



Sokerijuurikasteollisuuden sivuvirrat kosmetiikan raaka-aineina: Mikro- ja nanofibrilloitu selluloosa

Josefiina Myllykoski

Laurea-ammattikorkeakoulu

**Sokerijuurikasteollisuuden sivuvirrat kosmetiikan raaka-aineina:
Mikro- ja nanofibrilloitu selluloosa**

Josefiina Myllykoski
Kauneudenhoitoala
Opinnäytetyö
Toukokuu 2024

Josefiina Myllykoski

Sokerijuurikasteollisuuden sivuvirrat kosmetiikan raaka-aineina: Mikro- ja nanofibrilloitu selluloosa

Vuosi

2024

Sivumäärä

30

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, minkälaista lisäarvoa sokerijuurikasteollisuuden sivuvirroista peräisin olevat mikro- ja nanofibrilloitu selluloosa voivat tuoda kosmetiikkatuotteisiin. Opinnäytetyö oli kehittämistyö, jonka tavoitteena oli luoda kosmetiikka- ja lääkekäyttöön soveltuva voidepohja, jossa hyödynnettäisiin kyseisiä raaka-aineita. Koska mikro- ja nanofibrilloitua selluloosaa hyödynnetään kosmetiikassa usein sen reologisten ominaisuuksien kautta, työn tarkoituksena oli myös selvittää, voisivatko raaka-aineet toimia luonnollisena vaihtoehtona vastaavia ominaisuuksia omaavalle synteettiselle raaka-aineelle karbomeerille. Toimeksiantajana toimi FarKos-hanke, joka tutkii kotimaisia sivuvirta- ja luonnonraaka-aineita sekä niiden soveltuvuutta kosmetiikkaan, ravintolisiin ja lääkkeiden apuaineina.

Opinnäytetyön teoreettisessa viitekehyksessä käsiteltiin mikro- ja nanofibrilloidun selluloosan valmistusmenetelmiä, sekä niiden ja muiden sivuvirtalähtöisten raaka-aineiden käyttöä kosmetiikassa. Lisäksi käsiteltiin lyhyesti emulsioteoriaa sekä perusteltiin voidepohjan raaka-ainevalintoja.

Opinnäytetyössä onnistuttiin luomaan raaka-aineiltaan tavoitteiden mukainen voidepohja. Työn tuotoksena syntyi kolme valmistettua voidetta, joissa yhdessä hyödynnettiin mikrofibrilloitua selluloosaa ja kahdessa nanofibrilloitua selluloosa fosfaattia. Valmistettujen voidepohjien stabiilisuutta olisi kuitenkin hyvä tutkia lisää, jotta saataisiin selville paremmin reseptin onnistuminen. Se, toimisivatko raaka-aineet luonnollisena vaihtoehtona karbomeerille, voisi olla teoreettisen viitekehyksen perusteella mahdollista, jos näitä yhdistetään luonnollisten paksuntajien tai muiden viskositeettia säätevien raaka-aineiden kanssa. Tätä olisi kuitenkin hyvä selvittää tarkemmin kokeilemalla korvata karbomeeri näillä raaka-aineilla käytännössä.

Asiasanat: kosmetiikka, sivuvirrat, nanofibrilloitu selluloosa, mikrofibrilloitu selluloosa

Josefiina Myllykoski

Sugar beet industry by-products as cosmetic raw materials: Micro- and nanofibrillated cellulose

Year	2024	Pages	30
------	------	-------	----

The purpose of this thesis was to find out what added value microfibrillated and nanofibrillated cellulose originated from the by-products of the sugar beet industry can bring to cosmetic products. This thesis was a development work that aimed to create a cream base that would be suitable for cosmetic and pharmaceutical use and would contain these raw materials. Since micro- and nanofibrillated cellulose are often used in cosmetics by utilizing their rheological properties, the objective of this thesis was also to investigate whether these ingredients could be a natural alternative to a synthetic ingredient carbomer with similar properties. The client of this thesis was FarKos project which investigates domestic by-products and natural raw materials as well as their suitability for cosmetics, food supplements, and as pharmaceutical excipients.

The theoretical framework of this thesis discussed the production methods of micro- and nanofibrillated cellulose as well as the use of these and other side stream raw materials in cosmetics. In addition, emulsion theory was briefly discussed and the ingredient selection for the cream base was explained.

The thesis succeeded in creating a cream base that meets the objectives in terms of raw materials. As a result of this thesis three creams were formulated, one using microfibrillated cellulose and two using nanofibrillated cellulose phosphate. However, it would be useful to further investigate the stability of the prepared creams in order to better evaluate the success of the formulation. Based on the theoretical framework, these raw materials could possibly be used as a natural alternative to carbomer if combined with natural thickeners or other viscosity controlling ingredients. However, it would be useful to investigate this further by trying to replace carbomer with these raw materials in practice.

