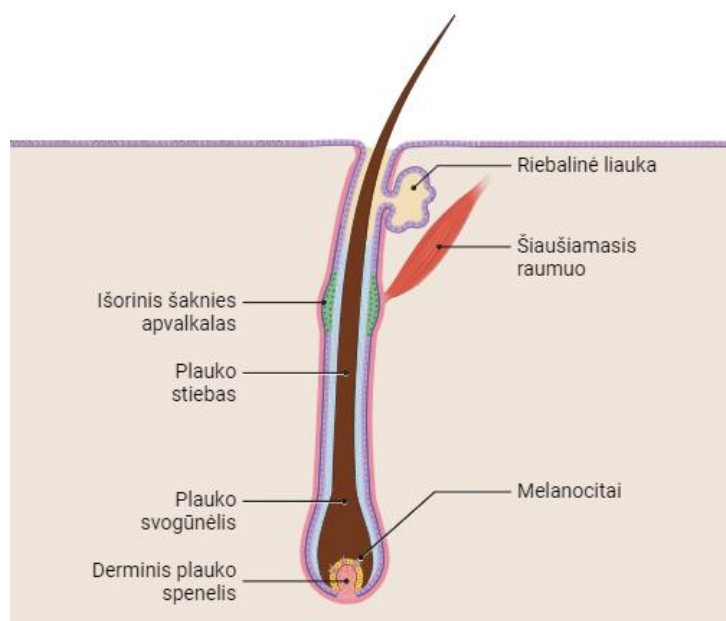
Žievė yra pagrindinė plauko stiebo dalis tiek pagal svorį, tiek pagal tūrį – ji nulemia plauko stiebo tvirtumą. Žievės ląstelėse yra melanino granulių, suteikiančių plaukams spalvą. Kiekvieną žievės ląstelę sudaro verpstės pavidalo keratino gijos, vadinamos mikrofibrilėmis, kurios sugrupuotos į didesnes makrofibriles. Makrofibrilės sudaro apie 50 proc. žievės masės [4, 6].

1.3. Plauko folikulo struktūra

Vidinį šaknies apvaskalą sudaro trys sluoksniai: Henlės sluoksnis, Hukslio sluoksnis ir kutikulės sluoksnis. Vidinio apvaskalo ląstelės gamina keratiną ir trichohialiną – jie prilaiko augantį plauko stiebą ir nukreipia augimą aukštyn ir į išorę [4, 7].

Išorinis šaknies apvaskalas sudarytas iš kamieninių ląstelių. Jis yra tarp šiaušiamojo raumens ir riebalinės liaukos latako [4, 7].

Riebalinės liaukos yra holokrininės liaukos, kurias gali stimuliuoti hormonai, tokie kaip androgenas. Jos išskiria daug lipidų turintį sebumą, kuris kondicionuoja plaukus bei apsaugo galvos odą [5].



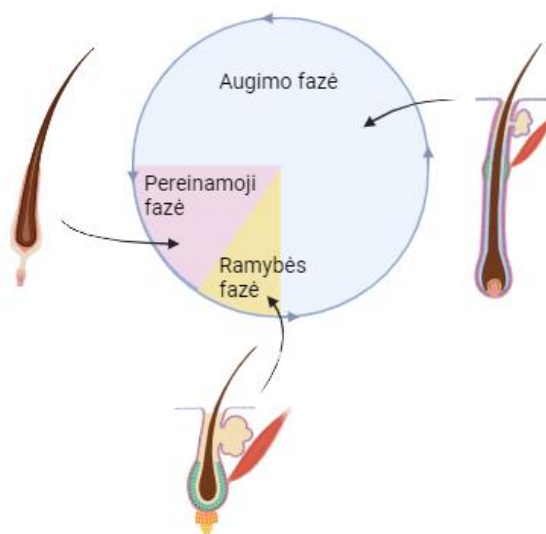
2 pav. Plauko folikulo struktūra

Plauko svogūnėlis – tai folikulo sritis, kurioje aktyviai auga plaukai. Svogūnėlis tęsiasi į odos dermos sluoksnį ir supa derminį plauko spenelį – struktūrą, sudarytą iš stromos, nervinių skaidulų ir maistines medžiagas tiekiančios kapiliarų kilpos. Derminis plauko spenelis perduoda signalus, lemiančius plauko stiebo dydį ir spalvą [8].

Kraujas į plauką ateina per poodiniuose riebaluose esančias smulkias arterioles. Šios kraujagyslės maitina plauko folikulą tiekdamos deguonį ir maisto medžiagas, šalindamos atliekas ir skatindamos augimą [8].

1.4. Plaukų augimo ciklas

Plaukų augimo ciklą sudaro trys fazės: augimo, pereinamoji ir ramybės. Kiekviena fazė atlieka skirtingą vaidmenį plaukų augimo cikle.



3 pav. Plaukų augimo ciklas

Augimo fazė yra ilgiausia plaukų augimo ciklo dalis. Ši fazė gali trukti nuo dvejų iki septynerių metų, priklausomai nuo genetikos, amžiaus ir bendros sveikatos būklės. Augimo fazės metu plaukų folikulai aktyviai gamina naujas plaukų ląsteles [3, 8].

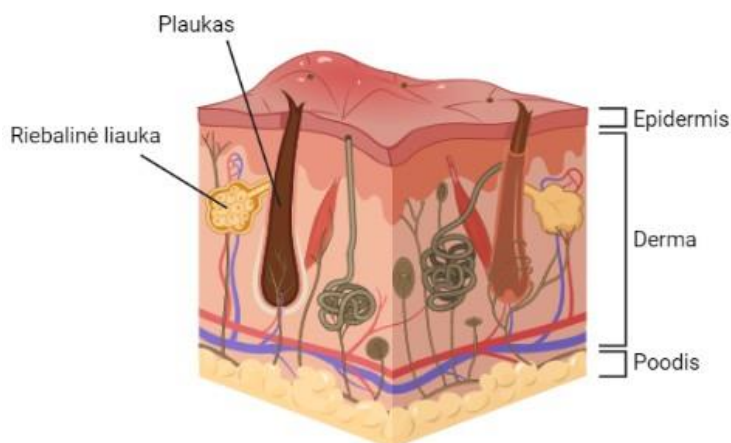
Plauko folikulas šiuo etapu yra labai aktyvus. Folikulo svogūnėlio kamieninės ląstelės sparčiai dalijasi, kurdamos naujas plauko stiebo ląsteles. Folikulą maitina kraujagyslės, aprūpindamos augimui būtinomis maistinėmis medžiagomis ir deguonimi. Priklausomai nuo augimo fazės trukmės, skiriasi maksimalus įmanomų užsiauginti plaukų ilgis. Ilgesnę augimo fazę turintys žmonės gali užsiauginti gerokai ilgesnius plaukus nei tie, kurių fazė trumpesnė. Vidutiniškai per mėnesį galvos plaukai paauga apie 1,25 cm [3, 8].

Pereinamoji fazė trunka apie dvi-tris savaites. Pereinamosios fazės metu plauko folikulas susitraukia ir atsiskiria nuo kraujagyslių. Dėl maisto medžiagų tiekimo nutrūkimo plauko augimas sustoja. Apatinė folikulo dalis rezorbuojasi, o plauko stiebas stumiamas į viršų. Šio etapo metu susiformavę plaukai įsitvirtina folikulo apačioje, nors ir nebėra aktyviai augantys. Nors tik nedidelė dalis plaukų, paprastai apie 1-2 proc., bet kuriuo metu yra pereinamojoje fazėje, šis etapas yra labai svarbus reguliuojant plaukų augimo ciklą ir užtikrinant, kad folikulai turėtų galimybę regeneruotis prieš pradėdami auginti naujus plaukus [3, 8].

Ramybės fazė yra paskutinis plaukų augimo ciklo etapas. Ji paprastai trunka apie tris-keturis mėnesius, per kuriuos plauko folikulas išlieka neaktyvus. Plaukas yra visiškai susiformavęs ir galiausiai išstumiamas, nes iš to paties folikulo pradeda augti nauji plaukai, pradėdami kitą ciklą. Sutrikus pusiausvyrai arba užsitęsus ramybės fazei, plaukai gali pastebimai retėti arba slinkti. Šis etapas užtikrina, kad seni plaukai būtų reguliariai keičiami naujais ir taip palaikoma bendra plaukų sveikata ir tankumas [3, 8].

1.5. Oda

Odą sudaro trys sluoksniai: epidermis, derma ir poodis.

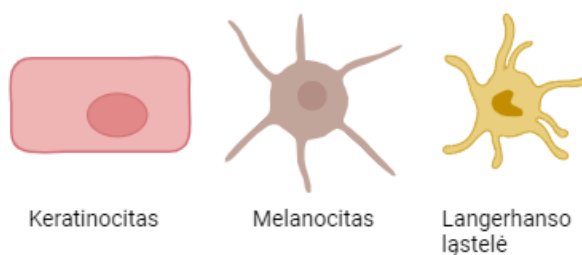


4 pav. Odos sandara

Epidermis yra išorinis sluoksnis, kurį daugiausia sudaro keratinocitai, kurių pagrindinė funkcija – sintetinti keratiną [10]. Derma yra vidurinis sluoksnis, kurio pagrindinė sudedamoji dalis yra kolagenas, jame taip pat yra elastino, fibrilinių baltymų. Sluoksnių storis kinta skirtingose kūno vietose. Epidermis yra storiausias ant delnų ir padų, labai plonas – ant akių vokų, o derma storiausia ant nugaros [11].

1.5.1. Epidermis

Epidermis – išorinis odos sluoksnis, sudarytas iš trijų pagrindinių ląstelių tipų: keratinocitų, melanocitų ir Langerhanso ląstelių (žr. 5 pav.).



5 pav. Pagrindinės epidermio ląstelės

Keratinocitai yra pagrindinė epidermio sudedamoji dalis. Jų funkcija – gaminti keratiną, kuris sudaro epidermio raginį sluoksnį [9, 10].

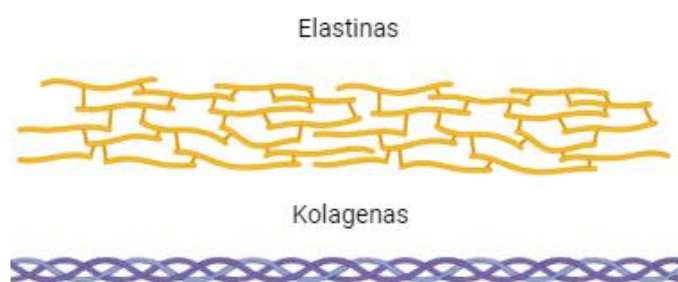
Epidermis sudarytas iš kelių sluoksnių: pamatinio, dygliuotojo, grūdėtojo ir raginio. Delnuose ir paduose taip pat yra skaidrusis sluoksnis (virš grūdėtojo sluoksnio). Raginis sluoksnis ir grūdėtasis sluoksnis yra storiausi delnuose ir paduose, o dilbių lenkiamojoje dalyje jų beveik nėra [11]. Kamieninės ląstelės, esančios pamatiniame sluoksnyje, yra epidermio regeneracijos šaltinis. Dalydamosis pamatinės ląstelės suplokštėja ir juda aukštyn, taip formuodamos kitus epidermio sluoksnius. Keratinocitai atlieka svarbų vaidmenį odos imuninėje funkcijoje [9, 10, 11].

Melanocitai – tai epidermyje esančios ląstelės, kurių funkcija – gaminti pigmentą. Jos sudaro apie 10 proc. visų epidermio ląstelių. Melanocito ląstelė yra dendritinio tipo, besitęsianti dideliais atstumais epidermyje ir glaudžiai besiliečianti su keratinocitais. Melaniną sintetina epidermio pamatiniame sluoksnyje esantys melanocitai, o melanosomos jį perduoda aplinkiniams keratinocitams. Šviesios odos žmonės turi mažiau melanosomų, kurios yra mažesnės ir sugrupuotos į membraninius kompleksus. Tamsesnės odos žmonės turi daugiau melanosomų, kurios yra didesnės ir nesugrupuotos. Saulės šviesa skatina melanocitus gaminti didesnes melanosomas [9, 11].

Langerhanso ląstelės sudaro 3-5 proc. dygliuotojo sluoksniu ląstelių, esančių tarp keratinocitų. Jos atsakingos už odos imunologinį atsaką [11]. Langerhanso ląstelių daugiausia randama epidermyje, o suaktyvėjusios jos gali migruoti į limfmazgius, kur atlieka antigeną išskiriančių ląstelių vaidmenį [14].

1.5.2. Derma ir poodis

Derma sudaro atraminė matrica, kurioje polisacharidai ir baltymai sudaro proteoglikanus. Dermos viduje esančias baltymines skaidulas sudaro kolagenas, elastinas ir kiti komponentai, tokie kaip fibrilinas ir mikrofibriliniai baltymai [10, 14].



6 pav. Elastinas ir kolagenas

Kolageno skaidulos dermoje yra 2-15 μm pločio. Plonas, smulkiai išaustas kolageno skaidulų tinklas yra papilinėje dermoje. Kolageno skaidulų skersmuo palaipsniui didėja didėjant dermos gyliui. Likusioje dermos dalyje, vadinamoje tinkline derma, kolageno skaidulos susijungusios į storus pluoštus. Kolagenas yra atsakingas už odos atsparumą tempimui. Jaunų suaugusių žmonių papilinės dermos kolagenas išsidėstęs kaip atsitiktinai orientuotų plonų skaidulų ir mažų pluoštų tinklas [9, 13].

Elastino skaidulos yra mišrūs įvairių savitų glikoproteinų, turinčių mikrofibrilių struktūrą, rinkiniai. Jos yra plonos, palyginti su kolageno pluoštais, ir siekia 1-3 μm . Pluoštai storiąsi apatinėje dermos dalyje. Papiliarinės dermos sluoksnyje jos sudaro tarpinį pluoštą [11]. Elastino funkcija – suteikti minkštiesiems audiniams mažą standumą, didelį ir visiškai grįžtamąjį tamprumą bei efektyvų elastinės energijos kaupimą [17].

Giliausias odos sluoksnis vadinamas poodžiu. Jis atlieka daugybę gyvybiškai svarbių funkcijų, pavyzdžiui, kaupia energiją, užpildo tarpą tarp odos dermos ir raumenų bei kaulų, izoluoja kūną ir saugo jį nuo sužalojimų. Poodį sudaro riebalų rūgštys ir kraujagyslės [18].

1.5.3. Galvos oda

Skirtingai nei įprastoje odoje, galvos odoje yra daug kraujagyslių, plaukų folikulų ir riebalinių liaukų. Dėl didelio plaukų folikulų ir riebalinių liaukų tankio galvos oda gamina daugiau riebalų, dėl to reikia parinkti tam specialiai pritaikytas priemones. Galvos odai naudojamos kosmetikos priemonės, pavyzdžiui, šampūnai, kondicionieriai ir plaukų priežiūros priemonės, turi būti sukurtos taip, kad efektyviai prasiskverbtų į tankų folikulų sluoksnį. Plaukų priežiūros priemonės gali turėti įtakos galvos odos sveikatai, nes keičia jos pH balansą ir gali paveikti sebumo gamybą bei mikrobiomą. Netinkamai parinkti produktai gali sukelti odos išsausėjimą, dirginimą [18, 19].

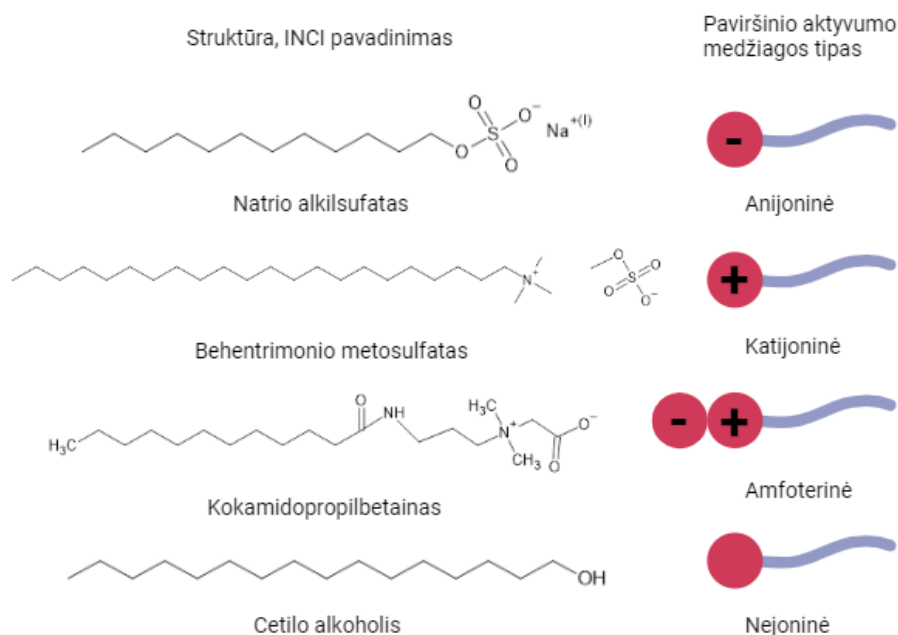
1.6. Kietųjų šampūnų sudedamosios medžiagos

Plaukų ir galvos odos priežiūrai dažniausiai naudojama priemonė yra šampūnas. Iki 1933 m., kai buvo pradėti naudoti pirmieji nešarminiai šampūnai, muilas buvo vienintelė prieinama plaukų valymo priemonė. Kaip aptariama mokslininkės (*Davis, C.*) [20] ir kolegų, šiuolaikiniai šampūnai turi neišsausinti plaukų, putoti tiek kietame, tiek minkštame vandenyje, nedirginti odos, būti chemiškai ir fiziškai stabilūs, turėti kondicionuojančių savybių, būti biologiškai suyrantys ir įperkami. Šampūnus sudaro keletas pagrindinių medžiagų [21].

