



Kuusisokeri kosteuden vartijana - luonnonai- neen vaikutus ihon kosteuden säilyttämiseen

Laura Puustinen

2025 Laurea



Laurea-ammattikorkeakoulu

Kuusisokeri kosteuden vartijana - luonnonaineen vaikutus ihon kosteuden säilyttämiseen.

Laura Puustinen
Kauneudenhoitoala
Opinnäytetyö
Toukokuu, 2025

Laura Puustinen

Kuusisokeri kosteuden vartijana - luonnonaineen vaikutus ihon kosteuden säilyttämiseen.

Vuosi

2025

Sivumäärä

27

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia kuusisokerin (SpruceSugar™) kosteuttavaa vaikutusta ihoon mittaamalla transepidermaalisen veden menetystä (TEWL). Työn yhteistyökumppanina toimii Boreal Bioproducts, suomalainen yhtiö, joka kehittää metsäteollisuuden sivuvirroista bioaktiivisia ja biohajoavia raaka-aineita muun muassa kosmetiikka- ja materiaaliteollisuuden käyttöön. Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsiteltiin kuusisokeria raaka-aineena, metsätalouden sivuvirtojen hyödyntämistä, ihon rakennetta ja ominaisuuksia sekä työssä käytettyä tutkimusmenetelmää. Lisäksi käsiteltiin mittauksia varten valmistettua voidetta ja siihen käytettyjä raaka-aineita.

Opinnäytetyö toteutettiin kokeellisella tutkimusmenetelmällä, jossa mittauksissa hyödynnettiin Delfin Technologiesin Vapometer-laitetta. Mittaukset suoritettiin seitsemälle vapaaehtoiselle tutkimushenkilölle kahden ja neljän tunnin kuluttua voiteen levittämisestä. Tutkimuksessa käytettiin kahta itse kehitettyä voidetta, joista toinen sisälsi 3 % kuusisokeria. Vertailun vuoksi valmistettiin myös plasebovoide. Lisäksi transepidermaalisen veden haihtumisen (TEWL) arvot mitattiin iholta, johon ei levitetty mitään voidetta.

Mittausdatan analysointi suoritettiin Microsoft Excel -ohjelmalla. Tulokset siirrettiin Exceliin Delfin Technologiesin DMC-Software -ohjelmasta, johon ne tallentuivat automaattisesti mitausten aikana. Tulosten perusteella kuusisokeria sisältävä voide säilytti ihon kosteuden plasebovoidetta paremmin neljän tunnin kuluttua levityksestä. Tämä viittaa siihen, että kuusisokerilla saattaa olla kosteutta sitovia ominaisuuksia ihossa. Vaikka otoskoko oli pieni ja yksilölliset erot suuria, tuloksissa havaittiin joitakin merkitseviä eroja, joita voidaan hyödyntää tulevilla tutkimuksilla.

Laura Puustinen

Spruce Sugar as a moisture guardian - the effect of natural ingredient on skin moisture retention

Year 2025 Pages 27

This thesis aimed to investigate the moisturizing effect of SpruceSugar™ on the skin by measuring Transepidermal Water Loss (TEWL). The thesis was commissioned by Boreal Bioproducts. This Finnish company develops bioactive and biodegradable raw materials from forest industry side streams for use in, among others, the cosmetics and materials industries. The theoretical part of the thesis covered SpruceSugar as a raw material, the utilization of forest industry side streams, the structure and properties of the skin, and the research method used in the study. In addition, the thesis discussed the cream prepared for measurements and its ingredients.

The thesis employed an experimental research method, using the Vapometer device from Delfin Technologies for the measurements. The measurements were conducted on seven voluntary test subjects, two and four hours after the cream was applied. Two self-developed creams were used in the study, one of which contained 3% SpruceSugar. A placebo cream was also prepared for comparison. Additionally, TEWL values were measured on skin areas where no cream was applied.

Measurement data were analyzed using Microsoft Excel. The results were transferred from Delfin Technologies DMC Software, where they had been automatically recorded during the measurement process. Based on the results, the cream containing SpruceSugar showed better skin moisture retention than the placebo cream four hours after application. This indicates that SpruceSugar has some potential to retain moisture in the skin. Although the sample size was small and interindividual differences were high, some significance was observed in the results, which can be utilized in future research.

Keywords: SpruceSugar™, experimental research, transepidermal Water Loss (TEWL), instrumental measurements

Sisällys

1	Johdanto.....	6
2	Yhteistyökumppanin esittely	7
3	Kuusisokeri	8
3.1	Kuumavesiuutto (PHWE)	9
3.2	Metsätalouden sivuvirtojen hyödyntäminen	10
3.3	Selluloosa.....	11
3.4	Hemiselluloosa.....	11
3.5	Ligniini	12
3.6	Ligniinin käyttö kosmeettisissa tuotteissa	13
4	Iho	14
4.1	Ihon rakenne	14
4.2	Ihon kosteus.....	15
5	Tutkimusmenetelmä	16
6	Mittauslaite	17
6.1	Vapometer	18
6.2	Transepidermal Water Loss	18
7	Tutkimuksen alustus	19
7.1	Tutkimuksen kuvaus	19
7.2	Testituote	21
8	Tulokset ja niiden analysointi	22
9	Johtopäätökset	25
10	Pohdinta	26
11	Kuviot	32
12	Kuvat	32
13	Taulukot	32
14	Liitteet.....	33

1 Johdanto

Fossiilipohjaisten raaka-aineiden korvaaminen biopohjaisilla materiaaleilla on noussut keskeiseksi tavoitteeksi kohti kestävämpää ja ympäristöystävällisempää tuotantoa. Fossiiliset raaka-aineet, kuten öljy ja kivihiili, ovat uusiutumattomia luonnonvaroja, joiden varannot ehtyvät ajan myötä. Niiden tuotanto ja polttaminen vapauttavat suuria määriä kasvihuonekaasuja ilmakehään, mikä vaikuttaa haitallisesti ilmastoon. Lisäksi fossiiliset materiaalit, kuten muovit, eivät yleensä ole biohajoavia, vaan voivat kertyä ympäristöön ja meriin aiheuttaen haittaa sekä ekosysteemeille että ihmisille. (European Commission, 2018).

Biopohjaiset materiaalit tarjoavat ratkaisun näihin ongelmiin. Ne valmistetaan uusiutuvista luonnonvaroista ja voivat olla joko biohajoavia tai helpommin kierrätettäviä. Biopohjaiset tuotteet tukevat kiertotaloutta, ja niiden valmistuksessa voidaan hyödyntää esimerkiksi teollisuuden ja maatalouden sivuvirtoja, jolloin myös materiaalitehokkuus ja jätteiden vähentäminen paranevat. (Zabaniotou, 2018.)

Sivuvirrat ovat teollisuuden tai luonnonvarojen käytön yhteydessä syntyviä ainevirtoja, joita voidaan hyödyntää monin tavoin. Metsätalouden sivuvirtoja, kuten oksia, latvoja ja puuhaketta, käytetään laajasti bioenergian tuotannossa joko suoraan polttamalla tai jalostamalla edelleen esimerkiksi hakkeeksi. Niistä voidaan myös valmistaa biopolttoaineita, kuten bioetanolia ja biokaasua, joiden avulla voidaan vähentää fossiilisten polttoaineiden käyttöä. Maa- ja puutarhataloudessa sivuvirtoja hyödynnetään kompostien ja lannoitteiden raaka-aineina. Myös rakennus- ja materiaaliteollisuus käyttää niitä erikoisrakennusmateriaaleissa, kuten eristeissä ja komposiiteissa. Metsäteollisuuden sivuvirroista voidaan eristää arvokkaita kemiallisia yhdisteitä, kuten ligniiniä, selluloosaa ja hemiselluloosaa. Näitä voidaan hyödyntää esimerkiksi elintarvikkeissa, kosmetiikassa, lääkkeissä ja muissa teollisissa sovelluksissa.

Boreal Bioproductsin kehittämä Kuusisokeri (SpruceSugar™) on kuusen sahapurusta uutettu ligniinipitoinen polysakkaridi, joka on saatu käyttämällä optimoitua paineistettua kuumavesiuuttoa (PWHE). Sitä voidaan käyttää laajalti niin kosmetiikka ja -kemianteollisuudessa, elintarvikkeissa kuin lääkeaineissa. Kosmetiikassa sillä on esimerkiksi kosteuttavia, antioksidanttisia ja suojaavia ominaisuuksia.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää kuusisokerin vaikutusta ihon transepidermaalisen veden menetykseen (TEWL, transepidermal water loss) kahden ja neljän tunnin vaikutusajan jälkeen. Tutkimuksessa arvioidaan, onko kuusisokeria sisältävällä voiteella vaikutusta ihon kosteuden säilymiseen verrattuna plasebovoiteeseen. TEWL-mittauksen suorittamiseen käytetään Delfin Technologiesin Vapometer-laitetta, joka mahdollistaa ihon kosteuden haihtumisen tarkan ja toistettavan mittauksen. Tutkimus toteutetaan Boreal Bioproductsin tiloissa Espoon Otaniemessä. Mittauksissa käytettävät voiteet valmistetaan opinnäytetyön tekijän toi-

mesta. Toinen voiteista sisältää 3 % kuusisokeria ja toinen toimii plasebovoiteena, joka ei sisällä vaikuttavaa ainesosaa. Ennen mittauksia tutkimukseen osallistuville henkilöille annetaan selkeät kirjalliset ja suulliset ohjeet mittauksiin valmistautumisesta sekä toimintaohjeet mitausten aikana.

2 Yhteistyökumppanin esittely

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Boreal Bioproducts. Boreal Bioproducts on vuonna 2018 perustettu B2B-yhtiö, jonka liiketoimintamalli perustuu metsätalouden sivuvirtojen hyödyntämiseen kosmetiikka- ja kemianteollisuudessa. He kehittävät teollisten yhteistyökumppaneidensa kanssa uusia sovelluksia fossiilisten kemikaalien korvaamiseksi. Yhtiö käyttää muun muassa sahanpurua, puunkäsittelyn tähteitä sekä puunkuorta. Nämä ainesosat ovat saatavilla maailmanlaajuisesti, ja niitä on runsaasti käytettävissä. He tuottavat luonnollisia biopolymeerejä, kuten polysakkarideja, polyfenoleja ja fenolisokeriyhdisteitä. Boreal Bioproductsin tuotantoprosessi on kestävän kehityksen mukainen, perustuen vesipohjaiseen uuttoon sekä biomassajätteen fysikaaliseen jatkofraktiointiin. Tällä hetkellä Boreal Bioproductsilla on kaksi toimipistettä, joista toinen sijaitsee Espoon Otaniemessä ja toinen Turussa. (Boreal Bioproducts, Bio-Based Industries Consortium 2025.)

Yhtiön tuotevalikoimaan kuuluu useita metsälähtöisiä yhdisteitä, joista yksi keskeinen on SpruceSugar eli kuusisokeri. Tämä opinnäytetyössäkin tarkasteltava yhdiste valmistetaan kotimaisista metsäteollisuuden sivuvirroista ilman puiden kaatamista. Kuusisokeri sisältää puuperäisiä polysakkarideja ja sillä on todettu olevan kosteuttavia ja ihoa suojaavia ominaisuuksia. Lisäksi se tukee ihon uusiutumisosprosessia ja sen sisältämä ligniini absorboi UV-säteitä. Toinen kosmetiikan kannalta merkittävä Boreal Bioproductsin kehittämä raaka-aine on SpruceLigno, joka on korkean fenolipitoisuuden omaava ligniiniuute. Sillä on tehokas kyky absorboida UV-säteilyä, ja sen antioksidanttiset ominaisuudet tekevät siitä potentiaalisen ainesosan esimerkiksi aurinkosuojatuotteisiin tai ihoa suojaaviin valmisteisiin. (Boreal Bioproducts 2025.)