Keywords: cosmetics, by-products, nanofibrillated cellulose, microfibrillated cellulose

Sisällys

1	Johdanto.....	6
2	Yhteistyökumppanin esittely	7
3	Sivuvirta raaka-aineiden käyttö kosmetiikassa.....	7
4	Selluloosa.....	8
4.1	Sivuvirtalähtöinen selluloosa	8
4.2	Mikro- ja nanofibrilloitu selluloosa	9
4.3	Esikäsittely- ja valmistustavat	11
5	Nanoselluloosat kosmetiikan raaka-aineina	12
5.1	Mikro- ja nanofibrilloitu selluloosa kosmetiikkatuotteissa	13
5.2	Haasteet ja tulevaisuuden mahdollisuudet	14
6	Kosmetiikka- ja lääkekäyttöön soveltuva voidepohja	15
6.1	Raaka-aineet.....	16
6.2	Valmistus	18
7	Pohdinta	20
	Painetut lähteet	23
	Sähköiset lähteet	23
	Kuvat	27
	Taulukot	27
	Liitteet	28

1 Johdanto

Vastuullisempien kosmetiikkatuotteiden kysyntä on kasvanut viime vuosina kuluttajien keskuudessa, ja sivuvirtaperäiset raaka-aineet ovat hyvä keino vähentää hukkaan menevää materiaalia ja edistää kiertotaloutta. Sivuvirtaraaka-aineita hyödyntämällä voidaan luoda muuten tarpeettomaksi jääneestä materiaalista jotakin arvokasta ja käyttökelpoista jollekin toiselle teollisuudenalalle. Sivuvirtaperäisiä raaka-aineita on yleisesti hyvin saatavilla ja niitä käyttämällä voidaan alentaa tuotteiden raaka-ainekustannuksia, mikä myös houkuttelee yrityksiä käyttämään niitä. Sivuvirtaraaka-aineita hyödyntämällä kosmetiikan raaka-ainevalmistajat voivat erottua edukseen kilpailijoistaan sekä luoda innovatiivisia ja ympäristöystävällisempiä raaka-aineita. Opinnäytetyön tekijällä on kosmetiikkamyyjänä työskentelyn kautta herännyt kiinnostus sivuvirta raaka-aineisiin, jolloin aihe, jossa tähän voisi syventyä paremmin ja muutenkin kuin markkinoinnin näkökulmasta tuntui houkuttevalta.

Työn toimeksiantajana toimii kotimaisia luonnonraaka-aineita ja sivuvirta raaka-aineita tutkiva FarKos-hanke. Yksi hankkeessa mukana oleva yrityksistä valmistaa sokerijuurikasteollisuuden sivuvirroista saatavasta materiaalista mikrofibrilloitua selluloosaa (MFC) ja nanofibrilloitua selluloosaa (CNF), joiden käyttömahdollisuuksia kosmetiikkatuotteissa pyritään tämän työn avulla selvittämään. Työn tarkoituksena on kerätä tietoa siitä, mitä lisäarvoa raaka-aineet voivat tuoda ihonhoitotuotteisiin. Kyseisiä raaka-aineita hyödynnetään kosmetiikkatuotteissa usein reologisten ominaisuuksiensa kautta, ja työn tarkoituksena on myös selvittää, voisivatko ne toimia luonnollisina vaihtoehtoina synteettisille, vastaavia ominaisuuksia omaaville raaka-aineille, kuten karbomeerille.

Opinnäytetyö on tutkimuksellinen kehittämistyö, jonka tavoitteena on suunnitella ja valmistaa hankkeen yhteistyöyrityksen raaka-aineita sisältävä kosmetiikka- ja lääkekäyttöön soveltuva voiteen malliformulaatio. Työn teoriaosuudessa perehdytään siihen, miten sivuvirta raaka-aineita, erityisesti selluloosaa ja sokerijuurikasteollisuuden sivuvirtoja voidaan hyödyntää kosmetiikkatuotteissa. Lisäksi teoriaosuudessa selvitetään, millaisia ominaisuuksia ja käyttömahdollisuuksia juuri mikro- ja nanofibrilloidulla selluloosalla kosmetiikassa on. Kehittämistehtävänä työssä toteutettiin laboratoriotyö, jossa valmistettiin kolme erilaista voidetta löydetyin teorian pohjalta.

2 Yhteistyökumppanin esittely

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii FarKos-hanke (Kotimaiset bioraaka-aineet terveys ja hyvinvointituotteissa). FarKos-hankkeen tarkoituksena on tutkia kotimaisia sivuvirta raaka-aineita sekä luonnonraaka-aineita, kuten kasveja, leviä ja sieniä sekä niiden prosessointimenetelmiä. Hankkeessa tutkitaan raaka-aineiden ja niistä erotettujen yhdisteiden ominaisuuksia sekä sitä, miten ne soveltuvat erilaisiin tuoteformulaatioihin lääkkeiden apuaineina, kosmetiikkatuotteissa ja ravintolisissä. Hankkeessa kokeillaan myös siihen soveltuvien raaka-aineiden hyödyntämistä käytännössä. (Laurea-ammattikorkeakoulu 2024.)

Hankkeen tutkimuksissa käytetään apuna edistynyttä teknologiaa, kuten bioreaktorituotantoa, kerrosviljelyä ja 3D-tulostusta. Hankkeen kohderyhmänä toimivat terveys- ja hyvinvointituotteita valmistavat yritykset, jotka käyttävät tuotteissaan sivuvirta- ja luonnonraaka-aineita. Hankkeen rahoittajina toimivat Euroopan Unioni, Uudenmaan liitto ja Hämeen liitto. Hankkeen toteutusaika on 1.1.2023 - 30.6.2025 ja sen toteuttavat yhteistyössä Laurea-ammattikorkeakoulu, Hämeen ammattikorkeakoulu ja Helsingin yliopisto. (HAMK 2024.)