- Paviršinio aktyvumo medžiagos
- Kondicionavimo agentai
- Tirštikliai
- Putų stabilizatoriai
- Perlamutrinimo agentai
- Aliejiniai komponentai

1.6.1. Paviršinio aktyvumo medžiagos

Paviršinio aktyvumo medžiagos (PAM) yra labai svarbi kosmetikos priemonių sudedamoji dalis, atliekanti įvairias funkcijas įvairiuose produktuose – nuo šampūnų ir kūno prausiklių iki veido ir makiažo valiklių. Kietuosiuose šampūnuose PAM sudaro didžiąją dalį produkto kompozicijos. Mokslininkė (*Sharma, S.*) [23] ir kolegės teigia, kad šie junginiai yra emulsikliai, putokšliai ir plovikliai, kurie veiksmingai pašalina nešvarumus bei riebalus nuo odos ir plaukų, kartu padidindami produktų stabilumą ir veiksmingumą. PAM sudarytos iš nepolinės grandinės bei krūvį turinčios arba neturinčios grupės, vadinamos galva (žr. 7 pav.), medžiagų pavadinimai pateikti pagal INCI (angl. *International Nomenclature Cosmetic Ingredient*) standartus. Nepoline grandine PAM gali prisijungti prie riebalų dalelių, suformuodamos micles.



7 pav. Paviršinio aktyvumo medžiagų tipai ir jų pavyzdžiai

Kosmetikos pramonėje naudojamos kelių tipų PAM.

Anijoninės PAM yra vienos iš dažniausiai kosmetikoje naudojamų PAM rūšių dėl puikių valomųjų savybių ir gausaus prieinamumo. Šios PAM vandeniniuose tirpaluose turi neigiamą krūvį ir gali veiksmingai pašalinti riebalus bei nešvarumus sudarydamos micles, kurios apgaubia nešvarumus nuo odos ar plaukų paviršiaus taip juos pašalindamos. Kosmetikoje dažniausiai naudojamų anijoninių PAM pavyzdžiai yra natrio laurilsulfatas, natrio lauretsulfatas ir amonio laurilsulfatas. Nors šios medžiagos pasižymi labai geromis valomosiomis savybėmis, jos taip pat gali būti dirginančios ir sausinančios odą ar plaukus (ypač didesnės koncentracijos) [18, 19].

Nejoninės PAM pasižymi tuo, kad neturi joninio krūvio, todėl yra švelnesnės ir mažiau dirginančios nei anijoninės PAM. Šios PAM dažnai naudojamos jautriai odai skirtose kosmetikoje arba kaip gretutinės PAM, siekiant padidinti anijoninių PAM turinčių gaminių suderinamumą su oda bei putų stabilumą. Nejoninės PAM veikia mažindamos vandens paviršiaus įtempimą, todėl vanduo lengviau pasiskirsto ant odos ar plaukų ir lengviau pašalina riebalus bei nešvarumus. Dažniausiai kosmetikoje naudojamos nejoninės PAM yra polisorbatai, etoksilinti alkoholiai ir alkilo poliglikozidai [18, 19].

Amfoterinės PAM turi ir teigiamą, ir neigiamą krūvį toje pačioje molekulėje, todėl, priklausomai nuo aplinkos pH, gali veikti kaip anijoninės arba katijoninės PAM. Šios universalios PAM puikiai dera su kitais kosmetikos ingredientais ir dažnai naudojamos jautriai ar pažeistai odai skirtose formulėse. Amfoterinės PAM prisideda prie bendro kosmetikos gaminių švelnumo ir kondicionavimo savybių, kartu užtikrindamos veiksmingą valymą ir putojimą. Kosmetikoje dažniausiai naudojamos amfoterinės PAM yra kokamidopropilbetainas, betainas ir natrio kokoilglicinatas [18, 19, 20].

Katijoninės PAM vandeniniuose tirpaluose turi teigiamą krūvį ir daugiausia naudojamos kosmetikoje dėl jų kondicionuojančių ir antistatinių savybių. Kitaip nei anijoninės PAM, kurios gali pašalinti natūralius odos ir plaukų riebalus, katijoninės PAM pritraukiamos prie neigiamą krūvį turinčių paviršių, pavyzdžiui, pažeistų plaukų kutikulių ar odos baltymų, ir sudaro apsauginę plėvelę, kuri pagerina drėgmės išlaikymą ir švelnumą. Katijoninės PAM dažniausiai naudojamos plaukų

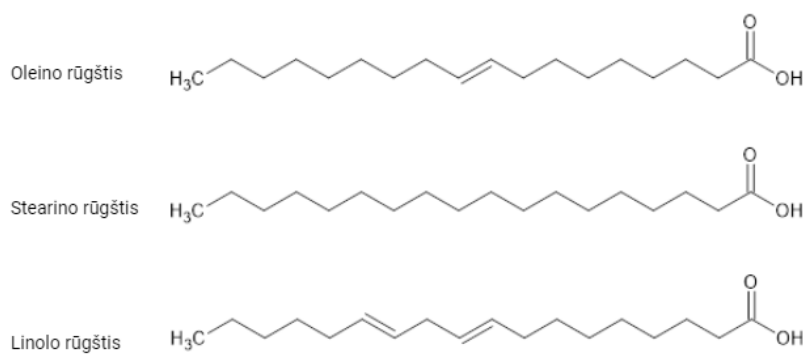
kondicionieriuose ir odos priežiūros produktuose, skirtuose jos minkštinimui. Kosmetikoje naudojamų katijoninių PAM pavyzdžiai: cetiltrimetilamonio chloridas, cetrimonio chloridas ir behentrimonio chloridas [23].

1.6.2. Drėkinamosios medžiagos

Drėkinamosios medžiagos ir aliejai atlieka labai svarbų vaidmenį kosmetikoje, nes drėkina, maitina ir apsaugo odą bei plaukus. Mokslininkas (*Trüeb, R. M.*) [21] teigia, kad šios sudedamosios dalys yra būtinos odos ir plaukų būklei palaikyti, jų išvaizdai ir tekstūrai pagerinti. Iš daugybės kosmetikoje naudojamų drėkinamųjų medžiagų ir aliejų glicerolis, taukmedžio sviestas, vynuogių kauliukų aliejus ir kakavos sviestas išsiskiria savo drėkinamosiomis, minkštinamosiomis ir antioksidacinėmis savybėmis, todėl yra populiarūs odos priežiūros priemonių sudėtyje [21, 22].

Glicerolis yra drėgmę iš aplinkos pritraukianti ir prie odos ar plauko paviršiaus prisitvirtinanti medžiaga, padedanti palaikyti optimalų drėkinimo lygį. Tai universalus ingredientas, kurio yra daugelyje kosmetikos gaminių, įskaitant drėkinamuosius, valomuosius kremus ir serumus, šampūnus bei kondicionierius. Mokslininko (*Mawazi, S. M.*) [26] ir kolegų straipsnyje aptariama, kad glicerolio gebėjimas pritraukti vandenį į išorinį odos sluoksnį padeda pagerinti odos drėkinimą, lygumą ir elastingumą, todėl jis ypač naudingas sausai ir jautriai galvos odai skirtoms priemonėms. Be to, glicerolis pasižymi minkštinamosiomis savybėmis, kurios padeda minkštinti plaukus, mažina jų sausumą ir šiurkštumą.

Taukmedžio sviestas yra natūralus aliejus, išgaunamas iš afrikinio taukmedžio (lot. *vitellaria paradoxa*) riešutų. Taukmedžio svieste yra daug riebalų rūgščių, įskaitant oleino, stearino ir linolo rūgštis (žr. 8 pav.), kurios padeda maitinti ir drėkinti odą bei plaukus. Jame taip pat yra vitaminų A ir E, antioksidantų, kurie saugo nuo žalingo aplinkos poveikio. Ši medžiaga taip pat minkština plaukus, apsaugo nuo išsausėjimo ir mažina šiurkštumą [21, 22].



8 pav. Taukmedžio svieste esančios riebalų rūgštys

Vynuogių kauliukų aliejus yra lengvos tekstūros, jame gausu antioksidantų, ypač proantocianidų, kurie padeda apsaugoti odą nuo laisvųjų radikalų žalos ir skatina kolageno gamybą, tad stiprina plaukus, mažina jų lūžinėjimą. Jo sudėtyje yra linolo rūgšties, kuri padeda stiprinti odos barjerinę funkciją ir sulaukyti drėgmę, todėl tinka sausai galvos odai [21, 22].

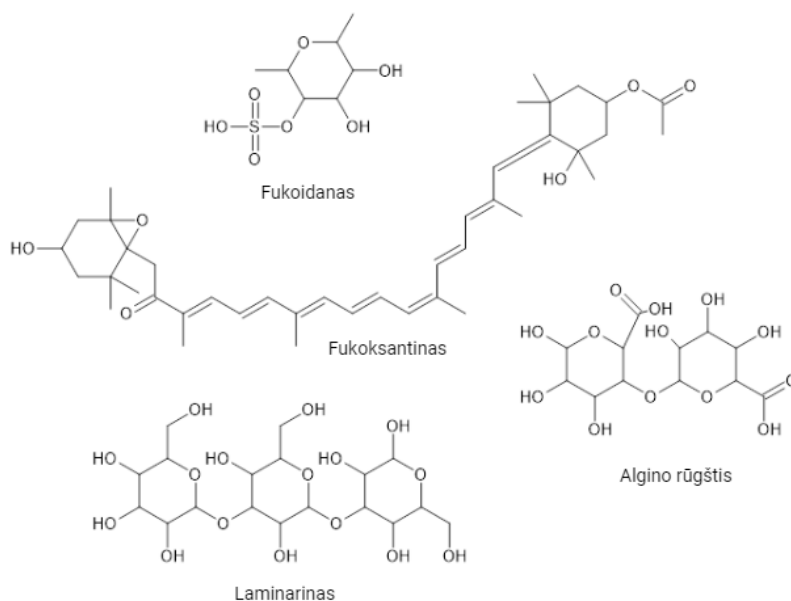
Kakavos sviestas – tai natūralus kietas aliejus, gaunamas iš kakavos pupelių. Jis yra sodrios, kreminės tekstūros, minkštinantis ir drėkinantis. Kakavos sviestas sudaro apsauginį barjerą ant odos bei plauko paviršiaus, kuris apsaugo nuo vandens netekimo. Jame yra polifenolių, antioksidantų, kurie padeda

pagerinti odos elastingumą, skatina jos atsinaujinimą. Kakavos sviestas ypač naudingas sausai ir jautriai galvos odai, nes intensyviai drėkina ir maitina, jos nedirgina [21, 22].

1.6.3. Veikliosios medžiagos

Veikliosios medžiagos dedamos į šampūnus, skirtus konkrečioms galvos odos problemoms, tokioms kaip pleiskanos, psoriazė, padidėjęs jautrumas, odos išsausėjimas. Veikliosios medžiagos gali būti tiek neorganinės, kaip cinko disulfidas, ar natūralios kilmės, pavyzdžiui, augalų ekstraktai [21].

Viena iš plačiai naudojamų veikliųjų medžiagų yra rudųjų dumblių ekstraktas. (*Remya, R. R.*) [28] ir kolegų straipsnyje teigiama, kad jis pasižymi antimikrobinėmis, priešvėžinėmis, antioksidacinėmis, priešuždegiminėmis savybėmis dėl savo sudėtyje esančių medžiagų, tokių kaip fukoidanas, fukoksantinas, alginų rūgštis, laminarinas.



9 pav. Fukoidano, fukoksantino, laminarino, alginų rūgšties struktūros

Kita medžiaga – sarkozinas. Sarkozinas ir jo dariniai naudojami įvairiuose kosmetikos produktuose kaip kondicionuojanti medžiaga, taip pat jis sudaro tinklinę struktūrą virš odos epidermio, neleidamas odai išsausėti, pagerina ingredientų skvarbą į gilesnius odos sluoksnius. Sarkozinas kontroliuoja riebalų liaukų išskiriamą riebalų kiekį, apsaugodamas odą nuo uždegimo [29].

1.6.4. Papildomi priedai

Šampūnuose dažnai yra įvairių priedų, skirtų pagerinti jų veikimą ir ilgaamžiškumą. Šampūnų kompozicijoms stabilizuoti, į jas pridedama tokių medžiagų kaip cetearilo alkoholis. Kad būtų išvengta mikrobinės taršos, dedama konservantų, pavyzdžiui, parabenu, fenoksietanolio arba natūralių alternatyvų, pavyzdžiui, eterinių aliejų. Šie konservantai stabdo bakterijų, pelėsių ir mielių augimą, todėl prailgina kosmetinės priemonės galiojimo laiką. Kitas svarbus aspektas - putų stabilumas, nes vartotojai gausias putas dažnai sieja su veiksmingu valymu. Siekiant padidinti putų tūrį ir išlaikyti jų stabilumą viso plovimo proceso metu, pridedama tokių priedų kaip kokamidopropilbetainas [21].

1.7. Kietųjų šampūnų įtaka aplinkai

Gėlas vanduo yra brangus gamtos išteklius, kuris senka dėl didėjančio žmonių skaičiaus, taršos, urbanizacijos, ekonomikos plėtros ir klimato kaitos. Kosmetikos pramonėje vanduo naudojamas ne tik kosmetikos kompozicijoms kurti, bet ir gaminti. Dažniausiai kosmetikos produktuose vanduo sudaro daugiau nei du trečdalius produkto masės: kremuose nuo 60 iki 80 proc., losjonuose iki 90 proc., o šampūnuose iki 95 proc. Vanduo reikalingas visuose kosmetikos gamybos etapuose: tai vienas iš pagrindinių kosmetikos kompozicijos komponentų, jis taip pat reikalingas žaliavoms, tokioms kaip augalai ekstraktams gauti, auginti, šildymo ir vėsinimo procesams gamybos metu, pakuočių gamybai. Šie etapai lemia ne tik didelį vandens suvartojimą, bet ir didesnę aplinkos taršą [30, 31].



10 pav. Vanduo kosmetikos pramonėje

Aplinkai draugiškų kosmetikos gaminių pakuočių svarba pateikiama mokslininkų (*Cinelli, P.*) [30] ir kolegų bei (*Rocca, R.*) [31] ir kolegų straipsniuose. Daugelis įmonių pastaraisiais metais siekia sumažinti gėlo vandens naudojimą rinkdamosi tvarių žaliavų tiekimą, greitai nuplaunamų arba nenuplaunamų kompozicijų kūrimą, alternatyvių vandens šaltinių paiešką, gamybos proceso optimizavimą naudojant apykaitines vandens valdymo sistemas kosmetikos gamybos įrenginiuose, naudodamos biologiškai skaidžias, perdirbamas ar daugkartinio naudojimo pakuotes. Be visų šių pranašumų kietieji produktai (tokie, kuriuose naudojamo vandens kiekis arba labai mažas, arba jo nenaudojama išvis) yra labiau koncentruoti, lengvesni, ekonomiškesni ir gali būti ilgiau naudojami nei įprasti produktai.

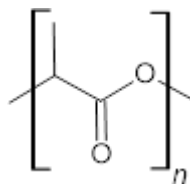
Remiantis (*Rocca, R.*) [31] ir kolegų bei (*Vadakkepatt, G. G.*) [32] ir kolegų straipsnių duomenimis, nepaisant didelio plastiko gaminių naudojimo, nebenaudojamo plastiko pakartotinis naudojimas ir perdirbimas yra labai mažas, ypač palyginti su kitomis medžiagomis, tokiomis kaip popierius, stiklas ar metalai. Kiekvienais metais Europoje susidaro apie 25,8 tonų plastiko atliekų, iš kurių tik 30 proc. yra surenkama perdirbimui. Dėl kosmetikos pramonės susidaranti plastikos atliekos nėra lengvai perdirbamos, nes net cheminis ir mechaninis pakuočių valymas yra apsunkinamas dėl to, kad šios pakuotės būna užterštos riebiomis ar kreminę konsistenciją turinčiomis kosmetikos priemonėmis.

Mažmeninės prekybos pramonės lyderių asociacija atliko tyrimą, kuriame nurodoma, kad net 93 proc. viso pasaulio gyventojų tikisi, kad įvairios įmonės remia socialinių ir aplinkos problemų sprendimą. Atlikus apklausą, kurioje dalyvavo 19000 gyventojų iš 28 šalių, beveik 60 proc. yra pasiryžę pakeisti

savo įprastai perkamus produktus draugiškesniais aplinkai, iš jų – 80 proc. teigia, jog jiems svarbus tvarumas. Vartotojai taip pat tikisi, kad įmonės ne tik gamina produkciją naudodamos tvarias žaliavas ir pakuotes, bet ir žvelgia į ilgalaikę perspektyvą, sutelkdamos dėmesį tiek į aplinkos, tiek socialinį jų gamybos grandinės poveikį pasauliui [34].