Boreal Bioproducts on myös tehnyt yhteistyötä joidenkin kosmetiikka-alan toimijoiden kanssa raaka-aineidensa hyödyntämiseksi kuluttajatuotteissa. Näitä yrityksiä ovat Lavliér, NoNiin Cosmetics ja Ole Hyvä Luonnontuote. Yritykset ovat hyödyntäneet kuusisokeria muun muassa pesutuotteissa, shampoissa, voiteissa ja seerumeissa, joissa sen luonnolliset ominaisuudet tuovat lisäarvoa erityisesti ihonhoitoon ja tuotteen ekologisuuteen keskittyville tuotemerkeille.

Vuoden 2024 Pariisissa järjestetyillä kansainvälisillä In-Cosmetics messuilla Boreal Bioproductsin Kuusisokerille tunnustettiin Green Ingredient Golden Award-palkinto. Tämä palkinto myönnetään yhteistyössä Ecovia Intelligencen kanssa ja tunnustaa ainesosat, joilla on merkittävä ympäristö- tai sosiaalinen vaikutus. (Boreal Bioproducts 2025.)

3 Kuusisokeri

Kuusisokeri (SpruceSugar™) on metsätalouden sivuvirroista tuotettu havupuiden galaktoglukomannaania (GGM) sekä ligniiniä sisältävä puu-uute. Galaktoglukomannaani on vesiliukoinen hemiselluloosa, joka koostuu galaktoosista, glukoosista ja mannoosista, jotka ovat liittyneet toisiinsa glykosididoksilla (Kuva 1). Boreal Bioproducts käyttää kuusisokerin valmistamiseen paineistettua kuumavesiuuttoa (PHWE), joka on tehokas, kemikaaliton vesipohjainen prosessi. Uuttoprosessi on suunniteltu tuottamaan hemiselluloosapitoinen jae, joka sisältää pääasiassa galaktoglukomannaania (GGM) norjan kuusen (*Picea abies*) sahanpurusta. Hellävaraiset prosessiolosuhteet mahdollistavat hemiselluloosisokereiden talteenoton hydrolyysiä välttämällä sekä ligniinijakeen keräämisen ilman sulfonointia tai merkittävää depolymerisaatiota. (Boreal Bioproducts 2025.)

Kuusisokeri on amfifiilisen rakenteensa ansiosta hyvä pinta-aktiivinen aine emulsioissa. Sen kolloidiset partikkelit voivat muodostaa pickering-tyyppisiä emulsioita, joissa kiinteät hiukkasaset asettuvat öljy- ja vesifaasin rajapintaan. Tämä ominaisuus parantaa emulsion fysikaalista stabiilisuutta, sillä se estää faasien erottumisen tehokkaammin kuin perinteiset emulgaattorit. Emulsion vakaus on riippuvainen kuusisokerin määrästä suhteessa öljyyn, ja liiallinen määrä voi johtaa emulsion hajoamiseen. (Mikkonen ym. 2009; Mikkonen 2020.)

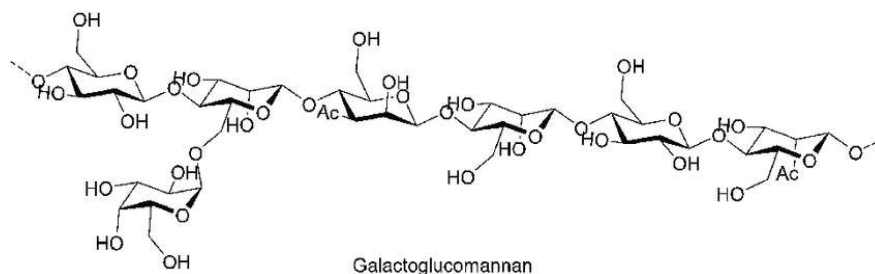
Tutkimuksissa on osoitettu, että kuusisokeri toimii tehokkaampana emulgaattorina verrattuna moniin perinteisiin polysakkarideihin. Lisäksi se lisää lievästi emulsion viskositeettia, mikä tukee faasien pysyvyyttä ja edistää tuotteen säilyvyyttä. Kuusisokerin käyttö parantaa myös emulsioiden kemiallista stabiilisuutta ehkäisemällä lipidien hapettumista. Erityisen tehokkaana hapettumisen estäjänä on havaittu ligniinipitoinen, saostumaton kuusisokerifraktio, jonka fenolipitoisuus parantaa antioksidanttisia ominaisuuksia. Kuumavesiuutolla saatava galaktoglukomannaani on osoittautunut perinteisiä stabilointiaineita tehokkaammaksi öljy-vesiemulsioiden oksidatiivisen stabiilisuuden parantajana. (Pitkänen, Heinonen & Mikkonen 2018; Lehtonen ym. 2019; Mikkonen ym. 2016; Valoppi ym. 2016.)

Kosmetiikassa kuusisokerilla on useita ihoa hyödyttäviä vaikutuksia. Sen sisältämät polysakkaridit kykenevät sitomaan itseensä vettä, mikä auttaa ylläpitämään ihon kosteustasapainoa.

Pitkät sokeriketjut muodostavat ihon pinnalle suojaavan kalvon, joka vähentää ympäristötekijöiden, kuten ilmansaasteiden ja kuivumisen aiheuttamia haittavaikutuksia. (No Niin Cosmetics 2025; Boreal Bioproducts 2025).

Kuusisokeri soveltuu hyvin kylmäprosessointiin ja toimii ihonhoitotuotteissa sekä apuemulgaattorina että kalvonmuodostajana. Hiustenhoitotuotteissa sillä on synergistinen vaikutus joidenkin pinta-aktiivisten aineiden kanssa. Kuusisokerilla on myös vaahtoavuutta parantavia ja pesukokemusta tehostavia ominaisuuksia, mikä tekee siitä käyttökelpoisen niin perinteisissä shampoissa kuin kuivashampoissakin. Kuusisokerilla on todistettu myös olevan aurinkosuoja (SPF) tehostavia ominaisuuksia sen sisältämän ligniinin myötä. (Boreal Bioproducts 2025.)

Kosmetiikan lisäksi kuusisokeri soveltuu käytettäväksi moniin muihin tarkoituksiin. Boreal Bioproducts on hyödyntänyt sitä esimerkiksi sideaineena polymeerisiin dispersioihin, joissa se tehostaa emulsiopolymeerointia ja sideainekoostumuksia. Reaktiivisissa liimoissa kuusisokeri toimii biopohjaisena komponenttina, joka parantaa yleistä sidontakykyä sekä tukee reaktiivisia sitomismekanismia. Kuusisokerilla on myös todettu prebioottisia vaikutuksia, mitkä estävät patogeenibakteerien sitoutumisen ohutsuolen epiteelisoluihin. Sillä on virtsateihin vaikuttavia terveyshyötyjä sekä kauraleseeseen verratut ravintoarvot, minkä vuoksi se on hyvä käytettäväksi eläinten rehuissa. (Boreal Bioproducts 2025.)



Kuva 1: Galaktoglukomannaanin kemiallinen kaava (Brandt, Gräsvik, Hallett, & Welton, 2013, 550-583.)

3.1 Kuumavesiuutto (PHWE)

Paineistettu kuumavesiuutto on ympäristöystävällinen uutomenetelmä, jossa käytetään kuumaa ja paineistettua vettä materiaalin sisältämien yhdisteiden erottamiseen. Menetelmässä veden lämpötila nostetaan yli 100°C, mutta paineen avulla vesi pysyy nestemäisessä muodossa. Vesi on erittäin polaarinen, minkä vuoksi se ei normaaleissa olosuhteissa liuota hyvin rasvaliukoisia yhdisteitä. Vettä kuumennettaessa ja paineistettaessa veden ominaisuudet muuttuvat, ja sen viskositeetti ja pintajännitys pienenevät. Tämä johtaa siihen, että sen kyky

liuottaa polaarisia yhdisteitä paranee. Kuumavesiuuton merkittävimpiä etuja ovat menetelmän nopeus ja tehokkuus, veden käyttö uusiutuvana ja ympäristöystävällisenä liuottimena sekä haitallisten orgaanisten liuottimien käytön välttäminen. (Smith, 2000; Teo ym. 2010.)

3.2 Metsätalouden sivuvirtojen hyödyntäminen

Puun kemiallinen koostumus vaihtelee puulajien, puun osien ja rakenteellisten ominaisuuksien mukaan. Tyypillisesti puun kuivapainosta selluloosan osuus on 40-45 %, hemiselluloosien 23-35 % ja ligniinin 20-30 %. Kemiallisten komponenttien pitoisuudet vaihtelevat myös puun ultrastruktuurin eri osissa. (Kangas 2017, 38.)

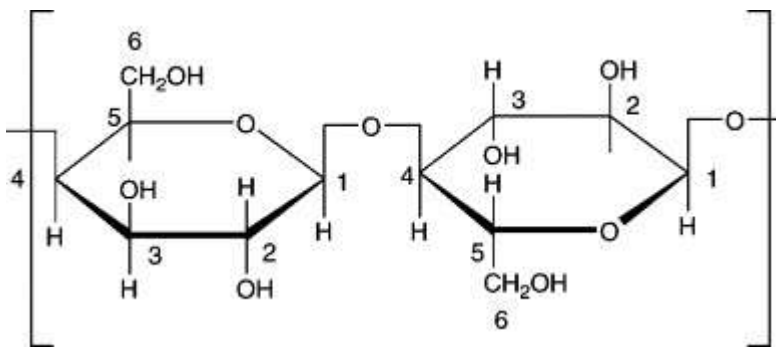
Jotta puun kemiallisten komponenttien eri ominaisuuksia voidaan hyödyntää, ne on vapautettava puun ultrastruktuurista. Selluloosa voidaan eristää puun soluseinästä perinteisillä massanvalmistusmenetelmillä, joita käytetään kattavasti paperimassan tuotannossa. Yleisin menetelmä, emäksinen kraft-prosessi, tähtää ligniinin poistamiseen. Tämän prosessin aikana hemiselluloosat säilyvät osittain selluloosakuitujen mukana, osittain hydrolysoituvat ja liukenevat. Ligniinin poistamisen jälkeen selluloosakuidut vapautuvat puun rakenteesta. (Kangas 2017, 38.)

Metsä- ja maatalouden biomassajätettä syntyy vuosittain yli 100 miljoonaa tonnia. Nämä jätteet ovat alueellisia, kausiluonteisia ja jäävät usein vajaakäyttöön; osa niistä päättyy hylättäväksi tai ympäristöön, mikä johtaa resurssien tuhlaukseen ja ympäristön saastumiseen. Biomassajätteen käsittely ja hyödyntäminen ovat keskeisiä tekijöitä resurssien tehokkaassa kierrätyksessä ja ekologisen turvallisuuden varmistamisessa. Metsäjätteisiin kuuluvat muun muassa oksat, lehdet, puunhakkeet, metsätalouden sivuvirrat metsänhoito- ja harvennustoiminnassa sekä sahanpuru ja muut puunjalostuksessa syntyvät jätteet. (Guo ym. 2024.)

Biojäte sisältää suuria määriä ligniiniä, selluloosaa, hemiselluloosaa ja muita orgaanisia aineita. Sen hyödyntäminen energian tuotannossa tarjoaa tehokkaan tavan tasapainottaa energiantarpeen täyttämistä ja ympäristön kestävyyttä. Kehittyneissä maissa on siirrytty kaatopai-kalle sijoittamisesta ja vihreän jätteen suorapoltosta kohti luonnonvarojen käsittelymenetelmien käyttöönottoa. Nämä maat hyödyntävät biojätteen resursseja monilla tavoilla, kuten orgaanisten päällysteiden valmistuksessa, biokompostoinnissa, biomassan energiantuotannossa, syötävien sienien viljelyssä ja puumuovin käsittelyssä. Lisäksi metsä- ja maatalouden biojätteen komponentteja, kuten selluloosaa, proteiineja ja polysakkarideja, voidaan käyttää lisäksi liima-aineina erilaisissa komposiittimateriaaleissa, kuten paperinvalmistuksessa, luonnonkuitu-polymeerikomposiiteissa ja kalvopäällystysmateriaaleissa. (Guo ym. 2024.)