3 Sivuvirta raaka-aineiden käyttö kosmetiikassa

Tietoisuus eri teollisuusalojen aiheuttamista ongelmista yhteiskunnalle ja ympäristölle on lisääntynyt kuluttajien keskuudessa, jolloin kiinnostus vastuullisempia tuotteita kohtaan on lisääntynyt. Kuluttajia houkuttelevat aikaisempaa enemmän luonnonkosmetiikka tai muuten luonnollisemmat tuotteet, mitkä voidaan kokea näin vastuullisemmiksi ja jopa terveellisemmiksi vaihtoehtoiksi. Tämä on osatekijänä sille, että myös kosmetiikka-alan yrityksissä otetaan yhä enemmän huomioon sen koko elinkaaren aikana tuottavat vaikutukset ympäristöön, talouteen ja yhteiskuntaan. Kosmetiikkayritykset ottavat tuotteidensa ympäristöystävällisyyden ja niiden aiheuttaman hiilijalanjäljen huomioon eri tuotannon vaiheissa. Valmistusvaiheessa otetaan huomioon tehtaiden energiankäyttö ja syntyneen jätteen määrä. Käyttövaiheessa kuluttajia opastetaan vastuullisempaan kosmetiikkakäyttöön kertomalla esimerkiksi pakkausten oikeanlaisesta kierrätyksestä. Pakkausvalinnoissa otetaan huomioon käytetyn pakkausmateriaalin määrä ja sen kierrätysmahdollisuudet sekä mahdollinen pakkausten uudelleenkäyttö- tai uudelleentäyttämismahdollisuudet. (Martins & Marto 2023, 1-2, 23.)

Myös raaka-ainevalinnoista pyritään tekemään vastuullisempia ja vähemmän ympäristöä kuormittavia, jolloin muun muassa kehitetään tuotteita, jotka eivät sisällä vettä. Raaka-ainevalinnoissa otetaan myös huomioon niiden luonnollisuus sekä alkuperän vastuullisuus ja ympäristöystävällisyys, jolloin kosmetiikkatuotteisiin soveltuvia ruoka- ja maatalousteollisuuden sivuvirroista saatavia raaka-aineita on alettu hyödyntämään yhä enemmän. Esimerkiksi kahvi- ja oliiviöljytuotannon sivutuotteena syntyneitä tai ylijääneitä materiaaleja, kuten kahvimarjan

kuoria, kahvinpuruja tai oliivipuun lehtiä, voidaan hyödyntää kosmetiikkatuotteiden raaka-aineina ja niillä on mm. antioksidanttisia sekä ihoa kosteuttavia ja uudistavia vaikutuksia. (Martins & Marto 2023, 1-2, 14, 23.)

Sokerijuurikasteollisuuden sivuvirroista saatavia materiaaleja, kuten sokerijuurikaskuitua ja sokerijuurikasmelassia on mahdollista hyödyntää kosmetiikassa erilaisiin tuotemuotoihin. Esimerkiksi sokerijuurikaskuidusta peräisin olevaa mikrofibrilloitua selluloosaa pystytään hyödyntämään etenkin vesipohjaisissa formulaatioissa sen reologisten ominaisuuksien kautta. Sen avulla voidaan parantaa tuotteiden stabiilisuutta ja säätää niiden viskositeettiä. (Cosun 2019.) Sokerijuurikasmelassi on siirappimaista ainetta, jota syntyy sokerintuotannon loppuvaiheessa sivutuotteena (Tomaszewska ym. 2018, 3162). Sitä voidaan hyödyntää kosmetiikassa muun muassa betaiinin lähteenä. Betaiini voi toimia kosmetiikkatuotteissa humektanttina, vahvistaa ihon suojamuuria sekä edistää tuotteiden miellyttävää ihotuntemusta ja vaahdon muodostumista. (IFF Bioscience 2024.)

4 Selluloosa

Ilmastonmuutoksen ja muiden ympäristöongelmien lisääntymisen sekä fossiilisten polttoaineiden vähenemisen myötä kiinnostus ympäristöystävällisiä materiaaleja ja niiden kehittämistä kohtaan on lisääntynyt. Kasviperäiset biopohjaiset raaka-aineet, kuten selluloosa, ovat uusiutuvia, ekologisia ja biohajoavia, ja ovat näin hyviä vaihtoehtoja fossiilisista polttoaineista peräisin oleville raaka-aineille. Selluloosa toimii useimpien kasvien soluseinien rakenneaineena ja se on maapallon runsaimmin esiintyvä uusiutuva luonnonmateriaali. Selluloosakuituja ja sen johdannaisia on hyödynnetty tuhansia vuosia erilaisissa tuotesovelluksissa. (Kargarzadeh, Ahmad, Dufresne, & Thomas 2017, 2-3.)