1.8. Formelių gamyba taikant pažangias technologijas

Vienas iš iššūkių gaminant kietuosius šampūnus yra jų formavimas. Vienas iš būdų – formų išgavimas taikant 3D spausdinimo technologiją naudojant polipieno rūgšties (PLA) (žr. 11 pav.) gijas. PLA yra biologiškai skaidus termoplastikas, gaunamas iš atsinaujinančių išteklių, pavyzdžiui, kukurūzų krakmolo ar cukranendrių, todėl jis yra ekologiškas pasirinkimas įvairioms reikmėms. Dėl tinkamos kainos, paprasto naudojimo ir suderinamumo su 3D spausdinimo technologijomis jis yra ideali medžiaga įvairioms kosmetikos gaminių formoms išgauti [35].



11 pav. Polipieno rūgšties struktūra

3D spausdinimo technologijose PLA pasižymi tam tikromis savybėmis.

- Tikslumas ir pritaikymas. Vienas iš pagrindinių 3D spausdinimo su PLA gijomis privalumų – galimybė pasiekti itin gerą tikslumą ir pritaikymą. Kosmetikos gaminiai dažnai būna unikalių formų ir dydžių, o tradiciniais gamybos metodais gali būti sunku pagaminti formas su tokiais sudėtingomis detalėmis. Kosmetikos gamintojai, naudodami 3D spausdinimą, gali lengvai sukurti individualias formas, pritaikytas konkreitiems gaminių matmenims, tekstūroms ir prekės ženklo reikalavimams [28, 29].
- Greitas formos prototipų kūrimas. 3D spausdinimas pagreitina prototipų kūrimo procesą, todėl kosmetikos įmonės gali greitai ir ekonomiškai tobulinti formos išvaizdą. 3D spausdinimas leidžia greitai kurti prototipus, nes nereikia brangios įrangos bei žaliavų. Dėl tokio lankstumo kosmetikos įmonės gali greičiau pateikti rinkai naujus gaminius [28, 29].
- Pigumas. Lyginant su tradiciniais gamybos metodais, 3D spausdinimas su PLA gijomis yra pigesnis metodas gaminant kietas kosmetikos gaminių formas. Tradiciniai formų gamybos procesams reikalinga brangi įranga ir didelės medžiagų sąnaudos. PLA gija yra palyginti nebrangi, o 3D spausdinimas sumažina medžiagų švaistymą, nes naudojama tik tai, ko reikia norimai formai sukurti [35].
- Įmantrių formų sukūrimas. Kieti kosmetikos gaminiai dažnai pasižymi įmantriomis detalėmis ar neįprastomis formomis, kurias gali būti sudėtinga atkartoti. 3D spausdinimas leidžia sukurti formas su įvairiomis tekstūromis, išpjovomis, todėl gaminiai išsiskiria rinkoje [35].
- Mažesnis poveikis aplinkai. Tvarumas tampa vis svarbesnis kosmetikos pramonėje, o vartotojai teikia pirmenybę prekių ženklams, kurie pirmenybę teikia ekologiškai gamybai. PLA gijos – ekologiškos, biosuderinamos, biologiškai skaidžios, o gamybos procesas sumažina atliekų ir energijos suvartojimą [35].

1.9. Literatūros apžvalgos apibendrinimas

Šampūnų pagrindinė sudedamoji dalis yra anijoninės paviršinio aktyvumo medžiagos. Nors šios medžiagos pasižymi geromis plaunamosiomis savybėmis, jos gali išsausinti galvos odą ir pažeisti plauko kutikulę. Baigiamojo projekto metu nuspręsta pagaminti kietuosius šampūnus, kuriuose būtų ne tik anijoninių paviršinio aktyvumo medžiagų, bet ir nejoninių paviršinio aktyvumo medžiagų, pagerinančių priemonių suderinamumą su oda ir pagerinančių putojimą. Taip pat amfoterinių medžiagų, ne tik valančių odą ir plaukus, bet ir juos kondicionuojančių. Atlikus literatūros analizę nuspręsta, kad kompozicijose turi būti odą ir plaukus drėkinančių medžiagų, taip pat konservantų, užtikrinančių apsaugą nuo mikrobiologinio užterštumo, tekstūrą pagerinančių priedų bei bioaktyvių komponentų.

2. Medžiagos ir tyrimų metodai

Šiame skyriuje pateiktos kietųjų šampūnų gavimui ir tyrimams naudotos medžiagos, nurodyti prietaisai, tyrimų metodikos bei priemonių gavimo aprašas.

2.1. Naudotos medžiagos

Projekto metu nurodytos medžiagos pateiktos 1 lentelėje.

1 lentelė. Projekto metu naudotos medžiagos

Medžiagos pavadinimas, grynumas	Gamintojas arba tiekėjas
Natrio laurilsulfoacetatas, 100 proc.	Aroma-zone, Prancūzija
Natrio alkilsulfatai, 100 proc.	Basf, Vokietija
Glicerolis, 99,5 proc.	Centro-Chem, Lenkija
Taukmedžio sviestas, 100 proc.	Eurochemicals, Lietuva
Kokamidopropilbetainas, 30 proc.	Eurochemicals, Lietuva
Kakavos sviestas, 100 proc.	Aroma-zone, Prancūzija
Alkilpoliglikozidai, 100 proc.	Eurochemicals, Lietuva
Citrinų rūgštis, 99,5 proc.	Eurochemicals, Lietuva
Behentrimonio metosulfatas, cetearilo alkoholis (3:7)	Aroma-zone, Prancūzija
Magnio aspartato, kalio aspartato, sarkozino (10-20 proc.) ir aminorūgščių (20-40 proc.) mišinys	Seppic, Prancūzija
Rudųjų dumblių (lot. <i>Laminaria Hyperborea</i>) ekstraktas (5 proc.), kaprilo/kaprio trigliceridai (95 proc.).	Odycea, Prancūzija
Kapriolo/kaprio trigliceridai, 100 proc.	Labochema LT, Lietuva
Saulėgrąžų ir vynuogių kauliukų aliejus (1:1)	Aroma-zone, Prancūzija
Cetearilo alkoholis, 95 proc.	Oqema, Lietuva
Fenoksietanolis, etilheksilglicerinas (9:1)	Eurochemicals, Lietuva
Polipieno rūgštis, 95 proc.	Fiberology, Lenkija

Prieš naudojimą medžiagos papildomai grynintos nebuvo.

2.2. Formelės gamyba

Kietiesiems šampūnams gaminti skirta formelė suprojektuota programine įranga *Oneshape* ir atspausdinta 3D spausdintuvu *Craftbot Plus Pro* (Craftbot, Vengrija) (žr. 12 pav.). Formelei spausdinti naudoti parametrai: spausdinimo temperatūra – 215 °C, spausdinimo pagrindo temperatūra – 60 °C, vidutinis spausdinimo greitis – 35 mm/s, antgalio skersmuo – 0,4 mm, užpildymo procentas – 20 proc., išorės sienelių storis – 1 mm.



12 pav. 3D spausdintuvas¹

Spausdinimo metu nebuvo naudojamos papildomos atramos ir klėjai formelei prilaikyti prie pagrindo. Bendras visų trijų formelės dalių spausdinimo laikas 12 val., sunaudota 77 m PLA gijos.

2.3. Kietųjų šampūnų gamyba

Kietųjų šampūnų gamybai naudotos medžiagos sveriamos *KERN ABJ* analitinėmis svarstyklėmis (*KERN & SOHN GmbH*, Vokietija) (žr. 13 pav.). Į vieną stiklinę atsveriamas reikiamas kiekis paviršinio aktyvumo medžiagų (natrio laurilsulfoacetato, natrio alkilsulfatų, kokamidopropilbetaino, alkilpoliglikozidų), taip pat reikiamas kiekis glicerolio, cetearilo alkoholio, behentrimonio metosulfato ir cetearilo alkoholio mišinio bei užpilamas paskaičiuotas kiekis vandens. Į antrą stiklinę atsveriamas reikiamas kiekis taukmedžio, kakavos sviesto bei vynuogių kauliukų ir saulėgražų aliejaus. Abi stiklinės patalpinamos į 70 °C temperatūros vandens vonelę ant magnetinės maišyklės *IKA C-MAG HS 7* (*IKA®-Werke GmbH & Co. KG*, Vokietija) (žr. 14 pav.). Abiejų stiklinių turinys gerai išmaišomas. Medžiagoms ištirpus, antros stiklinės turinys supilamas į pirmą stiklinę ir viskas gerai išmaišoma. Medžiagoms išsimašius, supilamas paruoštas 50 proc. citrinų rūgšties tirpalas, išmaišoma, atvėsinama iki kambario temperatūros. Mišiniui atvėsus įdedamas reikiamas kiekis konservanto, vėl išmaišoma. Mišinys perkeliamas į formelę, suspaudžiamas ir laikomas 3 °C temperatūroje šaldytuve valandą.



13 pav. Analitinės svarstyklės²



14 pav. Magnetinė maišyklė³

Specializuotiems kietiesiems šampūnams gauti atrinkta kompozicija papildoma 3 proc. aktyviųjų komponentų *Borealg TG* ir *Sepicalm S WP*.

¹ *Craftbot Plus Pro* [interaktyvus]. [Žiūrėta 2024-01-20]. Prieiga per: <https://craftbot.com/products/craftbot-plus-pro>

² *KERN ABJ-NM analytical balance* [interaktyvus]. [Žiūrėta 2024-01-20]. Prieiga per: <https://profilab24.com/en/laboratory/balances-scales/kern-abj-nm-analytical-balance>

³ *C-MAG HS 7* [interaktyvus]. [Žiūrėta 2024-01-20]. Prieiga per: <https://www.ika.com/en/Products-Lab-Eq/Magnetic-Stirrers-Hot-Plate-Lab-Mixer-Stirrer-Blender-csp-188/C-MAG-HS-7-cpdt-3581200/>

2.4. pH nustatymas

Kietųjų šampūnų pH nustatomas pH matuokliu *PHOENIX instrument EC-31 pH* (Phoenix Instrument GmbH., Vokietija) (žr. 15 pav.).

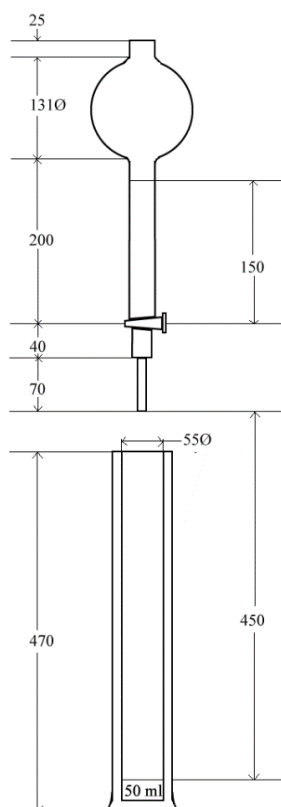


15 pav. pH matuoklis⁴

pH nustatymui paruošiami 10 proc. vandeniniai tirpalai. Matavimai yra atliekami 3 kartus, rezultatai pateikiami apskaičiavus aritmetinį vidurkį.

2.5. Putojimo ir putų stabilumo nustatymas

Putojimo tyrimas atliekamas modifikuotu Roso - Mailso metodu (LST ISO 696:1997). Tyrimui atlikti skirta aparatūra (žr. 16 pav.) susideda iš dalijamojo piltuvo su kraneliu, kurio tūris 1000 ml, bei 1000 ml matavimo cilindro.



16 pav. Roso-Mailso įranga

⁴ *PHOENIX Instrument pH laboratory meters EC-31 pH / EC-36 pH* [interaktyvus]. [Žiūrėta 2024-01-20]. Prieiga per: <https://profilab24.com/en/laboratory/analytical-devices/phoenix-instrument-ph-laboratory-meters-ec-31-ph-ec-36-ph>

Putojimui nustatyti paruošiamas 2 proc. 700 ml kietojo šampūno tirpalas, kuris šildomas 50 °C temperatūros vandens vonelėje valandą. Po valandos 50 ml paruošto tirpalo įpilama į 50 °C vandens vonelėje patalpintą matavimo cilindrą. Į dalijamąjį piltuvą iki 150 mm žymės pritraukiama kietojo šampūno tirpalo, o likęs tirpalas supilamas iš viršaus stengiantis nesudaryti putų. Tirpalas lašinamas atsukus kranelį. Jam išlašėjus stebimas susidaręs putų tūris. Putų stabilumui nustatyti stebima, ar praėjus 30 s, 180 s, 300 s bei 600 s putų tūris nekinta. Atliekami 2 bandymai ir apskaičiuojamas rezultatų aritmetinis vidurkis [37].

2.6. Suirimo trukmės nustatymas

Suirimo trukmė nustatoma *KERN ABJ* analitinėmis svarstyklėmis (KERN & SOHN GmbH, Vokietija) (žr. 13 pav.) į stiklinę pasveriant 1 g kietojo šampūno ir užpilant 50 ml distiliuoto vandens. Stiklinė pastatoma ant magnetinės maišyklės *IKA C-MAG HS 7* (IKA®-Werke GmbH & Co. KG, Vokietija) (žr. 14 pav.), palaikant 37 °C temperatūrą ir 90 aps./min greitį. Suirimo trukmė fiksuojama chronometru, kai visas kietasis šampūnas ištirpsta. Atliekami 3 bandymai ir apskaičiuojamas rezultatų aritmetinis vidurkis.

2.7. Kietumo nustatymas

Kietumas nustatomas tekstūros analizatoriumi *TA.XTplus Texture Analyser* (Texture Technologies, JAV) (žr. 17 pav.). Paruošiami 1 cm aukščio ir 2 cm skersmens kietojo šampūno mėginiai, kurie suspaudžiami 50 proc. nuo pradinio aukščio 1 mm/s greičiu.



17 pav. Tekstūros analizatorius⁵

Atliekami 2 bandymai ir apskaičiuojamas rezultatų aritmetinis vidurkis.

2.8. Homogeniškumo nustatymas

Kietųjų šampūnų homogeniškumas nustatomas optiniu mikroskopu *Sanqtid TD-HU608A* (Sanqtid, Kinija) (žr. 18 pav.).

⁵ *TA.XT Plus Texture Analyser* [interaktyvus]. [Žiūrėta 2024-01-20]. Prieiga per: <https://www.cphi-online.com/ta-xt-plus-texture-analyser-prod1238336.html>



18 pav. Optinis mikroskopas⁶

Kietieji šampūnai perpjaujami skersai ir stebimas jų skerspjūvio plotas. Naudojamas didinimas 270 kartų.

2.9. Kietųjų šampūnų poveikio odai tyrimas

Drėgmės pokytis odoje nustatomas korneometru *Soft Mini-1* (Callegari, Italija) (žr. 19 pav.).



19 pav. Korneometras⁷

Korneometro zondas lengvai prispaudžiamas prie švarios odos. Matavimas atliekamas 5 kartus skirtingose odos vietose tomis pačiomis sąlygomis. Tuomet oda nuplaunama kietuoju šampūnu, palaukiama pusvalandį, kad oda pilnai nudžiūtų, ir išmatuojamas drėgmės kiekis odoje. Matavimai atliekami 5 kartus skirtingose odos vietose tomis pačiomis sąlygomis. Visų matavimų galutiniu rezultatu laikomas penkių matavimų aritmetinis vidurkis.

2.10. Kietųjų šampūnų poveikio plaukams tyrimas

Kietųjų šampūnų poveikis plaukams nustatomas optiniu mikroskopu *Sanqtid TD-HU608A* (Sanqtid, Kinija) (žr. 18 pav.), įvertinant plauko išvaizdą prieš plovimą, sutepus kaprilo/kaprio trigliceridais ir po plovimo.

Tyrimas atliekamas plaukų sruogą sutepus 0,5 g kaprilo/kaprio trigliceridų, po to per ją 4 kartus perbraukiamas kietasis šampūnas. Šampūnas įtrinamas į plaukų sruogą rankomis, po to nuskalaujamas tekančiu vandeniu. Naudojamas didinimas 270se kartų.

2.11. Statistinė duomenų analizė

Atliekant tyrimus, skaičiuojamas aritmetinis vidurkis, naudojant formulę:

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

⁶ *Sanqtid TD-HU608A Electron Video Microscope* [interaktyvus]. [Žiūrėta 2024-01-20]. Prieiga per: <https://www.sanqtid.com/product-item-200.html>

⁷ *SOFT MINI-1* [interaktyvus]. [Žiūrėta 2024-01-20]. Prieiga per: <https://www.callegari1930.com/en/skin-care/soft-mini1>

čia: A – aritmetinis vidurkis; n – narių skaičius; i – aibės duotasis narys; x – nario reikšmė.

Standartinis nuokrypis SN skaičiuojamas pagal formulę:

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

3. Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Projekto metu sukurtos 48 kietųjų šampūnų kompozicijos, pagal kurias pagamintos tarpinės priemonės. Atrinkus optimalią kompoziciją, ji buvo papildyta bioaktyviais komponentais ir pagamintos priemonės jautriai galvos odai, iširtos jų savybės.