3.3 Selluloosa

Selluloosa on lignoselluloosan pääkomponentti. Se on lineaarinen polymeeri, joka koostuu glukosyyksiköistä, jotka ovat liittyneet toisiinsa 1-4-β-glykosididoksilla (Kuva 2). Tämä rakenne mahdollistaa ketjujen pakkautumisen tiiviiksi fibrilleiksi. Selluloosan molekyylit muodostavat vetysidoksia, jotka pitävät ketjut yhdessä ja luovat litteitä levyjä. Näiden sidosten ja van der Waalsin voimien vuorovaikutus stabiloi selluloosafibrillit. Selluloosalla on korkein polymerisaatioaste lignoselluloosapolymeereistä, ja sen ketjupituus voi olla jopa 10 000 glukosyyliyksikköä. Vaikka selluloosan lyhyet oligomeerit ja glukoosi liukenevat veteen, itse selluloosa ei liukene johtuen sen suuresta molekyylipainosta ja matalasta joustavuudesta. Tämä tekee selluloosasta liukenemattoman veteen ja useimpiin liuottimiin. (Brandt, Gräsvik, Hallett, & Welton, 2013.)

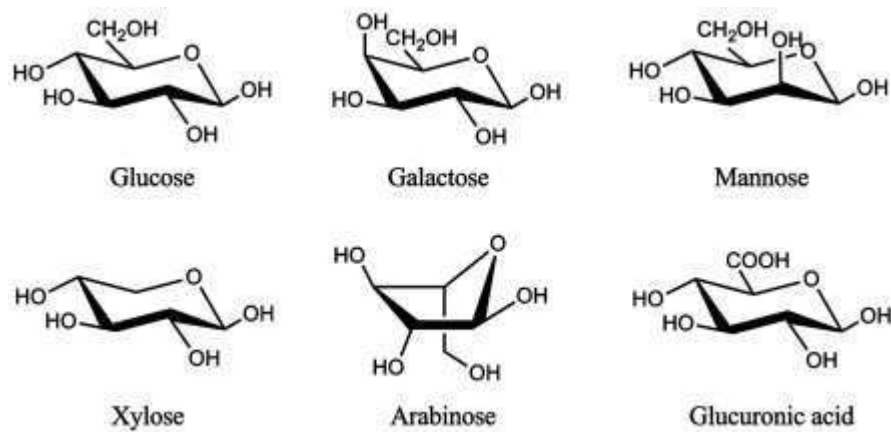


Kuva 2: Selluloosan kemiallinen kaava (Koh 2011, 129-146.)

3.4 Hemiselluloosa

Hemiselluloosat muodostuvat erilaisista sokeryyksiköistä, jotka sisältävät kuusihiilisiä sokereita, kuten glukoosia, mannoosia ja galaktoosia, sekä viisihiilisiä sokereita, kuten ksyloosia, arabinoosia ja ramnoosia (Kuva 3). Hemiselluloosan pääketju voi koostua yhdestä tai useammasta sokeryyksikkötyypistä, ja sen molekyylirakenne voi sisältää myös haaroja ja sivuryhmiä. Toisin kuin selluloosassa, hemiselluloosien molekyyliketjut ovat lyhyempiä, sisältäen yleensä vain 100-200 sokerimolekyyliä. (Kangas 2017, 37.)

Hemiselluloosilta puuttuvat selluloosalle tyypilliset kiteiset rakenteet, mikä tekee niistä amorfisia materiaaleja. Kiteisyyden puute yhdessä alhaisemman polymeroitumisasteen kanssa tekee hemiselluloosista kemiallisesti ja lämpötilan suhteen vähemmän stabiileja kuin selluloosa. Hemiselluloosat liukenevat helposti emäksisiin liuoksiin ja osa jopa veteen, kun taas selluloosan liuottaminen on merkittävästi vaikeampaa. (Kangas 2017, 37.)

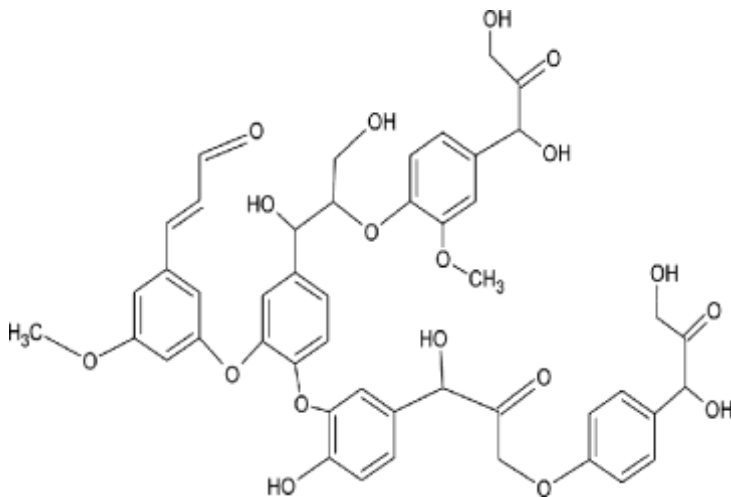


Kuva 3: Hemiselluloosan pääasialliset monomeerit (Li Li, Rowbotham, Greenwell, Dryer 2013, 173-208.)

3.5 Ligniini

Toisin kuin selluloosa ja hemiselluloosa, ligniinin rakenteellisena osana toimivat fenyylipropaniyyksiköt eivät muodosta järjestäytyneitä sidoksia, mikä johtaa ligniinin epäsäännölliseen kemialliseen rakenteeseen (Kuva 4). Ligniini syntyy biosynteesissä polymeroimalla kolme pääasiallista esiasteyhdistettä, joiden suhteet vaihtelevat sen alkuperän mukaan. Nämä yksiköt muodostavat aromaattisen ja amorfisen ligniinimakromolekyylin, jonka polymeroitumisaste on 75-100%. (Bajwa, DS, Bajwa, SG, Pourhashem & Ullah 2019).

Puussa ligniini toimii solujen välisten rakenteiden sideaineena ja vahvistaa soluseinien jäykkyyttä, tunkeutuen fibrillien väliin soluseinän rakenteen tukemiseksi. Ligniinin rakenne voi vaihdella riippuen uuttamisprosessista ja sen sisältämistä funktionaalisista ryhmistä, kuten hydroksyyli-, metoksyyli-, karbonyyli- ja karboksyyli-ryhmistä. Se koostuu kolmesta pääasiallisesta monomeerityypistä: koniferyylialkoholista, sinapyylialkoholista ja p-kumaryylialkoholista, joita kutsutaan myös monolignoleiksi. Halutun ligniinituotteen saamiseksi on tärkeää suorittaa kontrolloitu hajottaminen, joka tuottaa tasaisen rakenteen. (Kangas 2017, 39; Bajwa ym. 2019).



Kuva 4: Ligniinin kemiallinen kaava (Mahmood ym 2018.)

3.6 Ligniinin käyttö kosmeettisissa tuotteissa

Ligniinin rakenteen fenoliyhdisteet toimivat sekä vapaiden radikaalien sieppaajina että UV-säteilyn estäjinä, mikä tekee siitä lupaavan ainesosan sen antioksidanttisten ja antibakteeristen ominaisuuksien vuoksi. Nämä ominaisuudet ovat tehneet ligniinistä suosittua ainesosaa luonnollisena aurinkosuojana, tulehdusta ehkäisevänä, valkaisevana ja ikääntymistä hidastavana aineena kosmetiikkatuotteissa. (Ariyanta ym. 2023.)

Ligniinin käyttö aurinkosuojatuotteissa on tutkittu laajasti, ja se osoittaa merkittäviä parannuksia tuotteiden UV-suojassa. Ligniinin lisääminen kaupallisiin aurinkovoiteisiin voi jopa moninkertaistaa niiden SPF-arvon. Esimerkiksi 2 % ligniiniä SPF 15 -voiteessa nosti SPF-arvon 30:een, ja 10 % ligniiniä jopa SPF 50:een. Lisäksi ligniinin antioksidanttiset ja synergistiset vaikutukset muiden aurinkovoiteen ainesosien kanssa parantavat UV-suojausta jopa UV-säteilyn jälkeen. (Rakaugas & Sadeghifar 2020.)

Eri ligniinilajikkeilla on vaihtelevia tehoja: hydrofobinen alkaliligniini osoittaa parempaa aurinkosuojatehoa kuin hydrofiilinen sulfonoitu ligniini. Ligniinimikrohiukkasten ja sinkkioksidin yhdistelmät ovat myös osoittautuneet tehokkaiksi UV-suoja-aineiksi. Näiden nanokomposiittien käyttö vähensi UV-läpäisyä merkittävästi, tarjoten lähes täydellisen suojan tietyillä aallonpituuksilla. (Rakaugas & Sadeghifar 2020.)

Ligniinin modifiointi esimerkiksi otsonihapetuksella ja käyttämällä nanohiukkasia voi parantaa sen antioksidanttisia ja UV-absorptio-ominaisuuksia. Näiden prosessien avulla voidaan kehittää monikäyttöisiä, ekologisia aurinkosuojatuotteita, jotka yhdistävät korkean suorituskyvyn ja kestäväen kehityksen periaatteet. (Rakaugas & Sadeghifar 2020.)

4 Iho

Iho on ihmisen suurin elin, kattaen pinta-alaltaan 2 m² sekä 16-20% kehon kokonaispainosta. Ihon tärkein rooli on suojata kehoa ja säädellä kehon lämpötilaa. Ihon keratinosyytit tuottavat immuunivasteita, kuten interleukiineja ja kasvutekijöitä, jotka säätelevät tulehdusta. Melaniini suojaa UV-vaurioilta, ja UV-vaurioituneen DNA:n korjaamiseen on erityinen entsyymijärjestelmä. Iho myös säätelee kehon lämpötilaa. Kylmässä verisuonet supistuvat ja estävät lämmön karkaamisen, lämpimässä ne laajenevat ja päästävät lämpöä pois hikoilun avulla. Ihon kautta tuotetaan myös D-vitamiinia auringon UV-valon vaikutuksesta. Lisäksi iho toimii aistina, joka havaitsee lämpöä, kylmää, kipua ja painetta. (Graham-Brown, 2016.)

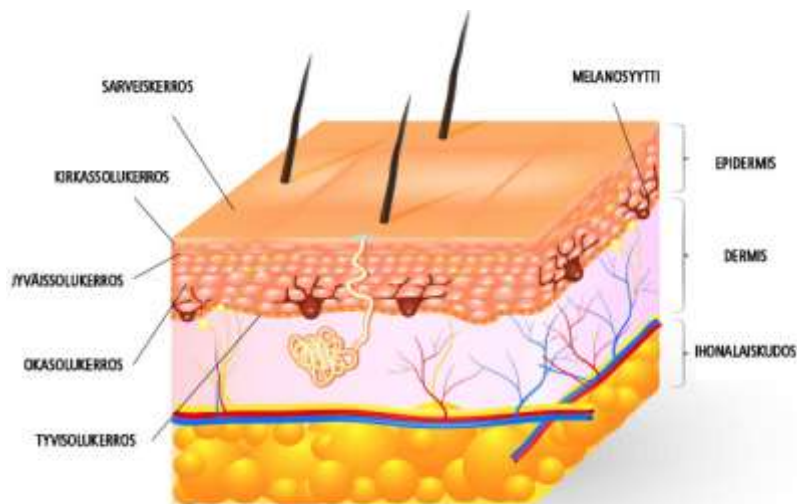
4.1 Ihon rakenne

Iho koostuu epiteeli- ja rasvakudoksesta, joista epiteelikudos sisältää epidermoksen ja dermiksen, ja rasvakudos subkutiksen. Epidermis toimii ihon ulommaisena osana. Se koostuu pääasiassa keratinosyyteiksi kutsutuista soluista, jotka jaetaan neljään kerrokseen; sarveissolukerrokseen, jyväissolukerrokseen, okasolukerrokseen ja tyvisolukerrokseen. Keratinosyyttien erilaistuminen tuottaa sarveiskerroksen (SC), joka koostuu ilman tumaa olevista korneosyyteistä. Sarveiskerros toimii ihon tärkeimpänä suojabarriäärinä. (Draelos 2009, 3.)