Selluloosasta voidaan sen nanokokoisista fibrilleistä ja kiteistä muodostuvan rakenteen vuoksi erottaa nanomateriaaleja erilaisilla kemiallisilla ja/tai mekaanisilla menetelmillä. Selluloosan alkuperä vaikuttaa olennaisesti erotetun selluloosan ominaisuuksiin ja kokoon. Erilaisia kasveja, kuten puuta, hampppua, kookoksenkuorta ja pellavaa on käytetty ja tutkittu selluloosan ja nanoselluloosan erottamiseksi. Puu on tähän yleinen ja hyvin soveltuva materiaali sen rakenteen ja hyvän saatavuuden vuoksi. Myös vaippaeläimet sekä erilaisia levät ja bakteerit voivat toimia selluloosan alkuperänä. Esimerkiksi levistä erotettu selluloosa on selkeästi kooltaan pienempää kuin puusta erotettu selluloosa. (Kargarzadeh ym. 2017, 7-8.)

4.1 Sivuvirtalähtöinen selluloosa

Sivuvirroilla tarkoitetaan kaikkea materiaalia ja jätettä, joita tuotannossa syntyy varsinaisen lopputuotteen lisäksi. Eri teollisuusalat synnyttävät suuria määriä sivuvirtatuotteita, jotka saattavat kuitenkin sisältää runsaasti hyödyllisiä ravintoaineita ja materiaaleja. Näiden

jatkokäyttäminen edistää kiertotaloutta ja voi vähentää muun muassa raaka-ainekustannuksia. Sivuvirtalähtöisiä raaka-aineita pystytään hyödyntämään monilla toimialoilla, kuten lääke-, ruoka- ja kosmetiikkateollisuudessa. (Barbulova, Colucci & Apone 2015, 82.)

Myös selluloosan alkuperänä voidaan hyödyntää eri teollisuuksien sivuvirtoja. Eri teollisuusaloista syntyy sivutuotteena biomassajätettä, kuten sokerijuurikaskuitua, sokeriruokokuitua, hampua ja pellavaa. Näitä sivutuotteita hyödynnetään ja niiden mahdollisuuksia tutkitaan useisiin käyttötarkoituksiin, sillä ne sisältävät merkittävän määrän selluloosaa, hemiselluloosaa ja ligniiniä, mitä on mahdollista jatkokäyttää. (Rana ym. 2022, 1.) Selluloosan lisäksi hemiselluloosa ja ligniini toimivat kasvien soluseinien rakenneaineina. Ligniini ja hemiselluloosa asettuvat kasveissa selluloosakuitujen väleihin, pitäen rakennetta koossa. (Dufresne 2012, 16-17.) Sivuvirtalähtöisiin raaka-aineisiin voi liittyä kuitenkin joitakin niiden käyttöä rajoittavia tekijöitä, kuten niiden koko, hydrofiilisyyden ja huono kemiallinen stabiilius. Tämän vuoksi sivuvirtalähtöisen selluloosan mekaaninen tai kemiallinen käsittely sekä nanokokoisten partikkelien erottaminen on tärkeää, jotta niitä voitaisiin hyödyntää jatkokäytössä mahdollisimman hyvin. (Rana ym. 2022, 2.)

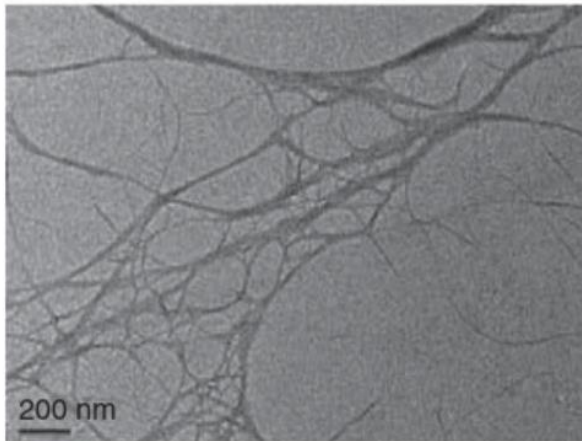
Sokerijuurikas (*Beta vulgaris*) kuuluu revonhätäkasvien heimoon ja se on yksi tärkeimmistä sokerintuotannon kasveista. Euroopassa sitä kasvatetaan noin 120 miljoonaa tonnia vuosittain, mistä tuotetaan noin 16 miljoonaa tonnia sokeria. (Caliceti ym. 2022, 10.) Sen juuret koostuvat sokerin lisäksi vedestä ja selluloosasta. Sokerin erottamisen jälkeen syntyy sivutuotteena mm. sokerijuurikaskuitua, jota on tavallisesti hyödynnetty eläinten, erityisesti lypsykarjan ruokintaan. Sokerijuurikaskuitu sisältää noin 65-80 % polysakkarideja, joista 40 % on selluloosaa, 30 % hemiselluloosaa ja 30 % pektiiniä. (Rana ym. 2022, 3-4.)

4.2 Mikro- ja nanofibrilloitu selluloosa

Selluloosa voidaan jakaa mikro- ja nanoselluloosaan partikkelikokonsa perusteella. Nanoselluloosa voidaan jakaa kolmeen eri alakategoriaan: selluloosananokiteet, mikro- tai nanofibrilloitu selluloosa ja bakteeriselluloosa. (Omran ym. 2021, 3.) Euroopan komissio on antanut suosituksen nanomateriaalien määrittämisestä, jonka mukaan nanomateriaali voi olla hiukkaskooltaan 1-100 nanometriä (Komission suositus nanomateriaalin määritelmästä 2011/696/EU). Yleisesti kun kuiduista tai fibrilleistä muodostuva selluloosamateriaali on vähintään yhdeltä ulkomitaltaan (pituus, leveys tai korkeus) nanokokoinen, sitä kutsutaan nanoselluloosaksi. Mikro- ja nanofibrilloitu selluloosa sisältää mikrokokoisia fibrillejä (Kuva 1), mutta se luokitellaan silti nanoselluloosaksi, ja nanoselluloosa-nimitystä käytetäänkin monissa yhteyksissä yleisenä terminä sekä mikro- että nanokokoisille selluloosapartikkeleille. (Kangas ym. 2014, 129.)