3.1. Kietųjų šampūnų kompozicijų sudarymas ir pagrindimas

Renkantis kietąjį šampūną jautriai galvos odai svarbu atsižvelgti į tai, ar jo sudėtyje naudojamos medžiagos nesusausina ir nedirgina odos, nesusausina plauko, tačiau gerai pašalina perteklinius riebalus ir nešvarumus.

Projekto metu sukurtos 48 kietųjų šampūnų kompozicijos, kurios tarpusavyje skiriasi naudojamų PAM, glicerolio bei cetearilo alkoholio koncentracija.

Kietųjų šampūnų kompozicijose naudojamos PAM – natrio laurilsulfoacetatas ir natrio alkilsulfatai – yra natūralios kilmės. Natrio alkilsulfatai yra 12-18 C atomų grandinėlių riebiųjų rūgščių alkoholio druskos, išgaunamos iš kokosinio aliejaus. Jų molekulės didesnės nei kitų dažnai kosmetikoje naudojamų anijoninių PAM, tokių kaip natrio laurilsulfato, ir negali pereiti per ląstelių membranas bei taip jų pažeisti, todėl oda yra mažiau dirginama [38]. Glicerolis – drėkinamoji medžiaga, kuri taip pat kietuosius šampūnus daro mažiau trapius [39].

Kietųjų šampūnų sudėtyje taip pat naudojami taukmedžio sviestas, kakavos sviestas bei vynuogių kauliukų ir saulėgražų aliejaus mišinys. Tai kondicionuojamosios medžiagos, naudojamos siekiant suteikti plaukams daugiau švelnumo ir blizgesio, taip pat pagerinti plaukų iššukavimą, kuris labai svarbus sausiems ir pažeistiems plaukams. Šie sviestai ir aliejai subalansuoja PAM poveikį šalinant perteklinius riebalus ir neleidžia plaukams išsausėti. Jie taip pat pagerina šampūno tekstūrą, suteikdami kietajam šampūnui kietumo [39].

Kokamidopropilbetainas – amfoterinė PAM, sušvelninanti anijoninių PAM poveikį, taip pat gerinanti putojimą bei putų struktūrą [40]. Cetearilo alkoholis stabilizuoja kompoziciją bei suteikia šampūnui kietumo. Alkilpoliglikozidai – natūralios kilmės nejoninė PAM, kuri pagerina suderinamumą su oda, nedirgina jos, gerina putojimą [41]. Kompozicijų sudėtyje taip pat yra behentrimonio metosulfato. Tai katijoninė amonio druska, veikianti antistatiškai ir kondicionuojančiai [42].

2 lentelė. Kietųjų šampūnų kompozicijos, A grupė

Medžiagos pavadinimas	Mėginio Nr.															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Masės dalis, proc.															
Natrio laurilsulfoacetatas	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Natrio alkilsulfatai	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Glicerolis	5	5	5	5	10	10	10	10	15	15	15	15	20	20	20	20
Taukmedžio sviestas	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Kakavos sviestas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cetearilo alkoholis	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Alkilpoliglikozidai	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

2 lentelės tęsinys kitame puslapyje

Medžiagos pavadinimas	Mėginio Nr.															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Masės dalis, proc.															
Behentrimonio metosulfato ir cetearilo alkoholio mišinys (3:7)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Citrinų rūgštis (50 proc.)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Fenoksietanolio ir etilheksilglicerino mišinys (9:1)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Vynuogių kauliukų ir saulėgražų aliejaus mišinys (1:1)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Kokamidopropilbetainas (30 proc.)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Vanduo	iki 100 proc.															

A grupės mėginių (žr. 2 lentelę) kompozicijose yra po 25 proc. natrio laurilsulfoacetato ir natrio alkilsulfatų, 5-20 proc. glicerolio, 2,4-5,4 proc. cetearilo alkoholio, 1,5 proc. kokamidopropilbetaino, 2 proc. taukmedžio sviesto, 1 proc. kakavos sviesto, 1 proc. vynuogių kauliukų aliejaus, 1 proc. saulėgražų aliejaus, 1 proc. alkilpoliglikozidų, 0,9 proc. fenoksietanolio, 0,1 proc. etilheksilglicerino, 0,6 proc. behentrimonio metosulfato ir 0,75 proc. citrinų rūgšties.

3 lentelė. Kietųjų šampūnų kompozicijos, B grupė

Medžiagos pavadinimas	Mėginio Nr.															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Masės dalis, proc.															
Natrio laurilsulfoacetatas	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Natrio alkilsulfatai	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Glicerolis	5	5	5	5	10	10	10	10	15	15	15	15	20	20	20	20
Taukmedžio sviestas	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Kakavos sviestas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cetearilo alkoholis	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Alkilpoliglikozidai	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Behentrimonio metosulfato ir cetearilo alkoholio mišinys (3:7)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Citrinų rūgštis (50 proc.)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Fenoksietanolio ir etilheksilglicerino mišinys (9:1)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

3 lentelės tęsinys kitame puslapyje

Medžiagos pavadinimas	Mėginio Nr.															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Masės dalis, proc.															
Vynuogių kauliukų ir saulėgražų aliejaus mišinys (1:1)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Kokamidopropilbetainas (30 proc.)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Vanduo	iki 100 proc.															

B grupės mėginių (žr. 3 lentelę) kompozicijose yra 30 proc. natrio laurilsulfoacetato, 20 proc. natrio alkilsulfatų, 5-20 proc. glicerolio, 2,4-5,4 proc. cetearilo alkoholio, 1,5 proc. kokamidopropilbetaino, 2 proc. taukmedžio sviesto, 1 proc. kakavos sviesto, 1 proc. vynuogių kauliukų aliejaus, 1 proc. saulėgražų aliejaus, 1 proc. alkilpoliglikozidų, 0,9 proc. fenoksietanolio, 0,1 proc. etilheksilglicerino, 0,6 proc. behentrimonio metosulfato ir 0,75 proc. citrinų rūgšties.

4 lentelė. Kietųjų šampūnų kompozicijos, C grupė

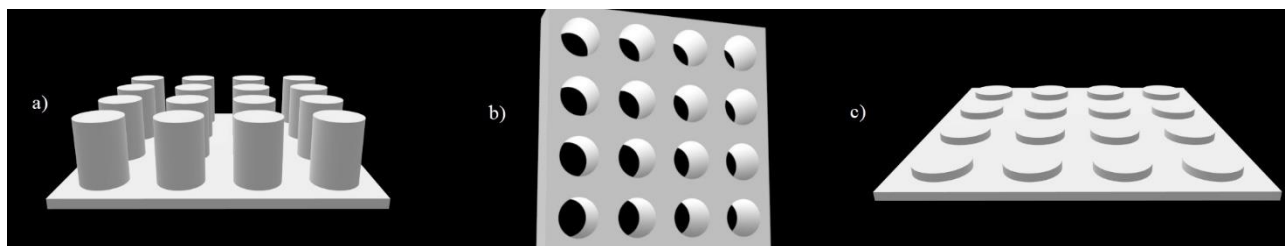
Medžiagos pavadinimas	Mėginio Nr.															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Masės dalis, proc.															
Natrio laurilsulfoacetatas	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Natrio alkilsulfatai	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Glicerolis	5	5	5	5	10	10	10	10	15	15	15	15	20	20	20	20
Taukmedžio sviestas	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Kakavos sviestas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cetearilo alkoholis	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Alkilpoliglikozidai	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Behentrimonio metosulfato ir cetearilo alkoholio mišinys (3:7)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Citrinų rūgštis (50 proc.)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Fenoksietanolio ir etilheksilglicerino mišinys (9:1)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Vynuogių kauliukų ir saulėgražų aliejaus mišinys (1:1)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Kokamidopropilbetainas (30 proc.)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Vanduo	iki 100 proc.															

C grupės mėginių (žr. 4 lentelę) kompozicijose yra 20 proc. natrio laurilsulfoacetato, 30 proc. natrio alkilsulfatų, 5-20 proc. glicerolio, 2,4-5,4 proc. cetearilo alkoholio, 1,5 proc. kokamidopropilbetaino, 2 proc. taukmedžio sviesto, 1 proc. kakavos sviesto, 1 proc. vynuogių kauliukų aliejaus, 1 proc. saulėgražų aliejaus, 1 proc. alkilpoliglikozidų, 0,9 proc. fenoksietanolio, 0,1 proc. etilheksilglicerino, 0,6 proc. behentrimonio metosulfato ir 0,75 proc. citrinų rūgšties.

Priemonių pH koreguoti naudotas 50 proc. citrinų rūgšties tirpalas. pH vertė kietuosiuose šampūnuose turi būti kuo artimesnė 6, nes prie tokios vertės geriausiai veikia naudojamas konservantas fenoksietanolio ir etilheksilglicerino mišinys. Taip pat esant šarminiam pH atsiranda plaukų trintis, dėl ko plaukai tampa pasišiaušę ir pažeidžiama plauko kutikulė, o esant per dideliame rūgštiniame pH dirginama galvos oda [43].

3.2. Kietųjų šampūnų gavimas ir tyrimas

Kietiesiems šampūnams formuoti naudota 3D spausdinimo technologija gauta formelė (žr. 20 pav.). Formelė sudaryta iš trijų dalių: dugno, 16 šulinėlių bei dangtelio, turinčio išsikišimus kietiesiems šampūnams išstumti iš formelės.

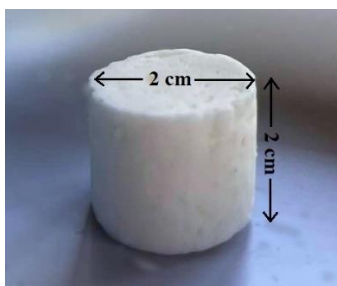


20 pav. Formelė kietiesiems šampūnams gaminti: dangtelis (a), šulinėliai (b), dugnas (c)

Formelės dugnas turi 0,5 cm aukščio išsikišimus, kurie, ant jo uždėjus šulinėlius, neleidžia kietiesiems šampūnams išsilieti bei prilaiko šulinėlius, neleidžiant jiems judėti iš vietos. Šulinėlių skersmuo bei aukštis yra po 2 cm. Dangtelyje esančių išsikišimų aukštis 2 cm, o skersmuo 1,9 cm. Dėl 0,1 cm mažesnio išsikišimų skersmens kietojo šampūno mėginiai lengvai išstumiami iš formos.

Pagal sukurtas kompozicijas (žr. 2, 3, 4 lenteles) pagaminti A, B, C grupės kietieji šampūnai (žr. 21 pav.) ir ištirtos jų savybės. A grupės mėginiuose yra 20 proc. natrio laurilsulfoacetato ir natrio alkilsulfatų, B grupės mėginiuose 30 proc. natrio laurilsulfoacetato ir 20 proc. natrio alkilsulfatų, C grupės mėginiuose 20 proc. natrio laurilsulfoacetato ir 30 proc. natrio alkilsulfatų. Kiekvienos grupės 1-4 mėginiuose glicerolio yra 5 proc., 5-8 mėginiuose po 10 proc., 9-12 mėginiuose po 15 proc., 13-16 mėginiuose po 20 proc. 1, 5, 9, 13 mėginiuose cetearilo alkoholio yra 2,4 proc.; 2, 6, 10, 14 mėginiuose 3,4 proc.; 3, 7, 11, 15 mėginiuose 4,4 proc.; 4, 8, 12, 16 mėginiuose 5,4 proc.

Kietuosiuose šampūnuose taip pat yra 1,5 proc. kokamidopropilbetaino, 2 proc. taukmedžio sviesto, 1 proc. vynuogių kauliukų aliejaus, 1 proc. saulėgražų aliejaus, 1 proc. kakavos sviesto, 1 proc. alkilpoliglikozidų, 0,9 proc. fenoksietanolio, 0,1 proc. etilheksilglicerino, 0,6 proc. behentrimonio metosulfato

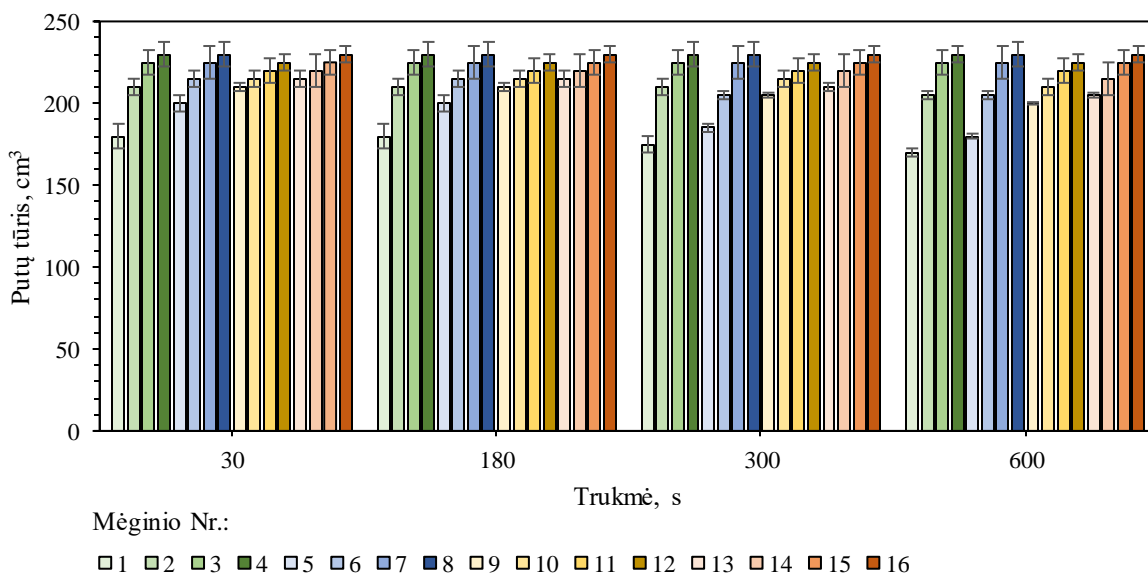


21 pav. Kietojo šampūno pavyzdys, B grupės 7 mėginys

Ištirta, kad kietųjų šampūnų pH $6\pm 0,1$. Prie tokios pH vertės geriausiai veikia naudojamas konservantas. Esant šarminėi terpei pažeidžiama plauko kutikulė, o per daug rūgštinei – dirginama galvos oda, tad tokia pH vertė subalansuota jautriai galvos odai ir sausiems plaukams [43].

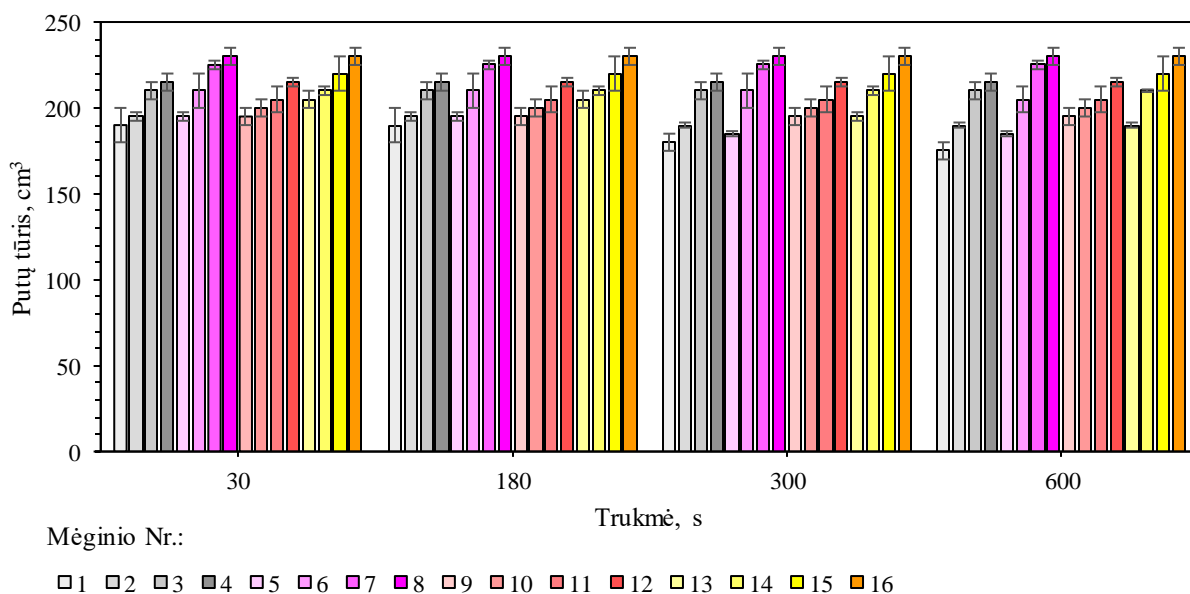
3.2.1. Kietųjų šampūnų putojimas

Kietųjų šampūnų putojimas ir putų stabilumas pavaizduotas 22 pav., 23 pav. ir 24 pav. Šampūnas laikomas gerai putojančiu, jei jo putų tūris didesnis nei 100 cm^3 [44].