Epidermis on rakenteeltaan monikerroksinen. Siinä on litteitä korneosyyttejä sekä lipidirikkaita alueita. Suojatoiminnolle tärkeät lipidit syntetisoituvat keratinosyyteissä ja siirtyvät sarveiskerrokseen muodostaen kaksoiskalvokerroksia. Lisäksi melaniinit, proteiinit, aminohapot ja pienet molekyylit osallistuvat ihon suojaukseen. (Draelos 2009, 3.)

Dermis on sidekudoskerros, joka sijaitsee epidermoksen alla ja muodostaa suuren osan ihosta. Se sisältää kollageeni- ja elastiinisäikeitä, jotka antavat sille voimaa ja joustavuutta. Dermiksen solut, kuten fibroblastit, syöttösolut ja makrofagit, osallistuvat sidekudoksen muodostamiseen, puolustukseen ja jätteiden poistoon. Dermiksessä on myös runsaasti verisuonia, hermoja ja aistireseptoreita. Ihon alla oleva rasvakerros erottaa ihon lihaksista ja muista kudoksista. (Graham-Brown 2016.)

Dermiksen alapuolella sijaitsee rasvakudoksesta ja sidossäikeistä koostuva subkutis eli ihonalaiskerros, jonka tehtävä on suojata ihoa erilaisilta iskuilta sekä toimia ihon ja muiden kudosten, kuten jänteiden ja lihaskalvojen, välisenä siteenä. Subkutiksen paksuus vaihtelee monien eri tekijöiden välillä, kuten hormonaalisen ja ravitsemuksellisen tilan, iän ja sukupuolen mukaan. (Iholiitto RY 2012.)



Kuva 5: Ihon rakenne (iS Clinical 2025).

4.2 Ihon kosteus

Ihon kosteustasapaino on tila, joka tunnustetaan helpoiten silloin, kun kosteutta on puuttellisesti. Kosteuden puutoksesta kärsivää ihoa voidaan kuvata kuivaksi, erittäin kuivaksi tai karheaksi. Ihon pinnan kosteustaso määräytyy lipidien, veden, urean ja muiden yhdisteiden esiintymisen perusteella. Se on myös seurausta siitä, kuinka tehokkaasti ihon uloin kerros pystyy ehkäisemään veden haihtumista. (Giacomoni ym. 2002, 147.)

Kuiva iho kehittyy, kun sen deskvamaatio eli hilseilyprosessi häiriintyy, eikä pintakerroksen korneodesmosomeja hajoa. Tämä johtaa korneosyyttien kasaantumiseen lauttamaisina rakenteina ihon pinnalle. Nämä korneosyyttikertymät ilmenevät kuivana, hilseilevänä ihana. Pääasiallinen ulkoinen tekijä, joka häiritsee hilseilyprosessia, on vähäinen ilmankosteus, matalat lämpötilat ja UV-säteilyn aiheuttamat vauriot. Alhainen ilmankosteus lisää kuivumisstressiä sarveiskerroksen uloimmissa kerroksissa, mikä vähentää niiden vesipitoisuutta. Koska kuolleiden solujen irtoamiseen tarvittavat entsyymit tarvitsevat vettä toimiakseen, vesipitoisuuden aleneminen heikentää näiden entsyymien toimintaa. Tämä häiritsee korneodesmosomien hajoamista ja johtaa ihon hilseilyyn. (Fluhr, Holleran & Berardesco 2002, 223.)

Ihon sarveiskerros koostuu kuolleista ihosoluista eli korneosyyteistä, jotka ovat upotettuina pidikerroksista muodostuvaan matriisiin. Korneosyytit ovat litteitä proteiinirakenteita, jotka ovat paksuudeltaan noin 1μ ja halkaisijaltaan $50-80\mu$. Niiden sisältämä proteiinimatriisi sisältää yhdistelmän hygrooskooppisia matalamolekyylisiä yhdisteitä, jotka ovat vastuussa korneosyyttien kosteudesta. Näiden yhdisteiden pääkomponentteja kutsutaan ihon luonnolliseksi

kosteustekijäksi (NMF, natural moisturizing factor). Niihin kuuluvat maitohappo, urea, erilaiset suolat ja aminohapot, jotka ovat peräisin filaggrini-proteiinin hajoamisesta sarveiskerroksen alimmissa kerroksissa. (Johnson 2002, 30.)

Sarveiskerroksen lipidimatriksin muodostavat kolme lipidityyppiä: rasvahapot, keramidit ja kolesteroli. Näillä lipideillä on sekä vettä rakastava (hydrofiilinen) että vettä hylkivä (hydrofobinen) osa. Kun lipidit järjestäytyvät, ne muodostavat vuorottelevia kerroksia, jotka toimivat sarveiskerroksen vedenpitävänä esteenä. Nämä kerrokset säätelevät transepidermaalisen veden haihtumista ihon läpi (TEWL, transepidermal water loss) ja suojaavat korneosyyttien kosteutta estämällä ihon luonnollisen kosteuden haihtumisen. (Johnson 2002, 30.)

5 Tutkimusmenetelmä

Määrällinen eli kvantitatiivinen tutkimus on tutkimusmenetelmä, jossa tutkitaan ilmiöitä ke- räämällä ja analysoimalla numeerista dataa. Määrällisessä tutkimuksessa keskitytään usein ilmiöiden luokitteluun, syy- ja seuraussuhteiden selvittämiseen, vertailuun eri ryhmien tai muuttujien välillä sekä numeeristen tulosten avulla tapahtuvaan ilmiöiden selittämiseen. Kvantitatiivinen tutkimus käyttää laajasti erilaisia laskennallisia ja tilastollisia analyysimenetelmiä saadakseen tarkempaa tietoa tutkittavasta aiheesta ja tehdäkseen yleistyksiä suuremista populaatioista. (Jyväskylän Yliopisto 2024.) Kvantitatiivisen tutkimuksen yleisimpiä aineistokeruumenetelmiä ovat lomakekyselyt, internetkyselyt, strukturoidut haastattelut, systemaattinen havainnointi sekä kokeelliset tutkimukset. (Heikkilä 2014, 13).

Kokeellisten tutkimusten tavoitteena on selvittää syy-seuraussuhteita kontrolloiduissa olosuh- teissa muuttujien välillä. Siinä tutkija manipuloi yhtä tai useampaa muuttujaa ja tarkastelee sen vaikutusta toiseen muuttujaan. (Kandell 2020.) Keskeisiä piirteitä kokeellisille tutkimuk- sille on kontrolloitu ympäristö, osallistujien satunnaistaminen sekä tarkkojen ja luotettavien mittausmenetelmien käyttö. Näitä voi olla esimerkiksi testit, kyselyt tai fysiologiset mittauk- set. Erilaisia kokeellisen tutkimuksen tyyppejä ovat laboratoriotutkimukset, kenttäkokeet ja kvaasikokeet. Laboratoriotutkimuksissa tutkimus keskittyy kontrolloituun tilaan, kun taas kenttäkokeissa tutkimus suoritetaan luonnollisessa ympäristössä. Kvaasikokeessa taas ei voida suorittaa täydellistä satunnaistamista, mutta pyritään silti tutkimaan syy-seuraussuhteita. (Cook & Campbell 2002; Curtis ym. 2018.)

Tutkimus alkaa tutkimusongelman määrittämisellä. Tutkimusongelmaan pyritään löytämään ratkaisu tutkimuskysymysten avulla. Näihin kysymyksiin etsitään vastauksia hyödyntäen erilai- sia tutkimusmateriaaleja. Kun tutkimusmenetelmä on valittu, se määrittää myös tiedonke- ruumenetelmän. Tutkimuksen kohteena olevaa joukkoa kutsutaan perusjoukoksi. Tutkimuksen

ollessa kokonaistutkimus, valitaan tutkittavaksi koko perusjoukko. Otantatutkimuksessa tutkimukseen valitaan vain otos, eli osajoukko perusjoukosta. (Kananen 2011, 26-28, Heikkilä 2014, 12-13.)

Kvantitatiivisessa tutkimuksessa tarvitaan vankka teoriapohja ja ennakkoymmärrys tutkittavasta ilmiöstä. Ilmiön eri tekijät ja niiden väliset suhteet on tunnettava ennen kuin niitä voidaan ryhtyä mittaamaan. Tilastollinen tutkimus perustuu mittauksiin, jotka kohdistuvat johonkin ilmiöön tai havaintoyksikköön, josta halutaan kerätä määrällistä tietoa. Mittaukset suoritetaan sopivilla mittauslaitteilla, ja tutkimuksessa käytettävät mittarit on perusteltava ja määriteltävä tarkasti. Kohderyhmä on myös kuvattava ja määriteltävä selkeästi. (Kananen 2011, 54, 85-86, 133-135.)

Tutkija tavoittelee otoksesta saatujen tulosten yleistämistä koko perusjoukkoon. Erojen ja riippuvuuksien johtopäätökset perustuvat tilastollisiin testeihin, joiden avulla tarkastellaan hypoteesien paikkansapitävyyttä. Hypoteesit ovat teoriasta tai aikaisemmista tutkimuksista johdettuja oletuksia asioiden välisistä suhteista ja liittyvät selittäviin tutkimuksiin, joissa selvitetään syy-seuraussuhteita. Ne ovat tärkeitä tutkimuksen etenemisen kannalta, koska niiden avulla pyritään tutkimusongelman ratkaisemiseen. (Heikkilä 2014, 180.)

Tutkimuksessa pyritään saamaan mahdollisimman luotettavaa ja totuudenmukaista tietoa. Luotettavuuden arvioinnissa käytetään validiteettiä ja reliabiliteettikäsitteitä, jotka ovat yksiä hyvän tutkimuksen perusvaatimuksista. Validiteetti tarkoittaa tutkimusongelman kannalta oikeiden asioiden tutkimista ja reliabiliteetti tutkimustulosten pysyvyyttä. Tutkimuksen luotettavuutta voidaan parantaa kiinnittämällä huomiota siihen, että validiteetti ja reliabiliteetti ovat kunnossa (Kananen 2011, 118.)

Validiteettiin eli tutkimuksen pätevyyteen sisältyy esimerkiksi täsmällisten tavoitteiden asettaminen, huolellisesti suunniteltu tiedonkeruu ja perusjoukon tarkka määrittäminen. Mitattavien käsitteiden ja muuttujien tarkan määrittämisen puuttuminen vähentää mittaustulosten validiutta. Reliabiliteetilla taas tarkoitetaan sitä, miten tarkkoja tulokset ovat ja miten toistettavissa tutkimuksen samanlaisin tuloksien ovat. Jotta halutaan luotettavia tuloksia, on varmistettava otoksen edustavan koko tutkittavaa perusjoukkoa. (Heikkilä 2014, 27-28.)