Myös termistö mikro- ja nanofibrilloidun selluloosan suhteen tieteellisissä teksteissä on vaihtelevaa, ja joskus niitä käytetään jopa toistensa synonyymeina. Esimerkiksi nanofibrilloidusta selluloosasta voidaan lisäksi käyttää englanniksi termejä ”cellulose nanofibers”, ”cellulose

nanofibrils” tai ”nanofibrillar cellulose” tai lyhenteitä CNF tai NCF. (Kargarzadeh ym. 2017, 11; Kangas ym. 2014, 129.) Vaikka termien raja on kirjallisuudessa häilyvä, mikro- ja nanofibrilloitu selluloosa voidaan erottaa niiden partikkelikoon sekä esikäsittely- ja valmistustavan perusteella. Mikro fibrilloituun selluloosaan on yleensä käytetty mekaanista valmistustapaa ja se sisältää sekä mikro- että nanokokoisia fibrillejä. Nanofibrilloitu selluloosa taas on yleensä ennen mekaanista käsittelyä esikäsitelty kemiallisesti ja se sisältää vain nanokoisia fibrillejä. (Kangas ym. 2014, 129.)



Kuva 1: Sokerijuurikkaasta erotettu selluloosamikrofibrilli (Kargarzadeh ym. 2017, 10).

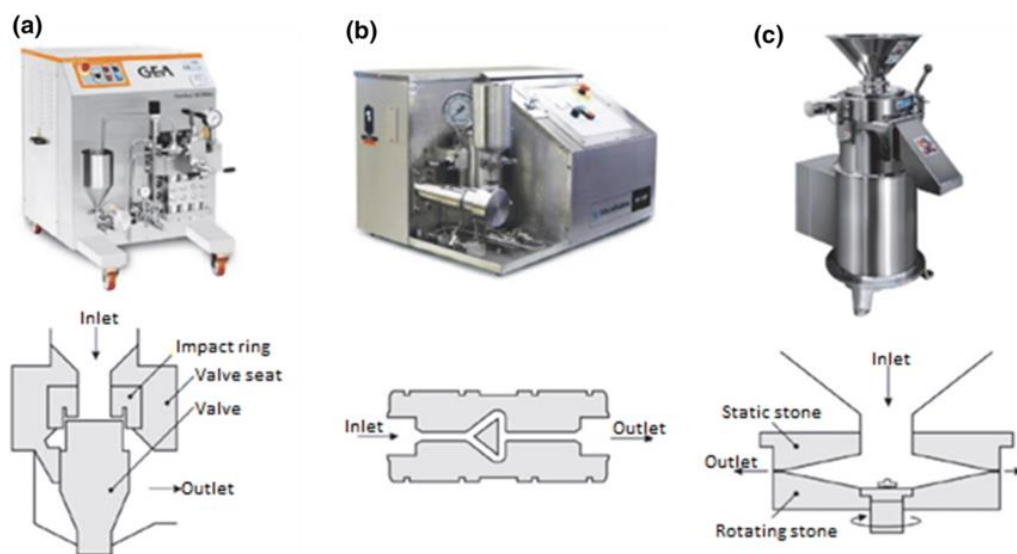
Sekä mikro- että nanofibrillit ovat muodoltaan ohuita ja pitkiä. Kargarzadehin ym. (2017, s.11) mukaan mikro fibrillit ovat halkaisijaltaan 20-100 nanometriä ja pituudeltaan 500-2000 nanometriä, kun taas nanofibrillit ovat halkaisijaltaan 20-50 nanometriä ja pituudeltaan 500-2000 nanometriä. Sekä mikro- että nanofibrilloitu selluloosassa muodostuu yksittäisistä venyneistä fibrillinipuista, ja ovat osittain järjestäytyneet epäsäännöllisesti ja osittain kiteytyneesti. (Kargarzadeh ym. 2017, s.11.) Fibrillit muodostavat verkkomaisen rakenteen. Koska fibrillien halkaisijan ja pituuden suhde on suuri, mikro- ja nanofibrilloitu selluloosa kykenee läpäisemään helposti nestettä ja muodostamaan jäykkärakenteisen verkon. (Lavoine, Desloges, Dufresne & Bras 2012, 739-740.)