22 pav. A grupės kietųjų šampūnų putojimas

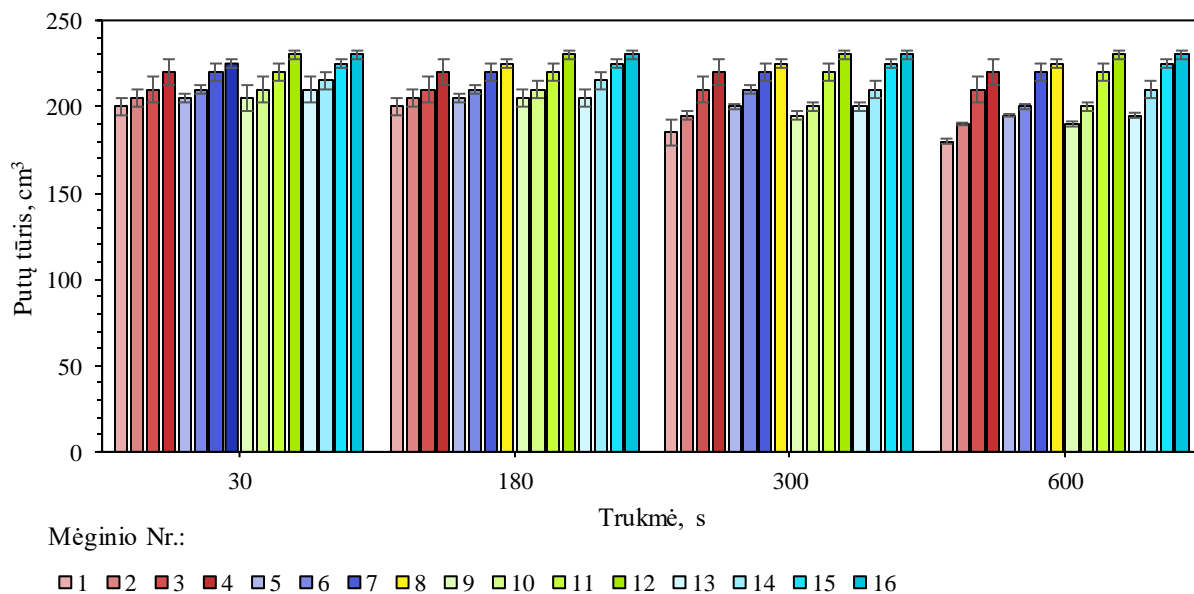
A grupėje (žr. 22 pav.) mažiausias putojimas nustatytas 1 mėginio – $170\pm 3\text{ cm}^3$, didžiausias 16 mėginio – $230\pm 5\text{ cm}^3$. Putų tūris nuosekliai didėja didėjant glicerolio ir cetearilo alkoholio koncentracijai. Didinant glicerolio koncentraciją, mėginių putas tampa stabilesnės, laikui bėgant jų tūris nesumažėja.



23 pav. B grupės kietųjų šampūnų putojimas

B grupėje (žr. 23 pav.) mažiausias putojimas nustatytas 1 mėginio – $175 \pm 5 \text{ cm}^3$, didžiausias 16 mėginio – $230 \pm 5 \text{ cm}^3$.

Šampūnų, kurių sudėtyje 5-10 proc. glicerolio, putas mažiau stabilios, nei šampūnų, kurių sudėtyje yra 15-20 proc. glicerolio. 2 mėginio, kurio sudėtyje yra 5 proc. glicerolio, putų tūris bandymo pradžioje $195 \pm 5 \text{ cm}^3$, o praėjus 600 s sumažėja iki $190 \pm 5 \text{ cm}^3$; 6 mėginio, kurio sudėtyje yra 10 proc. glicerolio, putų tūris bandymo pradžioje yra $210 \pm 20 \text{ cm}^3$, o praėjus 600 s sumažėja iki $205 \pm 8 \text{ cm}^3$; 10 mėginio, kurio sudėtyje yra 15 proc. glicerolio, putų tūris išlieka $200 \pm 5 \text{ cm}^3$ viso bandymo metu; 14 mėginio, kurio sudėtyje yra 20 proc. glicerolio, putų tūris išlieka $210 \pm 3 \text{ cm}^3$ viso bandymo metu.



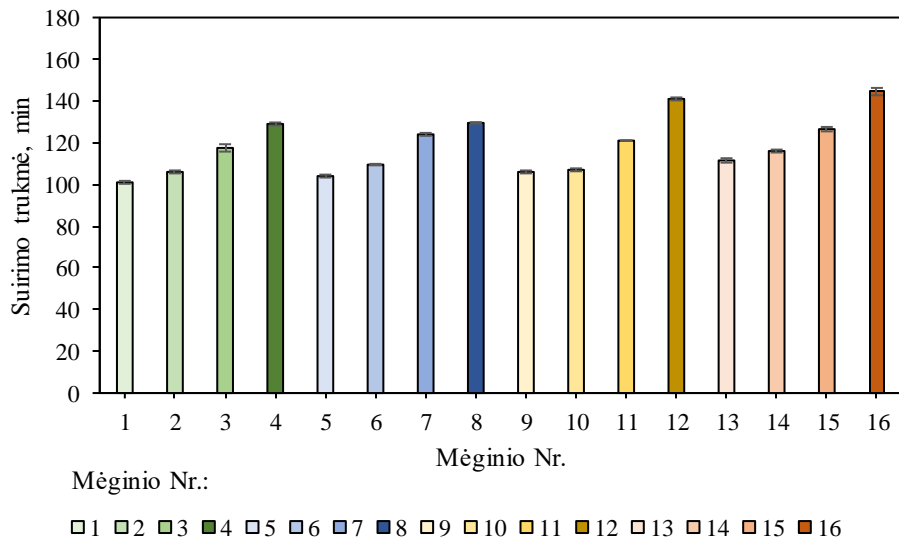
24 pav. C grupės kietųjų šampūnų putojimas

C grupėje (žr. 24 pav.) mažiausias putojimas nustatytas 1 mėginio – $180 \pm 2 \text{ cm}^3$, didžiausias 16 mėginio – $230 \pm 3 \text{ cm}^3$. Didėjant glicerolio bei cetearilo alkoholio koncentracijai, didėja ne tik putų stabilumas, bet ir putų tūris. Glicerolis padaro putas stabilesnes, nes padidėja šampūno tirpalo tankis [45].

Lyginant tarpusavyje A, B ir C grupės mėginius, pastebėta, kad didžiausias putų tūris susidaro C grupės kompozicijose. Šiose kompozicijose naudojama didžiausia natrio alkilsulfatų koncentracija (žr. 4 lentelę), o ši medžiaga pasižymi dideliu putojimu.

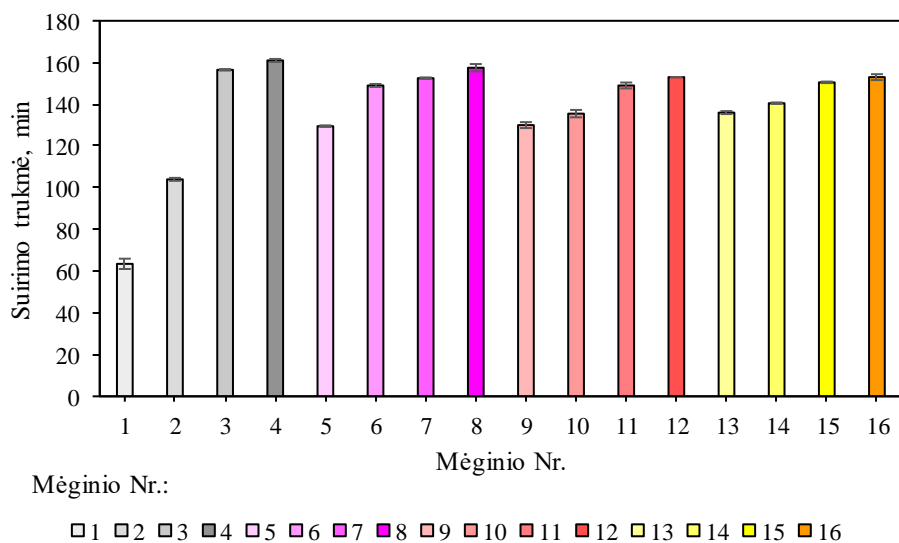
3.2.2. Kietųjų šampūnų suirimo trukmė

Kietųjų šampūnų suirimo trukmė pavaizduota 25 pav., 26 pav. ir 27 pav.



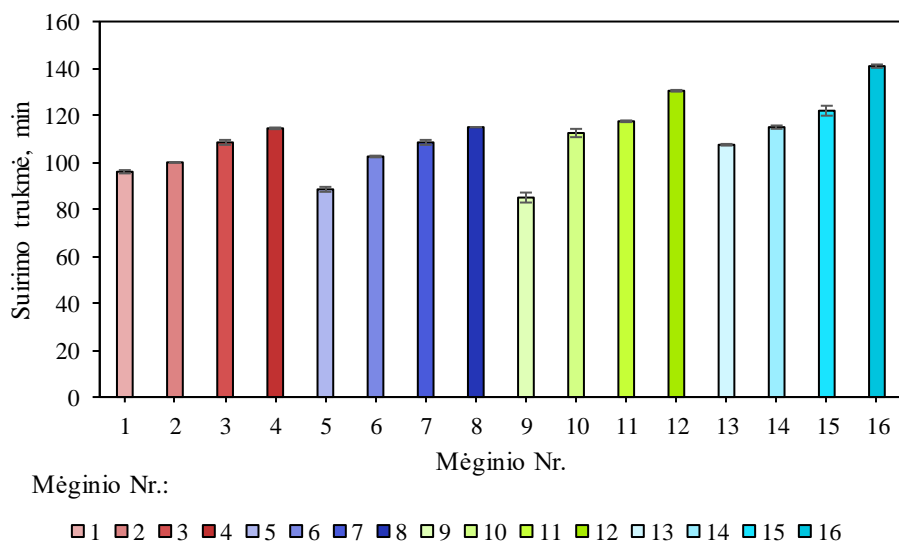
25 pav. A grupės kietųjų šampūnų suirimo trukmė

Didėjant cetearilo alkoholio koncentracijai, suirimo trukmė didėja. Cetearilo alkoholis suteikia šampūnams kietumo, todėl mėginiams reikia daugiau laiko suirti. 5 mėginio (žr. 25 pav.) suirimo trukmė yra 104 ± 1 min, o 8 mėginio 130 ± 1 min.



26 pav. B grupės kietųjų šampūnų suirimo trukmė

1 mėginio (žr. 26 pav.) suirimo trukmė 64 ± 2 min, 5 mėginio 130 ± 1 min, 9 mėginio 130 ± 1 min, o 13 mėginio 136 ± 1 min. Didėjant glicerolio koncentracijai, suirimo trukmė taip pat didėja. Mažiausia suirimo trukmė B grupės mėginiuose nustatyta 1 mėginio – 64 ± 2 min, didžiausia – 4 mėginio 161 ± 1 min.

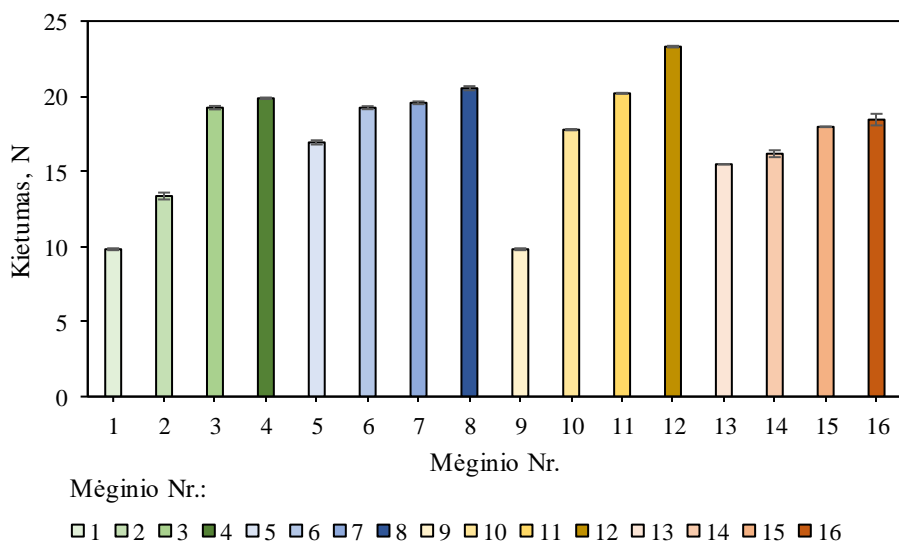


27 pav. C grupės kietųjų šampūnų suirimo trukmė

Lyginant tarpusavyje A, B ir C grupės mėginius nustatyta, kad kietųjų šampūnų, kurių sudėtyje yra 30 proc. natrio laurilsulfoacetato ir 20 proc. natrio alkilsulfatų (B grupė) suirimo trukmė ilgiausia, o tų, kurių sudėtyje 20 proc. natrio laurilsulfoacetato ir 30 proc. natrio alkilsulfatų (C grupė) – trumpiausia.

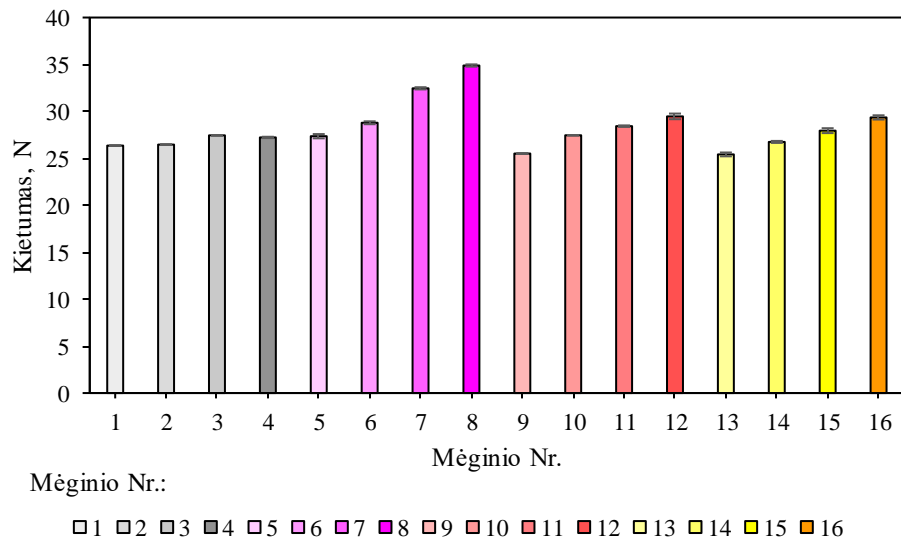
3.2.3. Kietųjų šampūnų kietumas

Kietųjų šampūnų kietumas pavaizduotas 28 pav., 29 pav. ir 30 pav.



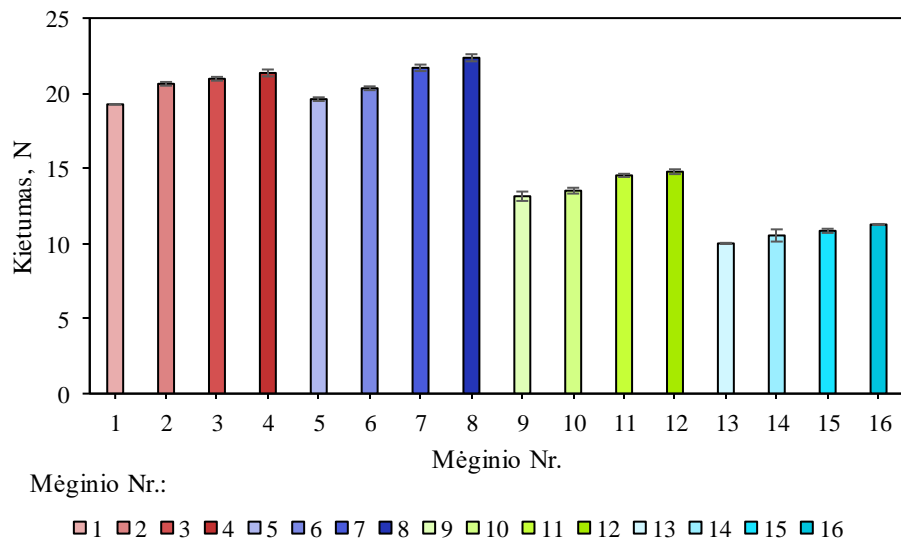
28 pav. A grupės kietųjų šampūnų kietumas

1 mėginio (žr. 28 pav.) kietumas $9,81 \pm 0,1$ N, 2 mėginio $13,4 \pm 0,2$ N, 3 mėginio $19,2 \pm 0,1$ N, o 4 mėginio $19,9 \pm 0,1$ N. Didėjant cetearilo alkoholio koncentracijai, mėginių kietumas taip pat didėja.