6 Mittauslaite

Opinnäytetyötä varten tehdyt mittaukset ovat suoritettu DelfinTechin Vapometer-mittauslaitteella. Delfin Technologies on suomalainen terveysteknologia yritys, joka valmistaa ja kehittää kannettavia laitteita iho- ja lymfaödeemamittauksiin. Heidän globaali markkina-alueensa kattaa yli 40 maata, ylettyen Euroopan lisäksi myös Pohjois-Amerikkaan ja Aasiaan. Yrityksen

pääpiste sijaitsee Kuopiossa, ja heillä on jälleenmyyjiä ja edustajaverkostoja ympäri maailmaa. Delfin Technologiesilta löytyy laitteita esimerkiksi ihon kosteuden, kiinteyden ja värin mittaamista varten. Tuotteita käytetään laajasti lääketieteellisissä tutkimuksissa, kliinisissä sovelluksissa sekä kosmetiikan ja farmaseuttien tuotetestauksissa. (Delfin Technologies 2025.)

6.1 Vapometer

Vapometer on mittauslaite, jolla voidaan mitata transepidermaalisen veden haihtumista (TEWL). Se toimii suljetun kammion mittausperiaatteella, jolla voidaan varmistaa mittaustulosten tarkkuus ilman häiriötekijöitä, kuten ympäröiviä ilmavirtoja. Keskeisenä osana toimii sylinterimäinen mittakammio, jossa sijaitsee tarkka kosteusanturi. Mittauksen aikana kammio suljetaan mittauspinnalle, mikä estää ympäristön ilmavirtojen vaikutuksen tuloksiin. Tämä suljettu mittausjärjestelmä mahdollistaa luotettavat mittaukset eri kulmista ja lähes kaikilta kehon alueilta. (Delfin Technologies 2025)



Kuva 6: Vapometer (Delfin Technologies 2025.)

6.2 Transepidermal Water Loss

Transepidermal Water Loss tarkoittaa sitä määrää vettä, joka haihtuu passiivisesti ihon läpi ulkoiseen ympäristöön vesihöyryn painegradientin seurauksena ihon molemmin puolin. Keskimääräisesti ihmisillä TEWL on n. 300-400ml/vrk, vaihdellen ympäristö- ja sisäisten tekijöiden vaikutuksesta. TEWL on käänteisesti verrannollinen korneosyyttien kokoon, vaihdellen eri anatomisilla alueilla. Pienemmät korneosyytit liittyvät suurempiin TEWL-arvoihin. (Honari & Maibach 2014, 1-10.)

Suuria TEWL-lukemia voidaan havaita esimerkiksi atooppisessa ihossa, iktyoosissa ja psoriasisissa. TEWL-arvot voivat myös nousta heti jonkin kosteuttavan tuotteen levittämisen jälkeen.

Tämä johtuu siitä, että tuotteessa oleva vesi on haihtunut ihon pinnalta. Lisäksi arvot voivat nousta kemiallisten aineiden, kuten pesuaineiden, tai fysiologisten muutosten, kuten ihon kuorimisen, vaikutuksesta. TEWLin voidaan havaita taas laskevan, kun ihon pinta suljetaan esimerkiksi öljyllä, rasvoilla tai emulsioilla. Tämä viittaa ihon kosteuden hitaaseen lisääntymiseen. (Elsner, Maibach & Merk 1999, 68.)

7 Tutkimuksen alustus

Tutkimuksen tavoitteena oli laatia protokolla kuusisokerin vaikutuksen selvittämiseksi ihon läpi tapahtuvaan transepidermaalisen veden haihtumiseen. Tutkimusmenetelmänä toimi kokeellinen tutkimusmenetelmä. Mittaukset suoritettiin tutkimukseen vapaaehtoisesti osallistuville henkilöille eettisiä periaatteita ja luottamuksellisuutta noudattaen Boreal Bioproductsin toimistolla Otaniemessä, Espoossa. Mittauksia varten suunniteltiin protokolla (liite 1) ja kutsukirje. Kutsukirjeessä kerrottiin tutkimuksen tarkoitus, siihen kuuluva aika sekä ohjeet tutkimusprotokollan mukaisesti. Lisäksi osallistujille annettiin erilaisia vaihtoehtoja mittausten mahdollisista ajankohdista, joista he pystyivät valitsemaan itselleen sopivimman. Mikäli he halusivat osallistua mittauksiin, tuli sähköpostiin vastata ilmoittamalla sopivin ajankohta. Osallistujia ohjeistettiin pääasiassa Delfin Technologiesin käyttöoppaan sekä vastaavien tutkimusten ohjeiden mukaisesti.

7.1 Tutkimuksen kuvaus

Tutkimukset suoritettiin Boreal Bioproductsin toimistotiloissa, jonka lämpötila ja kosteuspitoisuus mitattiin digitaalisella mittarilla. Elsnerin ym. (1999, 66.) mukaan ympäristön lämpötilan ja suhteellisen kosteuden tulisi pysyä mahdollisimman tasaisina, koska ulkoisen suhteellisen kosteuden ja sarveiskerroksen kosteuden välillä on lineaarinen yhteys. Tutkimushenkilöiden tulee olla tilassa vähintään 15 minuuttia ennen tutkimuksen aloittamista, jotta mitattavat ihoalueet ovat altistuneet tarpeeksi ympäristön olosuhteille. (Elsner ym. 1999, 66.) Mittausten aikana huoneen lämpötila ja kosteuspitoisuus pysyttelivät suurin piirtein samoissa lukemissa, eli 25-26 °C ja 28-29% välillä.

Ennen mittauksia osallistujia ohjeistettiin pidättäytymään kofeiini- ja nikotiinituotteiden käytöstä vähintään 30 minuutin ajan sekä mielellään myös mittausten aikana. Lisäksi heitä kehoitettiin välttämään hikoilua ennen mittauksia. Mittausalueiden tuli olla puhtaat ja paljaat, eikä niille saanut levittää mitään ihonhoitotuotteita tai muita aineita mittauspäivän aamuna, jotta mahdolliset ulkoiset tekijät eivät vaikuttaisi mittaustuloksiin. Melkein kaikki tutkimukseen osallistuneet henkilöt olivat kuitenkin juoneet aamulla vähintään yhden kupillisen kahvia, mikä saattoi vaikuttaa jonkin verran tuloksiin.

Osallistujien määrä tutkimuksessa tulisi olla riittävä, jotta voidaan suorittaa tilastollinen analyysi ja havaita tilastollisesti merkitseviä muutoksia sarveissolukerroksen kosteusarvoissa kosmetiikkahoidon jälkeen. Yleisesti vähintään 12-15 osallistujaa tarvitaan, jotta saadaan validi tilastollinen analyysi. (Elsner ym. 1999, 67.) Alustava tavoite oli saada tutkimukseen n. 10-12 osallistujaa, mikä ei kuitenkaan onnistunut. Lopullinen osallistujamäärä oli 7.

Jotta kuusikumin vaikutusta ihon läpi tapahtuvaan transepidermaalisen veden haihtumiseen voidaan tarkastella luotettavasti, on olennaista käyttää plasebovoidetta sekä valita kontrollialueeksi paljas ihoalue, johon ei levitetä mitään tuotetta. (Elsner ym. 1999, 67). Tutkimusta varten kehitettiin kaksi yksinkertaisen koostumuksen omaavaa voidetta, joista toinen sisälsi kuusisokeria, ja toinen oli plasebovoide ilman vaikuttavaa raaka-ainetta.

Kosteustutkimuksia varten on tärkeää valita oikeanlainen ihon alue. Tutkijoiden mukaan sarveissolukerroksen paksuuden, hikirauhasten määrän ja aktiivisuuden sekä ihon pintakerroksen lipidien määrä vaihtelevat eri alueilla. Korkeimmat kosteusarvot ovat havaittu otsan, poskien ja kämmenten alueilla. Alhaisimmat arvot taas on havaittu alaraajoissa, nilkoissa ja vatsassa. Kosteusmittaukset otettiin osallistujien käsivarren sisäpuolelta kolmesta eri kohdasta, mikä on yleisin alue kosteusmittausten suorittamiseen (Elsner ym. 1999, 67). Koska miespuolisilla tutkimushenkilöillä oli kädessään enemmän ihokarvoja, yritettiin heiltä valita toisesta kädestä sellainen kohta, missä olisi mahdollisimman vähän karvoitusta.

Testituotetta levitettiin ihoon tasaisesti tietty määrä merkitylle alueelle, joka oli kooltaan noin 16cm². Koska tuotteen määrä ei ollut aluksi riittävä, sitä lisättiin toisena päivänä joillekin osallistujille. Elsnerin ym. (1999, 67-68) mukaan kosteuttavan tuotteen iholle laitettava määrä on yleensä noin 1-3mg/cm². Tuote tulee hieroa iholle tasaisesti käyttäen lateksikäsineitä. Keskiarvojen saamiseksi mittauksia tulisi ottaa vähintään 3 lähekkäisiltä alueilta. Jos samalle ihoalueelle toistetaan useampia mittauksia, voi se johtaa korkeampiin kosteusarvoihin ihon sulkeutumisen johtuvan kosteuden kertymisen vuoksi. Tämän vuoksi toistettavissa mittauksissa tulisi olla ainakin noin 5-10 sekunnin odotusaika mittausten välillä. (Elsner ym. 1999, 68.) Jokaiselta henkilöltä otettiin neljä mittausta eri kohdasta merkittyä aluetta. Näin saatiin tarpeeksi monta arvoa, joista eniten poikkeavat voitaisiin jättää laskematta.

Laitteen mittauspää tulee asettaa tiukasti kohtisuoraan ihoa kohden, käyttämättä liikaa painetta. Paine on pidettävä samana koko mittauksen ajan, jotta sisään ei pääse ylimääräistä ilmaa. Mittausaikaan vaikuttaa se, miten korkea ihon läpi haihtuvan veden (TEWL) määrä on. Aika voi vaihdella 7 sekunnista 34:n sekuntiin, riippuen käytetystä adapterista. (Delfin Tech 2012.) Kaikilla osallistujilla mittaukset sujuivat nopeasti, eikä laitetta tarvinnut pitää iholla 5-10 sekuntia kauempaa.

7.2 Testituote

Testituote suunniteltiin sisällöltään mahdollisimman yksinkertaiseksi. Raaka-aineet valittiin sen perusteella, että niissä olisi mahdollisimman vähän samanlaisia ominaisuuksia kuusisokerin kanssa. Tuotteen koostumus haluttiin saada muistuttamaan hieman paksumpaa emulsiota, jotta käyttökokemus olisi miellyttävämpi. Lisäksi siitä haluttiin saada mahdollisimman stabiili, välttämällä liiallisten ilmakehien muodostumista.

Opinnäytetyön kirjoittaja on aiempien harjoittelujaksojensa ansiosta perehtynyt Boreal Bio-productsin raaka-aineisiin, ja hänellä on jo ennestään tietoa niiden neutraalista luonteesta sekä vähäisestä vaikutuksesta ihon suojakerrokseen. Laboratoriossa tehtyjen kokeilujen perusteella päädyttiin lopputulokseen, että käyttämällä Tegocare PBS 6-emulgaattoria onnistutaan saamaan stabiili, tarpeeksi paksun koostumuksen omaava O/W (öljy-vedessä) emulsio. Glenncorp:n (2015) mukaan TegoCare PBS 6:n kanssa käytetään tavallisesti 1-3%:n verran jotakin viskositeettia parantavaa ainesosaa, joista sopivimmaksi on todettu TEGIN® M Pellets (Glyceryl Stearate), TEGO® Alkanol 18 (Stearyl Alcohol) tai TEGO® Alkanol 1618 (Cetearyl Alcohol). Harjoitteluiden aikana tehtyjen kokeilujen perusteella on todettu Tego Alkanol 1618:n toimivaksi ainesosaksi parantamaan emulsion stabiiliutta ja koostumusta Tegocare PBS 6:n kanssa, minkä vuoksi se valikoitui käytettäväksi raaka-aineeksi.