Aluksi alkuperänä käytettiin puuta, joka on edelleen tärkeä ja paljon käytetty lähde nano- ja mikro fibrilloidun selluloosan tuottamiseksi. Nykyään niiden alkuperänä käytetään laajemmin muitakin erilaisia vaihtoehtoja, kuten maatalouden kasveja tai sen sivutuotteena syntyneitä raaka-aineita, kuten sokerijuurikaskuitua, porkkanoita ja vehnän olkia. Näiden kasvien hyötynä verrattuna puuhun on se, että niistä selluloosan mikro- ja nanofibrillien erottaminen on helpompaa ja prosessi vaatii näin vähemmän energiaa. (Lavoine ym. 2012, 739-740.) Käytetty alkuperä vaikuttaa olennaisesti mikro- ja nanofibrilloidun selluloosan valmistukseen, mutta lopputuotteen ominaisuuksien kannalta erot eri alkuperien välillä ovat pienemmät (Kargarzadeh ym. 2017, 11). Sokerijuurikaskuidusta on useampien erilaisten entsyymaattisten ja

kemiallisten käsittelyiden avulla erotettu mikro- ja nanofibrilloitua selluloosaa. Yleisesti ottaen voidaan olettaa, että entsymaattisten käsittelyiden avulla siitä pystytään erottelemaan pienempikokoisia nanofibrillejä. (Rana ym. 2022, 5.)

4.3 Esikäsittely- ja valmistustavat

Mikrofibrilloidun selluloosan voidaan yleisesti määritellä olevan homogointiprosessilla käsiteltyä selluloosaa, joka on sen seurauksena laajentunut pinta-alaltaan ja hajonnut rakenteeltaan jonkin verran. (Lavoine ym. 2012, 739-740.) Mikro- ja nanofibrilloidulle selluloosalle löytyy kuitenkin useampia mekaanisia valmistustapoja, kuten jauhaminen, homogointi, kryo-murskaus, mikrofluidisointi ja ultraäänikäsittely. Kolme yleisintä valmistustapaa ovat homogointi, mikrofluidisointi ja jauhaminen (Kuva 2). Korkeapainehomogenisaattori on yleinen valmistukseen käytetty laite, jossa selluloosasuspensiota ajetaan korkealla paineella venttiilin läpi. Venttiili avautuu ja sulkeutuu vuorotellen nopeasti, ja selluloosakuidut fibrilloituvat niiden kohdistuvan painevaihtelun ja leikkausvoiman myötä. Homogointia käytettäessä fibrilleistä syntyy pienikokoisempia silloin, kun käytetään enemmän painetta ja käsittely toistetaan useamman kerran. (Kargarzadeh ym. 2017, 11, 13.)



Kuva 2: Yleisimmät mekaaniset valmistustavat: (a) Homogointi, (b) mikrofluidisointi, (c) jauhaminen (Mokhena & John 2020, 1168).

Mikrofluidisointi perustuu leikkausvoimaan, ja siinä selluloosasuspensiota ajetaan suurella paineella ohuen Y- tai Z-muotoisen putken läpi. Lavoine ym. (2012, 740) mukaan mikrofluidisoinnin avulla on mahdollista tehdä selluloosafibrillien rakenteesta ohuempi ja keskenään yhteneväisempi homogointiin verrattuna, mutta tämä vaatii useampia käsittelykerroja. Jauhamisen menetelmässä selluloosasuspensiota ohjataan staattisen ja 1500 kierrosta

minuutissa pyörivän jauhinkivien läpi, ja selluloosa fibrilloituu siihen kohdistuvan leikkausjännityksen vuoksi. Selluloosafibrillien kokoon vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa jauhinkivien etäisyys toisistaan ja käsittelykertojen määrä. Myös tämän valmistusmenetelmän kohdalla käsittely pitää yleensä toistaa monta kertaa. (Kargarzadeh ym. 2017, 15-16.)

Mekaanisista valmistustavoista mikään ei ole yleisesti ottaen selkeästi muita parempi tai tehokkaampi selluloosan fibrilloimiseksi, ja niistä jokaisen huonona puolena on korkea energiankulutus, etenkin kun käsittely toistetaan useita kertoja (Lavoine ym. 2012, 742). Energiankulutuksen vähentämiseksi voidaan hyödyntää erilaisia entsyymaattisia tai kemiallisia esikäsittelymenetelmiä. Valmistukseen kuluvan energian määrään vaikuttaa myös olennaisesti se, mikä alkuperä selluloosalla on. Mikro- ja nanofibrilloidulle selluloosalle voidaan käyttää useampia erilaisia entsyymaattisia ja kemiallisia esikäsittelytapoja. Näitä ovat esimerkiksi mieto entsyymaattinen tai kemiallinen hydrolyysi, karboksimeetylointi ja TEMPO (2,2,6,6-tetrametyylipiperidiini-1-oksyyli) -avusteinen hapetus. Esikäsittelytavan valintaan vaikuttavat halutut lopputuotteen ominaisuudet ja selluloosan alkuperä. (Kargarzadeh ym. 2017, 11, 14, 27.) TEMPO-hapetus on hyvin yleinen selluloosan esikäsittelytapa, jossa vapaat hydroksyyliyhdytysryhmät hapetetaan karboksyyliyhdytysryhmiksi. Tällöin fibrillien välille ei pysty muodostumaan vetysidoksia, jolloin ne voidaan erottaa toisistaan helpommin. TEMPO-hapetuksen avulla voidaan vähentää merkittävästi mekaaniseen valmistustapaan, kuten homogenisointiin kuluva energia määrä. (Lavoine ym. 2012, 746.)