29 pav. B grupės kietųjų šampūnų kietumas

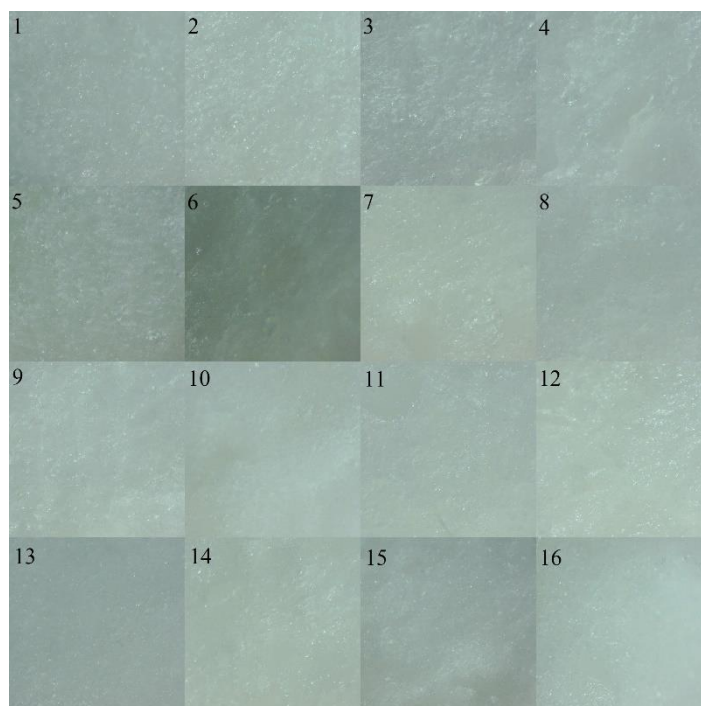
1 mėginio (žr. 29 pav.) kietumas $26,4 \pm 0,4$ N, 5 mėginio $27,4 \pm 0,2$ N, 9 mėginio $25,5 \pm 0,1$ N, o 13 mėginio $25,4 \pm 0,2$ N. Didėjant glicerolio koncentracijai mėginiuose, kietumas iš pradžių didėja, o pasiekus 15 proc. koncentraciją pradeda mažėti. Glicerolis sumažina mėginių trapumą, tačiau pasiekus per didelę koncentraciją mėginiai pasidaro per minkšti.



30 pav. C grupės kietųjų šampūnų kietumas

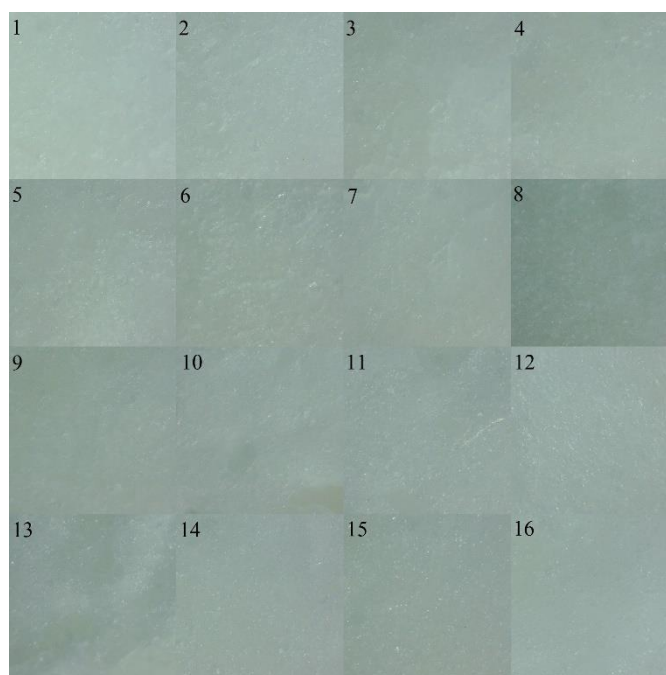
Lyginant tarpusavyje A, B ir C grupės kietuosius šampūnus pastebėta, kad didžiausias kietumas gautas B grupės mėginių (nuo $25,4 \pm 0,2$ iki $34,9 \pm 0,1$ N). B grupės mėginių ilgiausią suirimo trukmę (žr. 26 pav.) galima susieti su mėginių kietumu. Pastebėta, kad didėjant mėginių kietumui, suirimo trukmė taip pat ilgėja.

Optiniu mikroskopu ištirtas kietųjų šampūnų skerspjūvis pavaizduotas 31 pav., 32 pav. ir 33 pav.



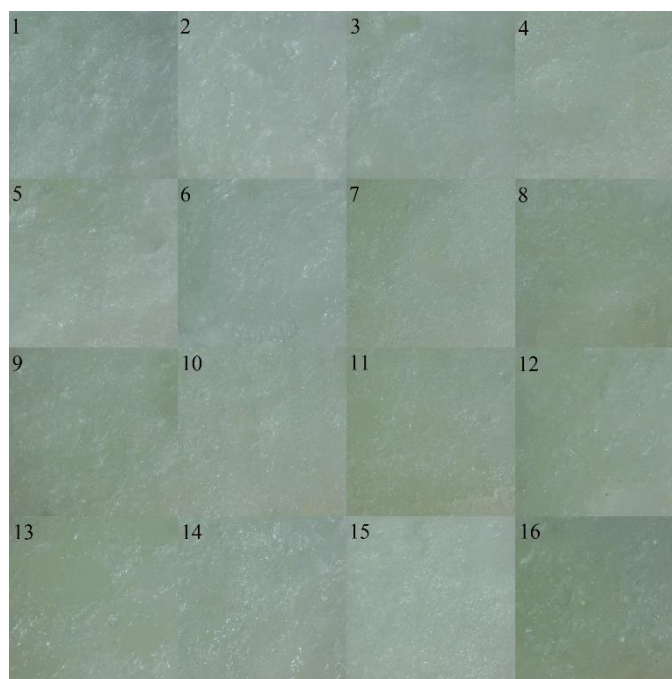
31 pav. A grupės kietųjų šampūnų Nr. 1-16 skerspjūvio vaizdas

A grupės mėginių skerspjūvio paviršius (žr. 31 pav.) nelygus. 1-4 kietųjų šampūnų struktūra netolygi, matosi paviršiaus įtrūkimų, tačiau didėjant glicerolio koncentracijai tekstūra yra lygesnė.



32 pav. B grupės kietųjų šampūnų skerspjūvis

B grupės (žr. 32 pav.) kietieji šampūnai turi tolygesnę nei A grupės kietųjų šampūnų tekstūrą, PAM dalelės pilnai ištirpusios. 1-4 mėginiuose, kuriuose glicerolio koncentracija 5 proc., pastebima nelygumų, oro tarpelių, kurie išnyksta didinant glicerolio koncentraciją. Esant 5,4 proc. cetearilo alkoholio koncentracijai kietųjų šampūnų paviršiuje atsiranda mažų įtrūkimų, nes cetearilo alkoholis padidina jų kietumą, tačiau tuo pačiu padaro mėginius trapesnius. B grupės mėginių kietumas didžiausias – tai galima paaikškinti lygiausiu kietojo šampūno paviršiumi, tolygiausia tekstūra.



33 pav. C grupės kietųjų šampūnų skerspjūvis

C grupės (žr. 33 pav.) kietųjų šampūnų struktūroje matomi įtrūkimai, nelygumai. Dėl to kietasis šampūnas pasidaro trapus, jo kietumas sumažėja, o tuo pačiu mažėja ir suirimo trukmė.

Apibendrinant gautus rezultatus, nustatyta, kad didinant glicerolio ir cetearilo alkoholio koncentraciją, putų tūris ir stabilumas, suirimo trukmė didėja, kol pasiekus tam tikrą koncentraciją beveik nebekinta, o kiečiausi ir stabiliausi mėginiai gaunami naudojant 30 proc. natrio laurilsulfoacetato ir 20 proc. natrio alkilsulfatų (B grupė).

Tolimesnėje eigoje viena iš kietųjų šampūnų kompozicijų papildyta aktyviaisiais komponentais. Pastebėta, kad toliau didinant glicerolio ir cetearilo alkoholio koncentracijas kietumas, putų tūris ir stabilumas, suirimo trukmė beveik nesikeičia, todėl nuspręsta pasirinkti B grupės 7 kompoziciją.

3.3. Specializuotų kietųjų šampūnų kompozicijų sudarymas, gavimas ir tyrimas

Specializuoto kietojo šampūno gavimui pasirinkta B grupės 7 kompozicija. Jos sudėtis papildyta biokatyviais komponentais ir gautos dvi kompozicijos, toliau žymimos SP1 ir SP2. Pagal kompozicijas gauti kietieji šampūnai ir ištirtos jų bei kontrolinio mėginio savybės. Specializuotų priemonių kompozicijos pateiktos 5 lentelėje.

5 lentelė. Specializuotų kietųjų šampūnų kompozicijos

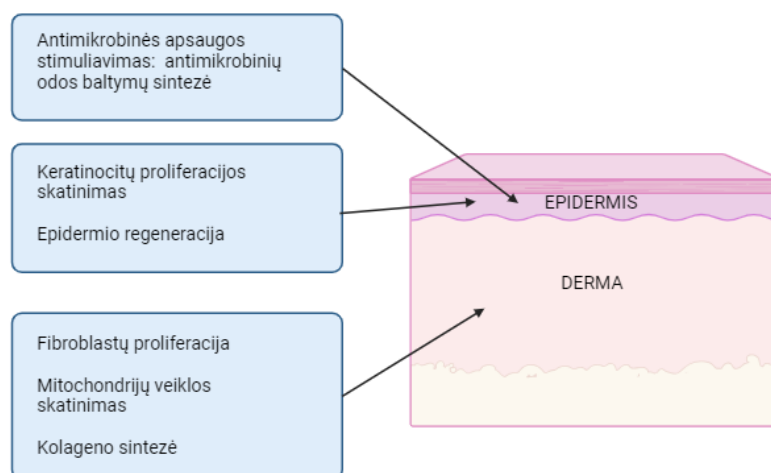
Medžiagos pavadinimas	Mėginys		
	Kontrolinis	SP1	SP2
	Masės dalis, proc.		
Natrio laurilsulfoacetatas	30	30	30
Natrio alkilsulfatai	20	20	20
Glicerolis	10	10	10
Taukmedžio sviestas	2	2	2
Kakavos sviestas	1	1	1

5 lentelės tęsinys kitame puslapyje

Medžiagos pavadinimas	Mėginys		
	Kontrolinis	SP1	SP2
	Masės dalis, proc.		
Cetearilo alkoholis	3	3	3
Alkilpoliglikozidai	1	1	1
Behentrimonio metosulfato ir cetearilo alkoholio mišinys (3:7)	2	2	2
Citrinų rūgštis (50 proc.)	1,5	1,5	1,5
Fenoksietanolio ir etilheksilglicerino mišinys (9:1)	1	1	1
Vynuogių kauliukų ir saulėgrąžų aliejaus mišinys (1:1)	2	2	2
Kokamidopropilbetainas (30 proc.)	5	5	5
Magnio aspartato, kalio aspartato, sarkozino (10-20 proc.) ir aminorūgščių (20-40 proc.) mišinys	-	3	-
Rudųjų dumblių (lot. <i>Laminaria Hyperborea</i>) ekstraktas (5 proc.), kaprilo/kaprio trigliceridai (95 proc.)	-	-	3
Vanduo	21,5	21,5	21,5

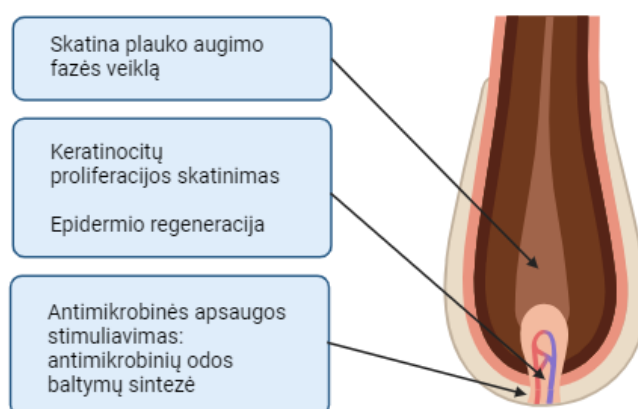
SP1 kompozicija papildyta magnio aspartato, kalio aspartato, sarkozino ir aminorūgščių mišiniu, komerciniu pavadinimu žinomu kaip *Sepicalm S WP*, šis kompozicijose sudaro 3 proc. Aminorūgštys – glicinas, glutaminas, aspartatas, alaninas – yra druskos pavidalo, išgaunamos iš kokoso baltymų. Šis bioaktyvus komponentas mažina odos sudirginimą, pasižymi priešuždegiminiu poveikiu, mažina odos paraudimą ir dilgčiojimo pojūtį, todėl tinka kosmetikos priemonėms, skirtoms jautriai galvos odai. Gamintojo teigimu, efektyviausiai kompozicijose ši medžiaga veikia esant 3 proc. koncentracijai [46].

SP2 kompozicija papildyta rudųjų dumblių ekstraktu kaprilo/kaprio trigliceriduose, komerciniu pavadinimu žinomu kaip *Boreal TG*, šis kompozicijose sudaro 3 proc. Šio ekstrakto sudėtyje yra karotinoidų ir lipidų, kurie veikia hormoną leptiną. Leptino yra epidermyje, dermoje ir plaukų folikuluose. Jis atsakingas už odos ir plaukų regeneraciją, o taip pat skatina antimikrobinių odos baltymų sintezę [47].



34 pav. Leptino poveikis odai

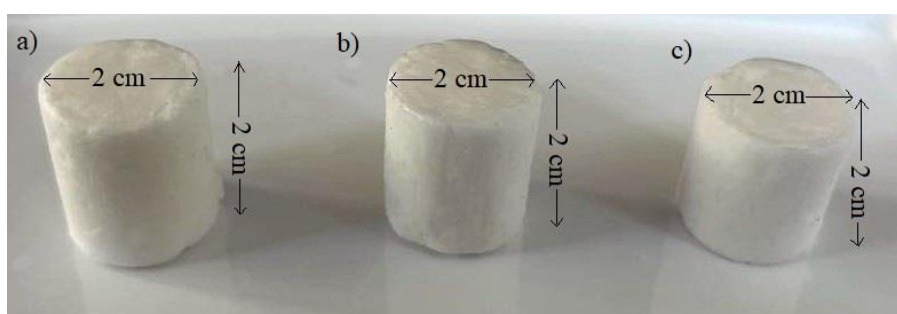
34 pav. pavaizduotas hormono leptino poveikis odai. Leptinas skatina keratinocitų bei fibroblastų ląstelių dauginimąsi, taip pat skatina epidermio regeneraciją bei kolageno sintezę [47].



35 pav. Leptino poveikis plaukams

35 pav. pavaizduotas leptino poveikis plaukams. Jis skatina augimo fazės veiklą, keratinocitų dauginimąsi, epidermio regeneraciją. Gamintojo teigimu, geriausiai ši medžiaga veikia esant 1-3 proc. koncentracijai [47].

Pagal sukurtas kompozicijas pagaminti specializuoti kietieji šampūnai (žr. 36 pav.), iširtos jų ir kontrolinio mėginio savybės.

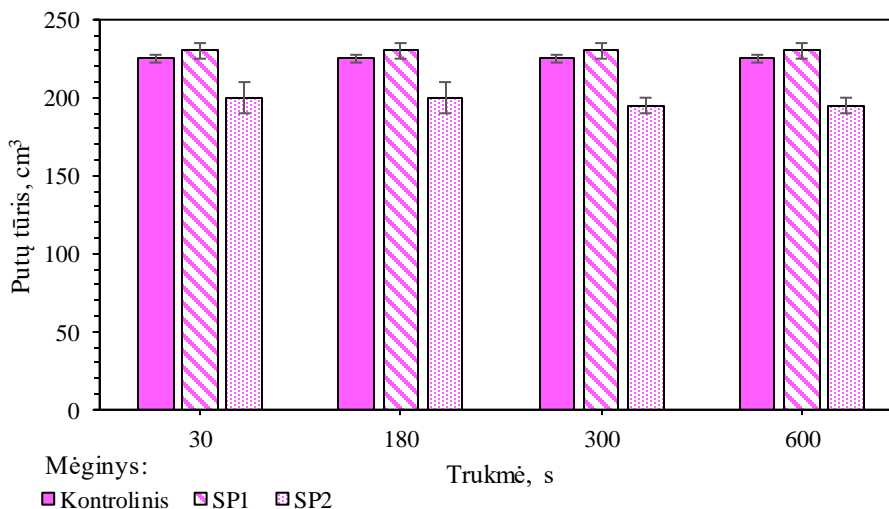


36 pav. Kietieji šampūnai: kontrolinis (a), SP1 (b), SP2 (c)

Ištirtas pagamintų specializuotų kietųjų šampūnų pH. Nustatyta, kad pH yra $6\pm 0,1$, vadinasi, specializuoti šampūnai nepažeis plauko kutikulės ir nedirgins galvos odos.

3.3.1. Specializuotų kietųjų šampūnų putojimas ir putų stabilumas

Specializuotų kietųjų šampūnų ir kontrolinio mėginio putojimas ir putų stabilumas pateiktas 37 pav.