TegoCare PBS 6 (INCI: Polyglyceryl-6 Stearate, Polyglyceryl-6 Behenate) on O/W emulgaattori, joka sopii pääasiassa kevyiden voiteiden ja spraymuotoisten tuotteiden valmistamiseen. Se on erityisen hyvä käytettäväksi tuotteissa, joissa on suuri määrä vesiliukoisia ainesosia tai muita vaikeasti stabiloitavia komponentteja, kuten UV-suodattimia. TegoCare PBS 6 on koostumukseltaan kiinteä, ja vaatii käsittelyn 75° lämpötilassa. (Glenncorp 2015.)

Tego Alkanol 1618 (INCI: Cetearyl Alcohol) on viskositeetin muodostaja ja stabiloiva ainesosa O/W emulsioissa. Se on rasva-alkoholi, jota käytetään toissijaisena emulgaattorina lisäämään voiteen paksuutta. Lisäksi se auttaa säilyttämään tuotteen rakenteen ja pidentää sen säilyvyyttä, erityisesti öljyjen ja vesipohjaisten ainesosien yhdistelmiä käsitellessä. (Glenncorp 2020.)

Caprylic/Capric Triglyceride on glyseriinin ja kookosöljyn luonnossa esiintyvien rasvahappojen yhdiste. Se voi toimia kosmetiikkatuotteissa esimerkiksi pehmentävänä ainesosana tai liuottimena. Kuten mikä tahansa emollienttiöljy, se muodostaa iholle kalvon. Kyseessä on kuitenkin ihoystävällinen ja neutraali öljy, mikä vaikuttaa ihoon vain hyvin vähissä määrin.

Raaka-aine	Funktio
Ionivaihdettu vesi	Liutotin
Caprylic/Capric Triglyceride	Ihoa hoitava
SpruceSugar LW P97	-
Tegocare PBS 6 (Polyglyceryl-6 Stearate, Polyglyceryl-6 Behenate)	Emulgaattori
Tego Alkanol 1618 (Cetearyl Alcohol)	Stabilisaattori, viskositeetin muodostaja
Xanthan Gum	Viskositeetin säätäjä
Phenoxyethanol	Säilöntäaine

Taulukko 1: Kuusisokerivoiteen koostumus

Raaka-aine	Funktio
Ionivaihdettu vesi	Liutotin
Caprylic/Capric Triglyceride	Ihoa hoitava
Tegocare PBS 6 (Polyglyceryl-6 Stearate, Polyglyceryl-6 Behenate)	Emulgaattori
Tego Alkanol 1618 (Cetearyl Alcohol)	Stabilisaattori, viskositeetin muodostaja
Xanthan Gum	Viskositeetin säätäjä
Phenoxyethanol	Säilöntäaine

Taulukko 2: Plasebovoiteen koostumus

8 Tulokset ja niiden analysointi

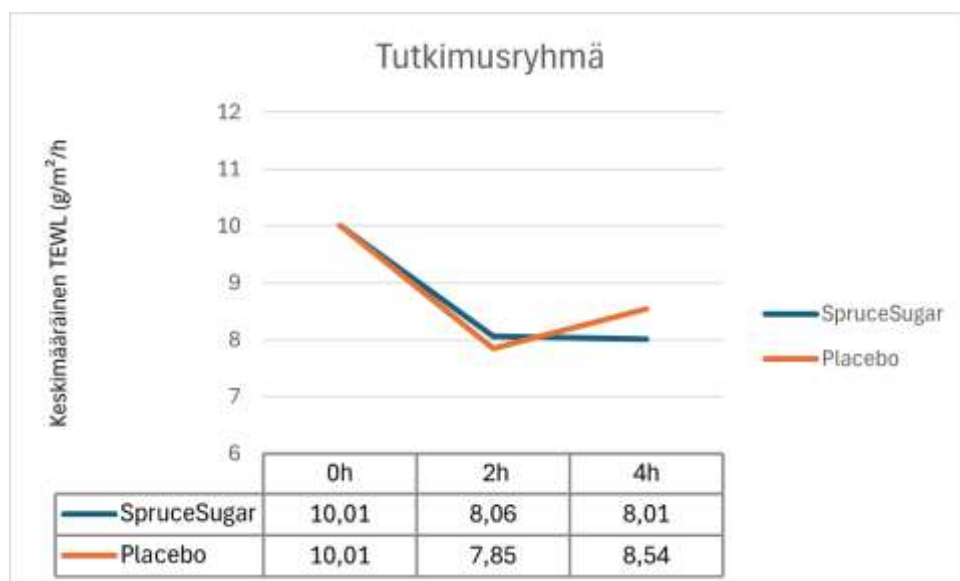
Tutkimuksen tulokset tallentuivat ensin automaattisesti Delfin Technin omaan ohjelmaan, DMC Softwareen. DMC on langaton käyttöliittymä, joka mahdollistaa yksittäisten projektien luomisen, mittaustietojen tallentamisen ja tarkastelemisen sekä tuloksien piirtämisen. Lisäksi sitä kautta voi viedä mittaustulokset muihin ohjelmiin käsiteltäväksi. (Delfin Technologies 2025.)

Tulokset koottiin vielä mittausten aikana paperille, jotta pysyttiin perillä mittausajoista ja voidekohtien tarkasta sijainnista.

Kun kaikki tulokset oli saatu, laskettiin jokaisen henkilön yksittäisistä mittaustuloksista keskiarvo. Tulokset keskiarvoineen koottiin Microsoftin Excel-ohjelmaan, jossa ne saatiin helposti muutettua diagrammiksi. Diagrammimuodoksi valikoitui viivadiagrammi, koska siten mittaustulosten muutokset saatiin mahdollisimman selkeästi näkyviin. Lopuksi vielä kaikkien henkilöiden lähtöarvot sekä kahden ja neljän tunnin jälkeiset arvot yhdistettiin, ja niistä laskettiin keskiarvot. Näiden perusteella laadittiin uusi viivadiagrammi havainnollistamaan koko ryhmän yhteistuloksia.

Tutkimustuloksia analysoitiin myös tilastollisin menetelmin, jotta voitiin arvioida, olivatko havaittujen muutosten erot tilastollisesti merkitseviä. Keskeisenä menetelmänä käytettiin kahden otoksen t-testiä. T-testi tehtiin yksilöllisille mittaustuloksille vain neljän tunnin kohdalla. Koska osallistujien määrä oli pieni, kummankin ryhmän positiiviset tulokset jakautuivat melko hajanaisesti ja yksilöiden väliset erot olivat suuria. Tämän vuoksi plasebo ja kuusikumi-voideryhmät käsiteltiin erillisinä, toisistaan riippumattomina otoksina. Tämän lisäksi laskettiin keskihajonnat, jotka kuvaavat mittausten vaihtelua osallistujien välillä. Keskihajonta osoittaa, kuinka paljon yksittäiset arvot poikkeavat keskiarvosta. Keskihajonnan koko viittaa siihen, miten tasaisia ja luotettavia mittaustulokset ovat. (Helsingin Yliopisto 2025.)

Diagrammiin merkitty base/0h tarkoittaa lähtöarvoa sellaisesta ihokohdasta, johon ei ollut käytetty mitään voiteita. Heti voiteen laittamisen jälkeen ei siis otettu mittauksia, vaan ensimmäinen voiteen levittämisen jälkeinen mittaus on suoritettu vasta 2 tunnin jälkeen levityksestä.



Kuvio 1: Kaikkien yhteistulos

Tuloksien väliset erot olivat kokonaisuudessaan melko pieniä. Lähes kaikkien osallistujien ihon TEWL:in aloitusarvo pysytteli 6-9 g/m²/h:n tasolla, mikä on normaalin, terveen aikuisen ihon keskimääräinen arvo (Honari & Maibach 2014, 1-10). Ainoastaan yhden henkilön perusarvo oli poikkeuksellisen korkea, ylettäen 19,7g/m²/h. Tämä tarkoittaa ihon suojamuurin heikompa kuntoa. Matalimman tuloksen omaavalla henkilöllä perusarvo oli 6,37g/m²/h.

Kahden tunnin jälkeen levityksestä suurimmalla osalla koehenkilöistä transepidermaalisen veden haihtuminen oli vähentynyt, mikä viittaa parempaan ihon kosteuden säilymiseen. Suurin mitattu ero havaittiin tapauksessa, jossa TEWL-arvo laski kuusisokerivoiteen käytön jälkeen 10,55 ja plasebovoiteen jälkeen 12,55 alkuperäisestä arvosta. Tämä oli yksi kahdesta tapauksesta, joissa plasebovoide vähensi kosteuden haihtumista enemmän kuin kuusisokerivoide. Toisessa tapauksessa plasebovoiteen jälkeinen TEWL-arvo oli 0,15 alhaisempi kuin kuusisokerivoiteen jälkeen. Kaikissa muissa tapauksissa kuusisokerivoide vähensi kosteuden haihtumista enemmän kuin plasebovoide.

Neljän tunnin jälkeen levityksestä havaittiin, että useilla koehenkilöillä TEWL-arvot alkoivat nousta, mikä viittaa siihen, että ihon kosteuden haihtuminen lisääntyi. Vain kahdessa tapauksessa havaittiin edelleen laskeva kehitys. Toisella näistä tapauksista TEWL-arvo laski kuusisokerivoiteella 13,67 sekä plasebovoiteella 13,02 alkuperäiseen verrattuna. Tässä tilanteessa kuusisokerivoiteen vaikutus oli selvästi suurempi.

Joissakin tapauksissa kosteuden haihtuminen lisääntyi välittömästi voiteen levityksen jälkeen. Esimerkiksi yhdellä tutkimushenkilöllä TEWL-arvo nousi kahden tunnin aikana 0,35 kuusisokerivoiteella ja 1,82 plasebovoiteella. Kahdella muulla koehenkilöllä TEWL-arvot lähtivät nousuun vasta kahden tunnin kuluttua voiteen levityksestä. Toisella näistä tapauksista kahden ja neljän tunnin välillä kosteuden haihtuminen lisääntyi kuusisokerivoiteella 0,65 ja plasebovoiteella 1,00.

Koko ryhmän yhteistulosta tarkasteltuna kummankin voiteen käyttö vähensi ihon transepidermaalisen veden menetystä jonkin verran. Kahden tunnin jälkeen plasebovoide näytti hieman suurempaa vaikutusta TEWL-arvon laskuun verrattuna kuusisokerivoiteeseen. Neljän tunnin kohdalla plasebovoiteen vaikutus kuitenkin heikkeni ja TEWL-arvo alkoi nousta. Sen sijaan kuusisokerivoiteen kohdalla TEWL-arvo jatkoi laskuaan vielä neljän tunnin mittaushetkellä. Tähän vaikutti todennäköisesti kuusisokerin kalvoa muodostavat ominaisuudet, minkä vuoksi kosteus pysyi ihossa pidempään.

Veden haihtumisen lisääntymiseen ihosta voiteen levityksen jälkeen voi vaikuttaa esimerkiksi se, ettei voiteessa ole tarpeeksi okklusiiveja, eli kalvonmuodostajia (Harwood, Krishnamurthy & Nassereddin 2014). Opinnäytetyöhön kehitetyssä plasebovoiteessa ainoana kalvonmuodostajana toimii Caprylic/Capric Triglyceride, kun taas kuusisokerivoiteessa toisena kalvonmuodostajana toimii kuusisokeri. Kuusisokerilla on todettu olevan kalvoa muodostavia ominaisuuksia,

mikä voi olla vaikuttavana tekijänä matalampiin TEWL-arvoihin (Heikkilä, Helén, Hyvönen, Mikkonen & Tenkanen 2010).

	Kuusisokeri			Plasebo		
	Base	2h	4h	Base	2h	4h
Keskiarvo	10,01	8,06	8,01	10,01	7,85	8,54
Keskihajonta	4,45	1,57	1,95	4,45	1,8	1,47

Kuvio 2: Tulosten keskihajonta

Keskihajontoja tarkasteltaessa voidaan huomata, että kahden tunnin kohdalla kuusisokerivoiteen tuottamat tulokset vaihtelivat osallistujien välillä hieman vähemmän (keskihajonta 1,57) kuin plasebovoiteen (1,80). Tämä voi viitata siihen, että kuusisokerivoiteen vaikutus kosteuden haihtumiseen oli tasaisempi eri henkilöiden kohdalla tässä mittausvaiheessa.