5 Nanoselluloosat kosmetiikan raaka-aineina

Kosmetiikkatuotteet ovat kasvava ja hyvin potentiaalinen toimiala nanoselluloosien käyttöön. Erilaisia kosmetiikassa käytettyjä nanoselluloosatyyppisiä ovat muun muassa selluloosananokiteet, bakteeriselluloosa sekä mikro- ja nanofibrilloitu selluloosa. Aluksi nanoselluloosia hyödynnettiin kosmetiikkatuotteissa lähinnä niiden kalvonmuodostajakykyjen avulla, mutta nykyään ne voivat toimia tuotteissa myös muun muassa paksuntajina ja kuljettimina aktiivisille. Nanoselluloosia voidaan yleisesti käyttää ihonhoitotuotteissa viskositeetinsäätäjänä, kalvonmuodostajina, nanotäyteaineina, lisäaineina ja kosteuttavana raaka-aineina. Nanoselluloosien funktiot vaihtelevat sen morfologisten ominaisuuksien, eli koon, muotosuhteen, muodon ja rakenteen perusteella. (Meftahi ym. 2022, 1, 7.)

Vaikka kasveista peräisin olevat nanoselluloosat saattavat sisältää myös jonkin verran hemiselluloosaa ja ligniiniä, ne voidaan poistaa esikäsittelyllä ja kosmetiikkatuotteissa käytetyt nanoselluloosat ovat yleisesti hyvin puhtaita. Ne eivät tuoksu ja ovat yleensä väriltään vaaleita, jolloin niitä on helppo lisätä erilaisiin formulaatioihin. Jos käytetty nanoselluloosa ei ole puhdasta, se voi reagoida muiden raaka-aineiden kanssa ja aiheuttaa iholla arvaamattomia reaktioita tai ei-toivottuja vaikutuksia. (Meftahi ym. 2022, 2-3, 5-6.)

Nanoselluloosien antimikrobisia ominaisuuksia on alettu tutkia enemmän viime vuosina. Niiden on esimerkiksi todettu suodattavan tehokkaasti erilaisia mikrobeja. Nanoselluloosat eivät kuitenkaan ole luonnostaan antimikrobisia aineita, jolloin niiden pintaa täytyy ensin modifioida vaikkapa hapettamalla, eetteröimällä tai esteröimällä ja niiden kanssa tulee yhdistää muita antimikrobisia aineita. Esimerkiksi kationiset nanoselluloosat omaavat antimikrobisia ominaisuuksia Gram+ ja Gram- bakteereja vastaan. Aihe kuitenkin vaatii lisätutkimuksia, jotta voidaan selvittää, millainen nanoselluloosatyyppi on tehokas tiettyä bakteeria, sientä tai muuta mikrobia vastaan. (Norrrahim ym. 2021, 3539-3541, 3549.)

5.1 Mikro- ja nanofibrilloitu selluloosa kosmetiikkatuotteissa

Mikrofibrilloitua selluloosaa hyödynnetään kosmetiikkatuotteissa usein etenkin sen reologisten ominaisuuksien avulla. Sillä on leikkausohenevia ja tiksotrooppisia ominaisuuksia, eli sen viskositeetti pienenee, kun leikkausnopeutta kasvatetaan ja virtauksen (kuten sekoittamisen) jälkeen sen viskositeetti kasvaa (Goodwin & Hughes 2008, 195,199). Tiksotrooppisuus on hyödyksi tuoteformulaatioissa muun muassa siten, että se voi tehdä niistä helpommin iholle levitettäviä mutta vähemmän sotkevia. Esimerkiksi geelimäisiä tuotteita pystytään suihkuttamaan spraypakkauksesta ilman, että ne alkavat sen jälkeen valumaan iholla. (Meftahi ym. 2022, 10, Sappi 2023, 6.)

Mikrofibrilloitu selluloosa voi pienemmällä konsentraatiolla parantaa tuotteen stabiiliutta ja suuremmalla konsentraatiolla lisätä viskositeettiä. Se voi nopeuttaa tuotteiden haihtumista iholta ja vähentää öljyistä tai tahmeaa ihotunnetta. Aurinkotuotteissa se voi edistää tuotteiden helppoa levittyvyyttä jättämättä iholle valkoista kerrosta levityksen jälkeen. Se sopii käytettäväksi sekä mineraalisten että kemiallisten UV-suodattimien kanssa ja voi auttaa tehostamaan niitä. (Sappi 2023, 5-10.)

Mikrofibrilloitu selluloosa sopii hyvin geelimäisiin tuotteisiin vähentäen niiden paakkuuntumista ja parantaen ihotunnetta. Se voi toimia kosmetiikkatuotteissa myös aktiiviaineiden tai vaikkapa tuoksujen kuljettimena tai apuaineina. (Meftahi ym. 2022, 10-11.) Mikrofibrilloitu selluloosa voi myös tehdä emulsion väristä kirkkaamman ja vaaleamman sen vaalean värin ansiosta, ilman että tuotteeseen lisätään erillistä pigmenttiä (Minasolve 2024).