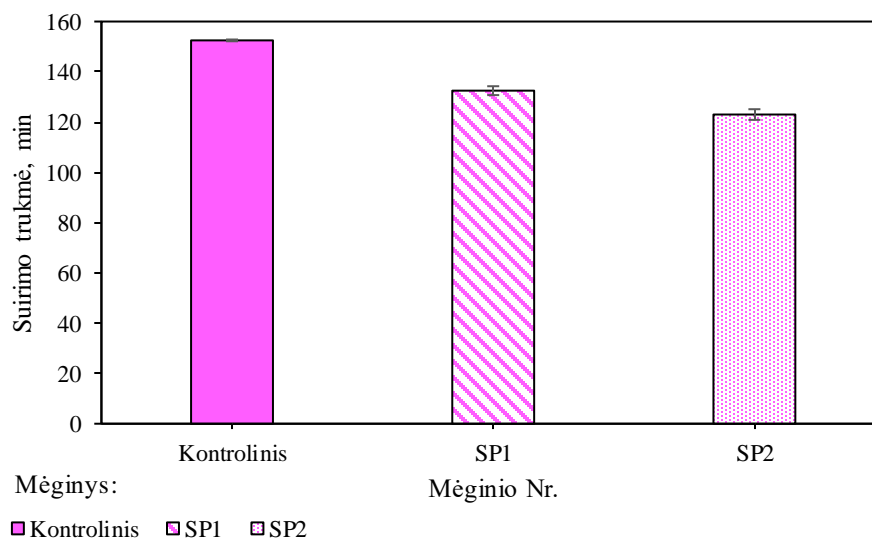


37 pav. Specializuotų kietųjų šampūnų putojimas ir putų stabilumas

Kontrolinio mėginio putų tūris 225 ± 3 cm³, SP1 kietojo šampūno 230 ± 5 cm³, SP2 kietojo šampūno 195 ± 5 cm³. Ištyrus specializuotų kietųjų šampūnų putojimą pastebėta, kad SP1 kietojo šampūno putojimas yra šiek tiek didesnis negu kontrolinio mėginio, tačiau SP2 kietasis šampūnas pasižymi mažesniu putų tūriu. SP1 kietojo šampūno sudėtis papildyta aminorūgščių mišiniu, kurios veikia kaip švelni PAM. SP2 kietojo šampūno sudėtyje (žr. 5 lentelę) yra kaprilo/kaprio trigliceridų, aliejinės prigimties medžiagos, dėl kurių sumažėja putų tūris. Abiejų specializuotų kietųjų šampūnų išmatuotas putų tūris didesnis negu 100 cm³, vadinasi, jie putoja gerai.

3.3.2. Specializuotų kietųjų šampūnų suirimo trukmė

Specializuotų kietųjų šampūnų suirimo trukmė pateikta 38 pav.

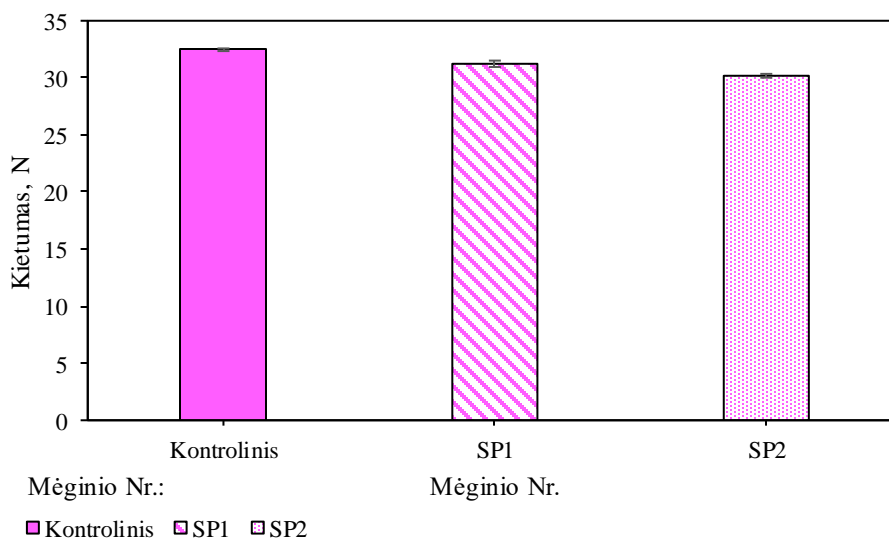


38 pav. Specializuotų kietųjų šampūnų suirimo trukmė

Išmatuota kontrolinio mėginio suirimo trukmė 153 ± 1 min, SP1 kietojo šampūno 132 ± 2 min, SP2 kietojo šampūno 123 ± 2 min. Abiejų specializuotų kietųjų šampūnų suirimo trukmė mažesnė nei kontrolinio mėginio.

3.3.3. Specializuotų kietųjų šampūnų kietumas

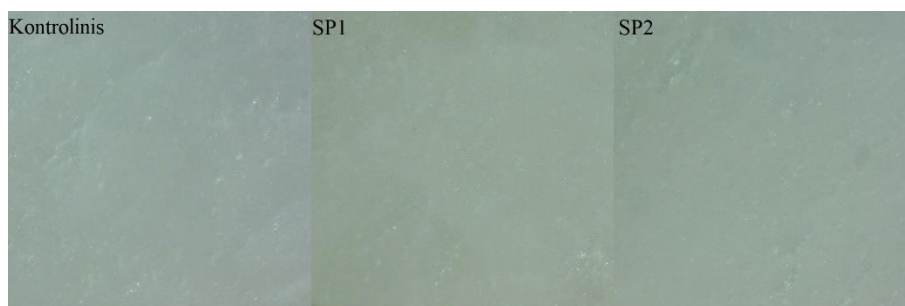
Specializuotų kietųjų šampūnų kietumas pateiktas 39 pav.



39 pav. Specializuotų kietųjų šampūnų kietumas

Išmatuotas kontrolinio mėginio kietumas $32,5 \pm 0,1$ N, SP1 mėginio $31,2 \pm 0,3$ N, SP2 mėginio $30,2 \pm 0,2$ N. Abiejų specializuotųjų kietųjų šampūnų kietumas mažesnis nei kontrolinio mėginio. Dėl mažesnio kietumo, sutrumpėja suirimo trukmė (žr. 38 pav.).

Specializuotų kietųjų šampūnų skerspjūvis ištirtas optiniu mikroskopu, rezultatai pavaizduoti 40 pav.

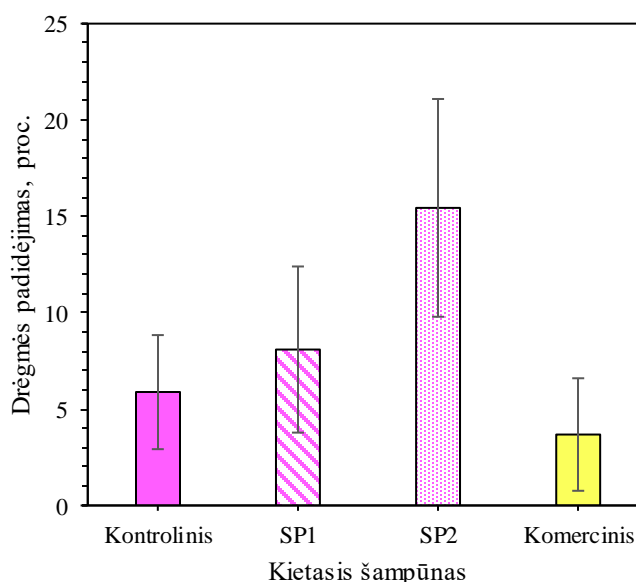


40 pav. Specializuotų kietųjų šampūnų skerspjūvis

Lyginant specializuotus kietuosius šampūnus su kontroliniu mėginiu pastebėta, kad pridėjus bioaktyvių komponentų kietojo šampūno paviršiuje atsiranda mažų įtrūkimų, nelygumų. Dėl pasikeitusios struktūros mėginiai greičiau suirsta, sumažėja jų kietumas.

3.3.4. Specializuotų kietųjų šampūnų poveikis odai

Kietųjų šampūnų poveikis odai pavaizduotas 41 pav.



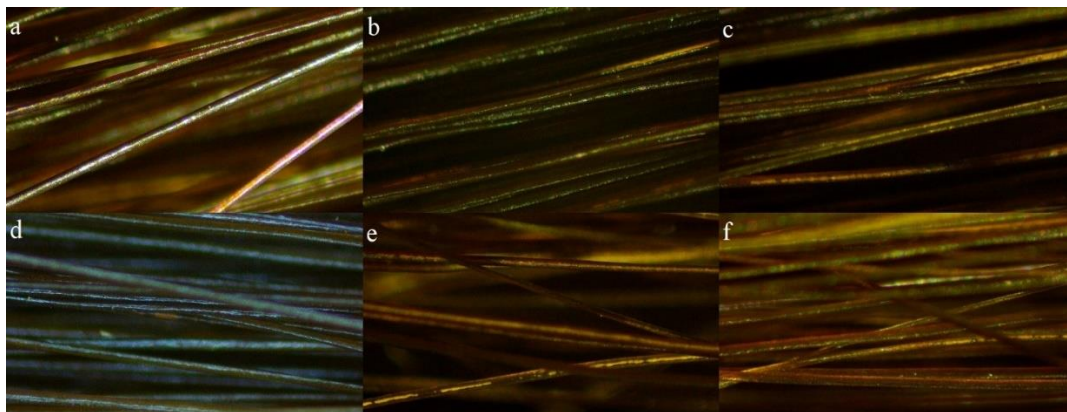
41 pav. Drėgmės pokytis odoje

Drėgmės pokyčio odoje nustatymo tyrimui palyginimui paimtas panašios sudėties komercinis kietasis šampūnas *Jolu Grapefruit*, kurio sudėtyje yra natrio laurilsulfoacetato, natrio alkilsulfatų, glicerolio ir aliejų. Nustatyta, kad kontrolinis kietasis šampūnas drėgmę odoje padidina 6 ± 3 proc., SP1 kietasis šampūnas 8 ± 4 proc., SP2 kietasis šampūnas 15 ± 6 proc., o komercinis – 4 ± 3 proc. Didžiausias drėgmės pokytis odoje nustatytas SP2 kietojo šampūno, mažiausias – komercinio. Visais atvejais kietieji šampūnai odos neišsausina. Paklaidos gaunamos didelės, nes matavimai atlikti skirtingose odos vietose.

SP1 kietojo šampūno sudėtyje yra aminorūgščių mišinio – PAM, kurios drėkina odą, turi antioksidacinių savybių, palaiko drėgmės sulaikymą odoje [48]. SP2 kietasis šampūnas odą drėkina dar labiau, nes jo sudėtyje yra rudųjų dumblių ekstrakto, drėkinančio ir raminančio odą [49], bei kaprilo/kaprio trigliceridų, kurie sudaro apsauginį drėgmę sulaikantį barjerą odos paviršiuje [50].

3.3.5. Specializuotų kietųjų šampūnų poveikis plaukams

Specializuotų kietųjų šampūnų poveikis plaukams pavaizduotas 42 pav.



42 pav. Kietųjų šampūnų poveikis plaukams: prieš plovimą (a), suvilgius plaukus kaprilo/kaprio trigliceridais (b), nuplovus komerciniu šampūnu (c), nuplovus kontroliniu šampūnu (d), nuplovus SP1 (e), nuplovus SP2 (f)

Atlikus tyrimą pastebėta, kad, plaukus suvilgius kaprilo/kaprio trigliceridais, jie sulimpa tarpusavyje, tampa labiau blizgūs. Visi kietieji šampūnai kaprilo/kaprio trigliceridus nuo plauko paviršiaus pašalina gerai. Plauko kutikulė visais atvejais išlieka nepažeista, plauko paviršius lygus.

Išvados

1. Sukurtos 48 tarpinių kietųjų šampūnų kompozicijos ir pagal jas pagamintos priemonės. Kietųjų šampūnų sudėtyje turi būti: 30 proc. natrio laurilsulfoacetato, 20 proc. natrio alkilsulfatų, 5-20 proc. glicerolio, 2,4-5,4 proc. cetearilo alkoholio, 1,5 proc. kokamidopropilbetaino, 2 proc. taukmedžio sviesto, 1 proc. vynuogių kauliukų aliejaus, 1 proc. saulėgražų aliejaus, 1 proc. kakavos sviesto, 1 proc. alkilpoliglikozidų, 0,9 proc. fenoksietanolio, 0,1 proc. etilheksilglicerino, 0,6 proc. behentrimonio metosulfato, 0,75 proc. citrinų rūgšties tirpalo ir vandens iki 100 proc.
2. Nustatyta, kad kietųjų šampūnų putojimui, putų stabilumui, suirimo trukmei, kietumui turi įtakos jų sudėtis. Nustatytas A grupės šampūnų putų tūris yra intervale nuo 180 ± 15 iki 230 ± 10 cm³, suirimo trukmė nuo 101 ± 1 iki 145 ± 2 min, kietumas nuo $9,81 \pm 0,1$ iki $23,30 \pm 0,1$ N. B grupės putų tūris yra intervale nuo 190 ± 20 iki 230 ± 10 cm³, suirimo trukmė nuo 64 ± 3 iki 158 ± 2 min, kietumas nuo $25,4 \pm 0,1$ iki $34,9 \pm 0,1$ N. C grupės putų tūris intervale nuo 200 ± 10 iki 230 ± 5 cm³, suirimo trukmė nuo 85 ± 2 iki 141 ± 1 min, kietumas nuo $10 \pm 0,1$ iki $22,4 \pm 0,2$ N. Putų tūris didžiausias C grupėje, nes joje didžiausia natrio alkilsulfatų koncentracija. Suirimo trukmė ir kietumas didžiausi B grupėje, nes joje didžiausia natrio laurilsulfoacetato koncentracija.
3. Atrinkta optimali kietųjų šampūnų kompozicija papildyta bioaktyviais komponentais – aminorūgštimis bei rudųjų dumblių ekstraktu – ir pagal papildytas kompozicijas pagamintos specializuotos priemonės. Optimaliu atveju kietųjų šampūnų kompozicijoje turi būti 3 proc. bioaktyvaus komponento. Kietojo šampūno su aminorūgštimis kietumas $31,23 \pm 0,28$ N, putų tūris 230 ± 3 cm³, putos stabilios, suirimo trukmė 133 ± 2 min. Kietojo šampūno su rudųjų dumblių ekstraktu kietumas $30,18 \pm 0,17$ N, putų tūris 200 ± 5 cm³, putų tūris po 300 s sumažėja 5 cm³, suirimo trukmė 123 ± 2 min. Specializuotų kietųjų šampūnų pH vertė $6 \pm 0,1$.
4. Nustatyta, kad specializuoti kietieji šampūnai padidina odos drėgmę daugiau nei komercinis šampūnas. Kietasis šampūnas, kurio sudėtyje yra aminorūgščių, odos drėgmę padidina 8 ± 4 proc., o kietasis šampūnas, kurio sudėtyje yra rudųjų dumblių ekstrakto, padidina 15 ± 6 proc. Abu specializuoti kietieji šampūnai plaukus plauna gerai ir jų nepažeidžia.

Rekomendacijos

Rekomendacijos tolimesniems moksliniams tyrimams:

- Atlikti mikrobiologinius tyrimus, siekiant įsitikinti, ar pagamintos kosmetikos priemonės nėra mikrobiologiškai užterštos.
- Atlikti stabilumo tyrimą, kuris parodytų, ar praėjus tam tikram laiko tarpui ir/ar keičiant aplinkos sąlygas, kosmetikos priemonės nepakeičia spalvos, neatsiranda tekstūros ir mechaninių savybių pokyčių.
- Atlikti dermatologinius tyrimus, siekiant įsitikinti, ar kosmetikos priemonės nedirgina odos ir nesukelia alerginių reakcijų.
- Sukurti pakuotę kietiesiems šampūnams, atsižvelgiant į aplinkosaugos problemas.