Neljän tunnin jälkeen levityksestä tilanne kuitenkin muuttui. Kuusisokerivoiteen keskihajonta kasvoi hieman (1,95), kun taas plasebovoiteen pieneni (1,47). Tämä saattaa viitata siihen, että kuusisokerin vaikutus ei ollut enää yhtä tasainen kaikilla osallistujilla pidemmän ajan kuluttua, tai että yksilölliset erot alkoivat näkyä voimakkaammin neljän tunnin kohdalla.

Neljän tunnin levittämisen jälkeisiä tuloksia analysoitiin myös kahden otoksen t-testillä yksilöllisistä tuloksista, jossa verrattiin kuusisokerivoiteen ja plasebovoiteen vaikutuksia transepidermaalisen veden haihtumiseen. Saatu p-arvo oli 0,0123, mikä on pienempi kuin yleisesti käytetty merkitsevyystaso 0,05. Tämä tarkoittaa, että plasebovoiteen ja kuusikumivoiteen välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero neljän tunnin kohdalla. Koska tutkimuksen asetelma ei kuitenkaan ollut optimaalinen, tulosten luotettavuuden parantamiseksi asetelmaa tulisi vielä kehittää.

9 Johtopäätökset

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, vaikuttaako kuusisokeri ihon kosteuden haihtumiseen kahden ja neljän tunnin kuluttua voiteen levityksestä. Tätä varten kehitettiin kaksi samankaltaista voidetta: toinen sisälsi kuusisokeria ja toinen toimi plasebona. Plasebovoiteen käyttö mahdollisti sen, että kuusisokerin vaikutusta voitiin arvioida erikseen ilman muiden voiteen ainesosien mahdollista vaikutusta. Näin pystyttiin tarkentamaan kuusisokerin osuutta transepidermaalisen veden haihtumisen ehkäisyssä. Kuusisokerilla havaittiin olevan jonkin verran kalvonmuodostusominaisuuksia ja potentiaalia ehkäistä transepidermaalista veden haihtumista.

Osallistujille annettiin ohjeet, joilla pyrittiin minimoimaan ulkoiset muuttujat, kuten kofeiinin käyttö, ihon suojaaminen tai muiden kosmetiikkatuotteiden käyttö ennen mittausta. Mittaukset suoritettiin Delfin Technologiesin Vapometer-laitteella, joka mahdollistaa nopean TEWL-arvojen mittaamisen. On kuitenkin huomioitava, että mittauksiin vaikuttaa monet tekijät, kuten yksilölliset ihon ominaisuudet, ympäristöolosuhteet ja mittaustarkkuus.

Huolimatta suurista keskihajonnoista ja tulosten jakautumisesta plasebovoiteen ja kuusisokerivoiteen välillä, neljän tunnin kohdalla datalle suoritettu kahden otoksen t-testi osoitti jonkinasteista merkitsevyyttä, mikä tukee kaaviossa havaittua pientä eroa. Kuusisokerivoiteen jälkeen TEWL-arvot olivat keskimäärin hieman matalampia kuin plasebovoiteen kohdalla, mikä viittaa mahdollisesti kosteutta säilyttävään vaikutukseen. Erityisesti kahden tunnin kohdalla kuusisokerivoiteen kanssa havaittiin pienempi keskihajonta, mikä viittaa tasaisempaan vaikutukseen osallistujien välillä. Neljän tunnin kohdalla hajonta kuitenkin kasvoi kuusisokerivoiteen kanssa ja pieneni plasebovoiteen kanssa, mikä saattaa viitata yksilöllisiin vaihteluihin vasteessa pidemmällä aikavälillä.

Yksilötasolla havaittiin kuitenkin vaihtelua siinä, miten voiteet vaikuttivat ihon kosteuteen. Joillakin osallistujilla kosteuden haihtuminen väheni jo kahden tunnin kuluttua, toisilla taas vasta neljässä tunnissa. Joillakin osallistujilla TEWL-arvot jopa nousivat levityksen jälkeen. Näin ollen voidaan todeta, että kuusisokerin vaikutus ei kaikilla ollut samanlainen.

Vaikka tutkimuksessa ei saatu vahvaa tilastollisesti merkitsevää näyttöä kuusisokerin kosteutta säilyttävästä vaikutuksesta, tulokset viittaavat mahdolliseen kosteuden haihtumista vähentävään vaikutukseen. Luotettavampien tulosten saavuttamiseksi tarvitaan todennäköisesti lisätutkimuksia suuremmalla otoskoolalla, pidemmällä tutkimusjaksolla, optimoidulla ja johdonmukaisella protokollalla sekä parannetulla kuusikumin kalvonmuodostusominaisuuksilla.

10 Pohdinta

Tutkimuksessa havaittiin, että kuusisokeria sisältävä voide saattoi lyhyellä aikavälillä vähentää ihon kosteuden haihtumista hieman enemmän kuin plasebovoide. Tämä vaikutus voi johtua kuusisokerin kalvoa muodostavista ja mahdollisista vettä sitovista ominaisuuksista. Myös kahden otoksen t-testin tulokset osoittivat tilastollisesti merkitsevän eron plasebovoiteen ja kuusisokerivoiteen välillä. Kuitenkin useamman henkilön kohdalla kosteuden haihtuminen jopa lisääntyi voiteen levityksen jälkeen, erityisesti neljän tunnin kohdalla. Tämä voi viitata siihen, että valmistetun voiteen kevyt koostumus ei välttämättä riittänyt suojaamaan ihoa pidemmän ajan kuluessa.

Voiteiden kehittämisprosessissa haluttiin paneutua tuotteen riittävän paksuun koostumukseen ja stabiiliuuteen. Voiteiden valmistaminen onnistui hyvin, mutta joitain haasteita aiheutti

tuotteen stabilointi ja ilmakuplien minimoiminen. Tuote levitettiin pienellä annostelijalla, minkä vuoksi kuplat olisivat voineet vaikuttaa annostelun tarkkuuteen ja näin tutkimustuloksiin. Voiteista saatiin kuitenkin valmistettua koostumukseltaan stabiilit, eikä niissä esiintynyt juurikaan ilmakuplia.

Tutkimuksen tulosten tulkinnassa on hyvä huomioida muutamia rajoitteita. Pieni otoskoko saattoi rajoittaa tilastollisesti merkitsevien erojen havaitsemista ja vaikuttaa tulosten yleistettävyyteen. Mittaustilanteissa esiintyi joitakin poikkeamia alkuperäisestä protokollasta, esimerkiksi osa osallistujista oli nauttinut kofeiinia tai altistunut ulkoilmalle ennen mittauksia, mikä saattoi vaikuttaa tuloksiin. Lisäksi annosteltavan voiteen määrää mukautettiin tutkimuksen aikana, mikä voi vaikuttaa mittausten vertailtavuuteen.

Tutkimukseen osallistuvat henkilöt asennoituivat tutkimukseen hyvin ja osoittivat mielenkiintoa mittauksia kohtaan. Vaikka kaikkia ohjeita ei ollut täysin mahdollista noudattaa niin tarkasti kuin tutkimus olisi vaatinut, tekivät osallistujat silti hyvää työtä yrittäen noudattaa niitä parhaansa mukaan. Mittaukset onnistuttiin jakamaan kahdelle eri päivälle, mikä helpotti aikataulun noudattamista ja mittausten sujuvuutta.

Kirjoittajan mielestä opinnäytetyön työstäminen ja toteuttaminen oli mielenkiintoinen ja opettavainen prosessi. Koska kirjoittajalla oli harjoittelun puolelta jo kokemusta raaka-aineista ja kuusisokerin toimivuudesta, helpotti se huomattavasti sopivanlaisen testituotteen valmistamista. Opinnäytetyön kirjoittaminen opetti pitkäjänteisyyttä, kärsivällisyyttä ja ajanhallintaa, mistä tulee varmasti olemaan hyötyä myös jatkoa ajatellen. Lisäksi se herätti mielenkiinnon tutkia kyseistä aihetta vielä lisää ja mahdollisesti perehtyä enemmän siihen, miten luonnonperäisiä raaka-aineita voidaan hyödyntää kosmetiikkatuotannossa.

Lähteet

Almasi, H. & Ghanbarzadeh, B 2013. Biodegradable Polymers. InTech. Viitattu 24.3.2025.

Ariyanta, H. A., Santoso, E. B., Suryanegara, L., Arung, E. T., Kusuma, I. W., Taib, M. N. A. M., Hussin, M. H., Yanuar, Y., Batubara, I., & Fatriasari, W. 2023. Recent Progress on the Development of lignin as future ingredient biobased cosmetics. *Sustainable Chemistry and Pharmacy* 32, 100966. Viitattu 23.2.2025. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352554122003709>

Bajwa, D. S., Pourhashem, G., Ullah, A. H., & Bajwa, S. G. 2019. A concise review of current lignin production, applications, products and their environmental impact. *Industrial Crops and Products*, 139, 111526. Viitattu 12.1.2025. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669019305382?via%3Dihub>

Berardesca, E., Fluhr, J., & Holleran, W. M. 2002. Clinical Effects of Emollients on Skin. Teoksessa Leyden, J., Rawlings, A. 2002. *Skin Moisturization*. New York: Marcel Dekker, Inc. Viitattu 12.1.2025 <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.3109/9780203908235-16/clinical-effects-emollients-skin-joachim-fluhr-walter-holleran-enzo-berardesca?context=ubx>

Bian, M., Fang, J., Guo, J., Li, C., Liu, Y., Ma, Z., Qiao, N., Yan, M., Zhang, Y., and Zhang, Y., 2024. Reduction and Reuse of Forestry and Agricultural Bio-Waste through Innovative Green Utilization Approaches: A Review. *Forests*, 15(8), p.1372. Viitattu 20.3.2025. <https://www.mdpi.com/1999-4907/15/8/1372>

Boreal Bioproducts 2025. About us. Viitattu 30.11.2024. <https://www.borealbioproducts.com/about>

Boreal Bioproducts 2025. Applications for cosmetics. Viitattu 14.1.2025. <https://www.borealbioproducts.com/applications-for-cosmetics>

Brandt, A., Gräsvik, J. & Welton, T. 2013. Deconstruction of lignocellulosic biomass with ionic liquids. *Green Chemistry* 15 (3), 550-53. Viitattu 28.1.2025. https://www.researchgate.net/publication/255760230_Deconstruction_of_lignocellulosic_biomass_with_ionic_liquids

Graham-Brown, R. 2016. *Dermatology*. E-Kirja. John Wiley & Sons. Viitattu 3.1.2025. <https://ebookcentral.proquest.com/lib/laurea/reader.action?docID=7104189&ppg=12>

European Commission 2018. A sustainable bioeconomy for Europe: strengthening the connection between economy, society and the environment. Viitattu 21.5.2025.

Harwood, A., Krishnamurthy, K., & Nassereddin, A. 2024. Moisturizers. National Library of Medicine. Viitattu 10.5.2025. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK545171/>

Helsingin Yliopisto 2025. Hajontaluvut. Viitattu 28.5.2025. <https://www.mv.helsinki.fi/home/mmattila/fsd/hajontaluvut.htm>

Heikkilä, M.I., Helén, H., Hyvönen, L., Mikkonen, K.S. ja Tenkanen, M. 2010. Spruce galactoglucomannan films show promising barrier properties. *Carbohydrate Polymers* 79 (4), 1107-1112. Viitattu 10.5.2025. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0144861709006031>

Elsner, P., Merk, H.F., & Maibach, H.I., 1999. *Cosmetics-Controlled Efficacy Studies and Regulation*. E-Kirja. Springer. Viitattu 5.3.2025.

Cosmetics Info 2025. Caprylic/Capric Triglyceride. Viitattu 20.3.2025. <https://www.cosmeticsinfo.org/ingredient/caprylic-capric-triglyceride/>

Courage & Khazaka electronic BmbH n.d. Viitattu 14.1.2025. <https://www.courage-khazaka.com/en/>

Curtis, M.J. ym. 2018. Experimental design and analysis and their reporting II: Updated and simplified guidance for authors and peer reviewers. *British Journal of Pharmacology*, 175(7), 987-993. Viitattu 26.5.2025. <https://bpspubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/bph.14153>

Delfin Technologies 2025. DMC Software Package. Viitattu 10.4.2025. <https://www.delfintech.com/products/dmc-software>

Delfin Technologies 2025. The Delfin VapoMeter®: The Benefits of Closed-Chamber Measurement Principle in TEWL Measurements. Viitattu 2.1.2025. <https://delfintech.com/blog/the-delfin-vapometer-the-benefits-of-closed-chamber-measurement-principle-in-tewl-measurements/>

Draelos, Z. 2009. *Cosmetic Dermatology: Products and Procedures*. E-Kirja. John Wiley & Sons, 3. Viitattu 8.1.2025. <https://laurea.finna.fi/Record/3amk.81337?sid=4896597189>

Dyer, P. W., Greenwell, H. C., Li, L., & Rowbotham, J. S. 2013. *An Introduction to Pyrolysis and Catalytic Pyrolysis: Versatile Techniques for Biomass Conversion*. Teoksessa Suib, S.L. 2013. *New and Future Developments in Catalysis*. Elsevier. Viitattu 10.1.2025. <https://www.sciencedirect.com/topics/chemistry/hemicellulose>

Evonik Industries, 2015. TEGO® Care PBS 6: Technical Data Sheet. Viitattu 5.3.2025. <https://glenncorp.com/wp-content/uploads/2013/11/Tego-Care-PBS-6.-TDS.-03.01.15.pdf>

Evonik Industries, 2013. TEGO® Alkanol 16/18: Product Information. Viitattu 5.3.2025. https://glenncorp.com/wp-content/uploads/2013/11/DS_TEGO_Alkanol_16_18_1618_e.pdf

Giacomoni, P. U., Maes, D., Mammone, T., Marenus, K., Muizzuddin, N., Pelle, E., & Sparacio, R. M. 2002. Teoksessa Leyden, J., Rawlings, A. 2002. *Skin Moisturization*. New York: Marcel Dekker, Inc. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.3109/9780203908235-11/sensitive-skin-moisturization-paolo-giacomoni-neelam-muizzuddin-rose-marie-sparacio-edward-pelle-thomas-mammone-kenneth-marenus-daniel-maes?context=ubx&refId=efda5d94-e210-4306-bbad-fca178b29a14>

Heikkilä, T. 2014. Tilastollinen tutkimus. E-Kirja. Edita Oppiminen Oy, 13. Viitattu 8.1.2025.

Honari, G. & Maibach, H. 2014. *Skin Structure and Function*. *Applied Dermatotoxicology Clinical Aspects*. Viitattu 2.1.2025. <https://www.sciencedirect.com/topics/veterinary-science-and-veterinary-medicine/transepidermal-water-loss>

Iholiitto RY 2025. Terveen ihon rakenne. Verkkosivu. Viitattu 9.1.2025. https://www.iholiitto.fi/ihotietoa/terveen_ihon_rakenne/

iS Clinical Suomi 2025. Tiede. Viitattu 12.5.2025. <https://isclinical.fi/tiede/>

Johnson, A. 2002. *The Skin Moisturizer Marketplace*. Teoksessa Leyden, J., Rawlings, A. 2002. *Skin Moisturization*. New York: Marcel Dekker, Inc. Viitattu 3.1.2025. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.3109/9780203908235-5/skin-moisturizer-marketplace-anthony-johnson?context=ubx&refId=cafd97a0-8bce-47d1-ab00-7fa2e3171e61>

Jyväskylän Yliopisto 2025. Määrällinen tutkimus. Verkkosivu. Viitattu 3.1.2025. <https://sites.app.jyu.fi/mehu/fi/menetelmapolku/tutkimusstrategiat/maarallinen-tutkimus>

Kananen, J. 2011. Kvantti. Kvantitatiivisen opinnäytetyön kirjoittamisen käytännön opas. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Viitattu 3.1.2025.

Kandell, R.K. 2020. Experimental Research Design: A Play of Variables. *Journal of NELTA Surkhet*, 2, 34-52. Viitattu 26.5.2025. https://www.researchgate.net/publication/343890005_Experimental_Research_Design_A_Play_of_Variables

Kirschbaum, R., Lemstra, P. J., & Peijs, T. 2022. A critical review of carbon fiber and related products from an industrial perspective. *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research* 5 (2). 90-106. Viitattu 10.1.2025. <https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/lignin>

Koh, J. 2011. Dyeing of cellulosic fibres. Teoksessa Clark, M. 2011. *Handbook of Textile and Industrial Dyeing*. Woodhead Publishing. Viitattu 10.1.2025. <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/cellulose-structure>

Kangas, H. 2020. Teoksessa Kääriäinen, P., & Tervinen, L. (Toim.). (2020). *Lost in the Wood(s)*. Aalto University. Viitattu 10.1.2025.

Lehtonen, M., Merinen, M., Kilpeläinen, P.O., Xu, C., Willför, S.M. & Mikkonen, K.S. 2018. Phenolic residues in spruce galactoglucomannans improve stabilization of oil-in-water emulsions. *Journal of Colloid and Interface Science*, 512(15), 536-547. Viitattu 25.5.2025. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0021979717312663>

Mahmood, Z., Yameen, M., Jahangeer, M., Riaz, M., Ghaffar, A. & Javid, I., 2018. Lignin as natural antioxidant capacity. *InTech*. Viitattu 12.5.2025.

McMullen, R. L. 2018. *Antioxidants and the Skin*. E-Kirja. CRC Press. Viitattu 14.1.2025.

Medelink 2025. Stand Alone Skin Analysis Device. Viitattu 14.1.2025. <https://medelink.ca/cosmetic-device/stand-alone-device/#1606172539827-fd9f40a5-c69c>

Mikkonen, K.S., Tenkanen, M., Cooke, P., Chunklin, X., Rita, H., Willför, S., Holmbom, B., Hicks, K.B. & Yadav, M.B. 2009. Mannans as stabilizers of oil-in-water beverage emulsions. *LWT - Food Science and Technology*, 42(4), 849-855. Viitattu 25.5.2025. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643808002958>

Mikkonen, K.S., Merger, D., Kilpeläinen, D., Murtomäki, L., Schmidt, U.S. & Wilheml, M. 2016. Determination of physical emulsion stabilization mechanisms of wood hemicelluloses via rheological and interfacial characterization. *Soft Matter*, 12, 8690-8700. Viitattu 26.5.2025. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2016/sm/c6sm01557c>

Mikkonen, K. 2020. Strategies for structuring diverse emulsion systems by using wood lignocellulose-derived stabilizers. *Green Chemistry*, 22(4), 1019-1037. Viitattu 25.5.2025. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2020/gc/c9gc04457d>

NoniinCosmetics 2025. SpruceSugar™ Kuusisokeri. Viitattu 14.1.2025.

Pitkänen, L., Heinonen, M. & Mikkonen, K.S. 2018. Safety considerations of plant polysaccharides for food use: a case study on phenolic-rich softwood galactoglucomannan extract. *Food & Function*, 9, 1931-1943. Viitattu 25.5.2025. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2018/fo/c7fo01425b>

Ragauskas, A. & Sadeghifar, H. 2020. Lignin as a UV Light Blocker—A Review. *Polymers* 12(5). Viitattu 12.1.2025. <https://www.mdpi.com/2073-4360/12/5/1134>

- Shadish, W. R., Cook, T. D., & Campbell, D. T. (2002). *Experimental and Quasi-Experimental Designs for Generalized Causal Inference*. Houghton Mifflin Company. 13-17. Viitattu 26.5.2025. <https://iaes.cgiar.org/sites/default/files/pdf/147.pdf>
- Smith, R. M. (2000). Extractions with superheated water. *Journal of Chromatography A*, 902(1), 163-173. Viitattu 21.5.2025. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0021967302012256?via%3Dihub>
- Teo, C. C., Tan, S. N., Yong, J. W. H., Hew, C. S., & Ong, E. S. 2010. Pressurized hot water extraction (PHWE). *Journal of Chromatography A*, 1217 (16), 2484-2494. Viitattu 21.5.2025. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0021967309019001>
- Valoppi, F., Ndegwa, H.M., Allen, K.M. & Miglioli, R. 2019. Spruce galactoglucomannan-stabilized emulsions as essential fatty acid delivery systems for functionalized drinkable yogurt and oat-based beverage. *European Food Research and Technology*, 245(7), 1387-1398. Viitattu 25.5.2025. https://www.researchgate.net/publication/332253082_Spruce_galactoglucomannan-stabilized_emulsions_as_essential_fatty_acid_delivery_systems_for_functionalized_drinkable_yogurt_and_oat-based_beverage
- Zabaniotou, A. 2018. Redesigning the bioeconomy for sustainability: A new conceptual framework. *Sustainability*, 10 (6), 1478. Viitattu 21.5.2025. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652617331438>

11 Kuviot

Kuvio 1: Kaikkien yhteistulokset	23
Kuvio 2: Tulosten keskihajonta	25

12 Kuvat

Kuva 1: Galaktoglukomannaanin kemiallinen kaava (Brandt, A., Gräsvik, J. & Welton, T., 550-583.)	9
Kuva 2: Hemiselluloosan pääasialliset monomeerit (Li Li, Rowbotham, Greenwell, Dryer 2013, 173-208.).....	11
Kuva 3: Selluloosan kemiallinen kaava (Koh 2011, 129-146.)	12
Kuva 4: Ligniinin kemiallinen kaava (Ghaffar, Jahangeer, Javid, Mahmood, Riaz & Yamen 2018.)	13
Kuva 5: Ihon rakenne (iS Clinical 2025.).....	15
Kuva 6: Vapometer (Delfin Technologies 2025.)	18

13 Taulukot

Taulukko 1: Kuusisokerivoiteen koostumus	22
Taulukko 2: Plasebovoiteen koostumus	22

14 Liitteet

Liite 1: Mittausten protokolla.....	34
-------------------------------------	----

Liite 1: Mittausten protokolla

Protocol for Measurements with the Vapometer

- The device must be brought to the measurement room well before starting the measurements and removed from its packaging.
- Room temperature and humidity should also be measured to monitor changes.
- Test participants must be in the room for at least 15–20 minutes before the first measurement.
- Three measurement spots are selected for each participant. These spots should be marked, for example, with a pen or a stencil. The location of the measurement must be anatomically identical in every session to ensure reliable results.
- All spots must be measured before applying the product to assess the baseline condition. Measurements should be taken three consecutive times, and the average value should be calculated.
- The test product is applied to each selected spot by dispensing a drop of cream onto the participant's forearm at the designated measurement spot. The cream is then spread evenly over the skin.
- The person applying the cream must wear disposable gloves for hygiene reasons and to prevent the product from absorbing into their skin. The amount of cream should be consistent.
- Before skin contact, ensure that the measurement chamber is not close to the skin or other sources of moisture.
- The measurement device must be placed perpendicular to the skin. It should be pressed firmly against the skin but without excessive pressure. The device must be held steady throughout the measurement.
- The measurement time is determined automatically and displayed on the screen—higher TEWL values result in shorter measurement times.
- Ensure the sensor is not placed near the skin or other sources of moisture during the ventilation process.
- All measurement spots should be measured again after the product has been fully absorbed into the skin.
- Compare the results with the baseline measurement of the same spot.