Literatūros sąrašas

1. BORG, K.; A. LENNOX; S. KAUFMAN; F. TULL; R. PRIME ir kt. Curbing plastic consumption: A review of single-use plastic behaviour change interventions. *J. Clean. Prod.*, t. 344 (2022), p. 131077. Interaktyvus. ISSN 09596526. Prieiga per: doi: 10.1016/j.jclepro.2022.131077. [žiūrėta 2024-05-30].
2. VAZQUEZ, Y. V.; L. A. CASTILLO ir S. E. BARBOSA. Rethinking of toiletries rigid bottles for recycling improvement. *J. Environ. Manage.*, t. 311 (2022), p. 114839. Interaktyvus. ISSN 03014797. Prieiga per: doi: 10.1016/j.jenvman.2022.114839. [žiūrėta 2024-05-30].
3. CHAMAS, A.; H. MOON; J. ZHENG; Y. QIU; T. TABASSUM ir kt. Degradation Rates of Plastics in the Environment. *ACS Sustain. Chem. Eng.*, t. 8 (2020), nr. 9, p. 3494–3511. Interaktyvus. ISSN 2168-0485, 2168-0485. Prieiga per: doi: 10.1021/acssuschemeng.9b06635. [žiūrėta 2024-05-30].
4. HOUSCHYAR, K. S.; M. R. BORELLI; C. TAPKIN; D. POPP; B. PULADI ir kt. Molecular Mechanisms of Hair Growth and Regeneration: Current Understanding and Novel Paradigms. *Dermatology*, t. 236 (2020), nr. 4, p. 271–280. Interaktyvus. ISSN 1018-8665, 1421-9832. Prieiga per: doi: 10.1159/000506155. [žiūrėta 2024-02-13].
5. LI, B. S. ir H. I. MAIBACH. Ethnic Skin and Hair and Other Cultural Considerations. In: *Updates in Clinical Dermatology*. Interaktyvus. Cham: Springer International Publishing, 2021. ISBN 978-3-030-64829-9 978-3-030-64830-5. Prieiga per: doi: 10.1007/978-3-030-64830-5. [žiūrėta 2024-02-13].
6. LAI-CHEONG, J. E. ir J. A. MCGRATH. Structure and function of skin, hair and nails. *Medicine (Baltimore)*, t. 49 (2021), nr. 6, p. 337–342. Interaktyvus. ISSN 13573039. Prieiga per: doi: 10.1016/j.mpmed.2021.03.001. [žiūrėta 2024-02-15].
7. KOCH, S. L.; S. R. TRIDICO; B. A. BERNARD; M. D. SHRIVER ir N. G. JABLONSKI. The biology of human hair: A multidisciplinary review. *Am. J. Hum. Biol.*, t. 32 (2020), nr. 2, p. 23316. Interaktyvus. ISSN 1042-0533, 1520-6300. Prieiga per: doi: 10.1002/ajhb.23316. [žiūrėta 2024-02-15].
8. HOOVER, E.; M. ALHAJJ ir J. L. FLORES. Physiology, Hair. In: *StatPearls*. Interaktyvus. Treasure Island: StatPearls Publishing, 2024. Prieiga per: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK499948/>. [žiūrėta 2024-02-15].
9. LIN, X.; L. ZHU ir J. HE. Morphogenesis, Growth Cycle and Molecular Regulation of Hair Follicles. *Front. Cell Dev. Biol.*, t. 10 (2022), p. 899095. Interaktyvus. ISSN 2296-634X. Prieiga per: doi: 10.3389/fcell.2022.899095. [žiūrėta 2024-02-15].
10. MORECI, R. S. ir T. LECHLER. Epidermal structure and differentiation. *Curr. Biol.*, t. 30 (2020), nr. 4, p. R144–R149. Interaktyvus. ISSN 09609822. Prieiga per: doi: 10.1016/j.cub.2020.01.004. [žiūrėta 2024-02-20].
11. FODOR, L. ir Y. ULLMANN. Aesthetic Applications of Intense Pulsed Light. Interaktyvus. Cham: Springer International Publishing, 2020. ISBN 978-3-030-22828-6 978-3-030-22829-3. Prieiga per: doi: 10.1007/978-3-030-22829-3. [žiūrėta 2024-02-20].
12. PIIPPONEN, M.; D. LI ir N. X. LANDEN. The Immune Functions of Keratinocytes in Skin Wound Healing. *Int. J. Mol. Sci.*, t. 21 (2020), nr. 22, p. 8790. Interaktyvus. ISSN 1422-0067. Prieiga per: doi: 10.3390/ijms21228790. [žiūrėta 2024-02-21].
13. POLISETTI, N. Poliseti; A. GIEBL; M. ZENKEL; L. HEGER; D. DUDZIAK ir kt. Melanocytes as emerging key players in niche regulation of limbal epithelial stem cells. *Ocul. Surf.*, t. 22 (2021), p. 172–189. Interaktyvus. ISSN 15420124. Prieiga per: doi: 10.1016/j.jtos.2021.08.006. [žiūrėta 2024-02-21].
14. NEAGU, M.; C. CONSTANTIN; G. JUGULETE; V. CAUNI; S. DUBRAC ir kt. Langerhans Cells—Revising Their Role in Skin Pathologies. *J. Pers. Med.*, t. 12 (2022), nr. 12, p. 2072. Interaktyvus. ISSN 2075-4426. Prieiga per: doi: 10.3390/jpm12122072. [žiūrėta 2024-02-27].

15. SOLANO, F. Metabolism and Functions of Amino Acids in the Skin. In: *Amino Acids in Nutrition and Health*, t. 1265, p. 187-199. Advances in Experimental Medicine and Biology, vol. 1265. Interaktyvus. Cham: Springer International Publishing, 2020. ISBN 978-3-030-45327-5 978-3-030-45328-2. Prieiga per: doi: 10.1007/978-3-030-45328-2_11. [žiūrėta 2024-02-27].
16. HENRIKSEN, K. ir M. A. KARSDAL. Type I collagen. In: *Biochemistry of Collagens, Laminins and Elastin*. Interaktyvus. Elsevier, 2024. ISBN 978-0-443-15617-5. Prieiga per: doi: 10.1016/B978-0-443-15617-5.00047-0. [žiūrėta 2024-02-27].
17. TRĘBACZ, H. ir A. BARZYCKA. Mechanical Properties and Functions of Elastin: An Overview. *Biomolecules*, t. 13 (2023), nr. 3, p. 574. Interaktyvus. ISSN 2218-273X. Prieiga per: doi: 10.3390/biom13030574. [žiūrėta 2024-03-01].
18. ANUSHA, R.; P. PRATHIBHA; G. GANESH GOUD; Resma KHATUN ir Al Aziz AHMED. PREPARATION AND EVALUATION METHODS OF HERBAL BODY LOTION - A REVIEW. Interaktyvus. ISSN 2583-6579. Prieiga per: doi: 10.5281/ZENODO.10946284. [žiūrėta 2024-03-01].
19. KIM, S.; S. SHIN; S. N. KIM ir Y. NA. Understanding the Characteristics of the Scalp for Developing Scalp Care Products. *J. Cosmet. Dermatol. Sci. Appl.*, t. 11 (2021), nr. 03, p. 204–216. Interaktyvus. ISSN 2161-4105, 2161-4512. Prieiga per: doi: 10.4236/jcdsa.2021.113018. [žiūrėta 2024-03-05].
20. DAVIS, C; P. N. ABDUL KHOFAR; U. K. ABDUL KARIM; R. ABD RASHID; M. M. MAHAT ir M. I. ABDUL HALIM. Critical assessment on structural analysis of scalp hair using scanning electron microscope (SEM) and compound microscope. *Mater. Today Proc.*, t. 29 (2020), p. 244–249. Interaktyvus. ISSN 22147853. Prieiga per: doi: 10.1016/j.matpr.2020.05.538. [žiūrėta 2024-03-05].
21. TRÜEB, R. M. Shampoos: Ingredients, efficacy and adverse effects. *JDDG J. Dtsch. Dermatol. Ges.*, t. 5 (2007), nr. 5, p. 356–365. Interaktyvus. ISSN 1610-0379, 1610-0387. Prieiga per: doi: 10.1111/j.1610-0387.2007.06304.x. [žiūrėta 2024-03-05].
22. FILATOV, V. A.; O. YU. KULYAK ir E. I. KALENIKOVA. The Development of Medical Shampoo with a Plant-Based Substance for the Treatment of Seborrheic Dermatitis. Pranešimas konferencijoje. Interaktyvus. MDPI, 2023. Prieiga per: doi: 10.3390/ECB2023-14084.
23. SHARMA, S.; U. AHMAD; J. AKHTAR; A. ISLAM; M. MUAZZAM KHAN ir N. RIZVI. The Art and Science of Cosmetics: Understanding the Ingredients. In: *Cosmetic Products and Industry - New Advances and Applications*. Interaktyvus. IntechOpen, 2023. ISBN 978-1-83768-622-3 978-1-83768-623-0. Prieiga per: doi: 10.5772/intechopen.112925. [žiūrėta 2024-03-05].
24. Farias, C. B. B.; F. C. G. ALMEIDA; I. A. SILVA; T. C. SOUZA; H. M. MEIRA ir kt. Production of green surfactants: Market prospects. *Electron. J. Biotechnol.*, t. 51 (2021), p. 28–39. Interaktyvus. ISSN 07173458. Prieiga per: doi: 10.1016/j.ejbt.2021.02.002. [žiūrėta 2024-03-15].
25. SARKAR, R; A. PAL; A. RAKSHIT ir B. SAHA. Properties and applications of amphoteric surfactant: A concise review. *J. Surfactants Deterg.*, t. 24 (2021), nr. 5, p. 709–730. Interaktyvus. ISSN 1097-3958, 1558-9293. Prieiga per: doi: 10.1002/jsde.12542. [žiūrėta 2024-03-15].
26. MAWAZI, S. M.; J. ANN; N. OTHMAN; J. KHAN; S. O. ALOLAYAN ir kt. A Review of Moisturizers; History, Preparation, Characterization and Applications. *Cosmetics*, t. 9 (2022), nr. 3, p. 61. Interaktyvus. ISSN 2079-9284. Prieiga per: doi: 10.3390/cosmetics9030061. [žiūrėta 2024-03-15].
27. GAWADE, R. P.; S. L. CHINKE ir P. S. ALEGAONKAR. Polymers in cosmetics. In: *Polymer Science and Innovative Applications*. Interaktyvus. Elsevier, 2020. ISBN 978-0-12-816808-0. Prieiga per: doi: 10.1016/B978-0-12-816808-0.00017-2. [žiūrėta 2024-03-21].

28. REMYA, R. R.; A. V. SAMROT; S. S. KUMAR; V. MOHANAVEL; A. KARTHICK ir kt. Bioactive Potential of Brown Algae. *Adsorpt. Sci. Technol.*, t. 2022 (2022), p. 9104835. Interaktyvus. ISSN 0263-6174, 2048-4038. Prieiga per: doi: 10.1155/2022/9104835. [žiūrėta 2024-03-21].
29. Sarkosine. *Lesielle*. Interneto puslapis. Prieiga per: <https://www.lesielle.com/int/en/sarcosine-in-skincare-what-is-inci-1492> [žiūrėta 2024-03-21].
30. CINELLI, P.; M. COLTELLI; F. SIGNORI; P. MORGANTI ir A. LAZZERI. Cosmetic Packaging to Save the Environment: Future Perspectives. *Cosmetics*, t. 6 (2019), nr. 2, p. 26. Interaktyvus. ISSN 2079-9284. Prieiga per: doi: 10.3390/cosmetics6020026. [žiūrėta 2023-12-20].
31. ROCCA, R.; F. ACERBI; L. FUMAGALLI ir M. TAISCH. Sustainability paradigm in the cosmetics industry: State of the art. *Clean. Waste Syst.*, t. 3 (2022), p. 100057. Interaktyvus. ISSN 27729125. Prieiga per: doi: 10.1016/j.clwas.2022.100057. [žiūrėta 2023-12-20].
32. Vadakkepatt, G. G.; K. P. WINTERICH; V. MITTAL; W. ZINN; L. BEITELSPACHER ir kt. Sustainable Retailing. *J. Retail.*, t. 97 (2021), nr. 1, p. 62–80. Interaktyvus. ISSN 00224359. Prieiga per: doi: 10.1016/j.jretai.2020.10.008. [žiūrėta 2023-12-20].
33. JORDAN GATT, I. ir P. REFALO. Life cycle assessment of recyclable, reusable and dematerialised plastic cosmetic packages. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, t. 1196 (2021), nr. 1, p. 012022. Interaktyvus. ISSN 1757-8981, 1757-899X. Prieiga per: doi: 10.1088/1757-899X/1196/1/012022. [žiūrėta 2023-12-20].
34. SILVA DE LIMA, L.; G. CALDERARO ILLICETO; M. V. ROBLES VELASCO ir M. FERRERA DARIO. Development and evaluation of the effectiveness of a solid shampoo bar. *Biomed. Biopharm. Res.*, t. 20 (2023), nr. 2, p. 1–15. Interaktyvus. ISSN 2182-2379. Prieiga per: doi: 10.19277/bbr.20.2.326. [žiūrėta 2023-12-21].
35. PENG, W.; Z. PENG; P. TANG; H. SUN; H. LEI ir kt. Review of Plastic Surgery Biomaterials and Current Progress in Their 3D Manufacturing Technology. *Materials*, t. 13 (2020), nr. 18, p. 4108. Interaktyvus. ISSN 1996-1944. Prieiga per: doi: 10.3390/ma13184108. [žiūrėta 2023-12-21].
36. JIAO, Y.; M. STEVIC; A. BUANZ; M. J. UDDIN ir S. TAMBURIC. Current and Prospective Applications of 3D Printing in Cosmetics: A Literature Review. *Cosmetics*, t. 9 (2022), nr. 6, p. 115. Interaktyvus. ISSN 2079-9284. Prieiga per: doi: 10.3390/cosmetics9060115. [žiūrėta 2024-01-13].
37. KANG, W.; L. YAN; F. DING ir Z. XU. Effect of polysaccharide polymers on the surface and foam properties of aqueous film-forming foam. *Colloid Interface Sci. Commun.*, t. 45 (2021), p. 100540. Interaktyvus. ISSN 22150382. Prieiga per: doi: 10.1016/j.colcom.2021.100540. [žiūrėta 2024-04-02]
38. BHADANI, A.; A. KAFLE; T. OGURA; M. AKAMATSU; K. SAKAI ir kt. Phase Behavior of Ester Based Anionic Surfactants: Sodium Alkyl Sulfoacetates. *Ind. Eng. Chem. Res.*, t. 58 (2019), nr. 16, p. 6235–6242. Interaktyvus. ISSN 0888-5885, 1520-5045. Prieiga per: doi: 10.1021/acs.iecr.9b00286. [žiūrėta 2024-04-02].
39. SHAIKH, S. S.; V. K. PADVI ir T. L. ASawe. Formulation and evaluation of conditioning safflower oil shampoo. *Indian J. Pharm. Pharmacol.*, t. 10 (2023), nr. 2, p. 122–127. Interaktyvus. ISSN 2393-9079, 2393-9087. Prieiga per: doi: 10.18231/j.ijpp.2023.025. [žiūrėta 2024-04-02].
40. SURIANARAYANAN, R. ir J. P. BHASKAR. Herbal Cosmeceuticals. In: *Plant Metabolites: Methods, Applications and Prospects*. Interaktyvus. Singapore: Springer, 2020. ISBN 9789811551352 9789811551369. Prieiga per: doi: 10.1007/978-981-15-5136-9_10. [žiūrėta 2024-04-02].

41. VO, T. V.; Y.Y. CHOU ir B.-H. CHEN. Preparation of Microemulsion from an Alkyl Polyglycoside Surfactant and Tea Tree Oil. *Molecules*, t. 26 (2021), nr. 7, p. 1971. Interaktyvus. ISSN 1420-3049. Prieiga per: doi: 10.3390/molecules26071971. [žiūrėta 2024-04-16].
42. LORENZ, M.; R. WAGNER; S. JESSE; J. M. MARSH; M. MAMAK ir kt. Nanoscale Mass Spectrometry Multimodal Imaging via Tip-Enhanced Photothermal Desorption. *ACS Nano*, t. 14 (2020), nr. 12, p. 16791–16802. Interaktyvus. ISSN 1936-0851, 1936-086X. Prieiga per: doi: 10.1021/acsnano.0c05019. [žiūrėta 2024-04-16].
43. BAHARI, M. S.; A. HARUN; Z. ZAINAL ABIDIN; R. HAMIDON ir S. ZAKARIA. Intelligent Manufacturing and Mechatronics: Proceedings of SympoSIMM 2020. Interaktyvus. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Singapore: Springer Singapore, 2021. ISBN 9789811608650 9789811608667. Prieiga per: doi: 10.1007/978-981-16-0866-7. [žiūrėta 2024-04-16].
44. EMELLO, G. G.; Z. V. BONDARENKO ir T. V. KHARLAN. Foaming properties of surfactants' water solutions of Zetesol group. 2016. Interaktyvus. Prieiga per: <https://elib.belstu.by/handle/123456789/20916>. [žiūrėta 2024-04-18].
45. CAO, Q.; J. SHEN ir W. GUO. Effects of foaming agent on properties of foamed gel. *Adv. Compos. Lett.*, t. 29 (2020), p. 096369351988164. Interaktyvus. ISSN 2633-366X, 2633-366X. Prieiga per: doi: 10.1177/0963693519881649. [žiūrėta 2024-04-18].
46. RIZZI, V.; J. GUBITOSA; P. FINI ir P. COSMA. Neurocosmetics in Skincare—The Fascinating World of Skin–Brain Connection: A Review to Explore Ingredients, Commercial Products for Skin Aging, and Cosmetic Regulation. *Cosmetics*, t. 8 (2021), nr. 3, p. 66. Interaktyvus. ISSN 2079-9284. Prieiga per: doi: 10.3390/cosmetics8030066. [žiūrėta 2024-04-18].
47. Borealg TG. *Odycea*. Interneto puslapis. Prieiga per: <https://odycea-france.com/product/borealg-tg/>. [žiūrėta 2024-04-18].
48. DIAZ, I.; J. NAMKOONG; J. Q. WU ir G. GIANCOLA. Amino acid complex (AACComplex) benefits in cosmetic products: In vitro and in vivo clinical studies. *J. Cosmet. Dermatol.*, t. 21 (2022), nr. 7, p. 3046–3052. Interaktyvus. ISSN 1473-2130, 1473-2165. Prieiga per: doi: 10.1111/jocd.14544. [žiūrėta 2024-05-13].
49. Brown Algae. *Dalton Cosmetics*. Interneto puslapis. Prieiga per: <https://www.dalton-cosmetics.com/int/explore-dalton/ingredients-library/brown-algae> [žiūrėta 2024-05-13].
50. Caprylic/Capric Triglyceride: Uses, Benefits, Side Effects & More. Healthline. Interneto puslapis. Prieiga per: <https://www.healthline.com/health/caprylic-capric-triglyceride> [žiūrėta 2024-05-13].