Sokerijuurikaskuidusta peräisin oleva mikrofibrilloitu selluloosa voi muun muassa parantaa tuotteiden poispesevyyttä, ihotuntemusta sekä lisätä tuotteiden mattaisuutta. Se kasvattaa koostumuksen viskositeettiä jo pienellä konsentraatiolla ja voi parantaa myös vaahdon tai emulsion stabiiliutta. Se toimii tuotteissa laajalla pH-alueella (1,5-13). Se soveltuu erityisesti vesipohjaisiin koostumuksiin ja sitä voidaan käyttää laajasti erilaisiin kosmetiikkatuotteisiin, kuten seerumeihin, aurinkovoiteisiin, after sun-tuotteisiin, meikinpoistoaineisiin, kuorintatuotteisiin ja sekä w/o (water-in-oil) että o/w (oil-in water) kasvovoiteisiin. (SpecialChem 2024a.)

5.2 Haasteet ja tulevaisuuden mahdollisuudet

Nanoselluloosien käyttämiseen ihonhoitotuotteissa liittyy joitakin ominaisuuksia, jotka täytyy ottaa huomioon sen puhtauden lisäksi. Nanoselluloosat ovat lupaavia raaka-aineita ympäristöystävällisempien kosmetiikkatuotteiden valmistamiseksi, mutta niillä on vielä useita ominaisuuksia ja toimintoja, jotka tarvitsevat lisätutkimusta. Esimerkiksi niihin liittyvät standardit ja testausmenetelmät ovat vielä kehitysvaiheessa. (Meftahi ym. 2022, 17-18.) Koska raaka-aineiden turvallisuutta ihmisen terveyden kannalta erityisesti pidemmällä aikavälillä ei ole vielä tutkittu laajasti, niille on syytä tehdä perusteelliset riskianalysit ennen markkinoille tuomista. Olemassa olevien tutkimuksien perusteella raaka-aineiden käyttö ei kuitenkaan aiheuta vaaraa terveydelle ihonhoidollisessa käytössä. (Stoudmann, Schmutz, Hirsch, Nowack, & Som 2020, 1255.)

Nanoselluloosien valmistusvaiheeseen liittyy joitakin haasteita, jotka liittyvät pääasiassa kustannuksiin, energiankäyttöön sekä haitallisiin ympäristövaikutuksiin. Etenkin suurempien tuotantoerien valmistusprosessia olisi hyvä kehittää ympäristöystävällisemmäksi ja vähemmän energiaa kuluttavaksi. Kun selluloosaa käsitellään esim. kemiallisesti, se kuluttaa paljon energiaa ja vettä. Lisäksi itse lopputuotetta syntyy tällöin rajallinen määrä. Prosessi tuottaa myös ympäristölle haitallista jätettä. Valituilla käsittelymenetelmillä on myös merkittävä vaikutus nanoselluloosan myrkyllisyyteen ja raaka-aineen nanomittaisuuden vuoksi täytyy ottaa huomioon mahdolliset haitalliset vaikutukset ympäristölle ja ihmisen terveydelle. (Meftahi ym. 2022, 17-18.)

Ihonhoitotuotteiden raaka-aineilta toivotaan monipuolisuutta ja tehokkuutta, jonka vuoksi suositaan yleensä synteettisiä polymeerejä esimerkiksi viskositeetinsäätäjinä, stabiloivina aineina ja emulgaattoreina. Niihin kuitenkin liittyy joitakin ongelmallisia piirteitä liittyen niiden ympäristöystävällisyyteen ja biohajoavuuteen. Vaikka vastaavat luonnolliset raaka-aineet eivät toimi tuoteformulaatioissa täysin samalla tavalla, niiden hyötyinä ovat yleensä hyvä saataavuus ja biohajoavuus, jolloin niitä käyttämällä tuoteformulaatioita voidaan muuttaa ympäristöystävällisemmiksi. (Bom, Jorge, Ribeiro & Marto 2019, 283.)

Karbomeerille on pyritty löytämään kosmetiikassa korvaavaa vaihtoehtoa luonnonraaka-aineista, ja luonnonpolymeerit kuten nanoselluloosat voivat olla tähän potentiaalinen ratkaisu. Luonnonpolymeerit eivät kuitenkaan kykene yksinään korvaamaan karbomeeriä, koska ne eivät ole yhtä stabiileja eivätkä omaa täysin samanlaisia reologisia ominaisuuksia. Reologiset ominaisuudet vaikuttavat myös tuotteen käyttäjän aistimukselliseen kokemukseen tuotteesta, kuten levittyvyyteen, mikä täytyy ottaa huomioon tuoteformulaatioissa. Jotta karbomeeri pystyttäisiin korvaamaan, yksi potentiaalinen vaihtoehto voisi olla yhdistää luonnollinen geelinmuodostaja luonnollisen paksuntajan kanssa, jolloin reologiset ominaisuudet voisivat olla samankaltaisemmat. (Tamburic, Peh, & Baltazar 2022, 42, 52.)

6 Kosmetiikka- ja lääkekäyttöön soveltuva voidepohja

Kosmetiikkatuotteet, kuten tässä työssä valmistettava voide, sisältävät usein vesi- ja öljypohjaisia aineita, jotka ovat molemmat tärkeitä onnistuneen lopputuloksen kannalta. Nämä eivät kuitenkaan sekoitu keskenään, minkä vuoksi suuri osa kosmetiikkatuotteista on emulsioita. Emulsio syntyy, kun vesi- ja öljyfaasi yhdistyvät emulgaattorin avulla. Emulgaattoreissa on sekä vesihakuinen että öljyhakuinen osa, jonka vuoksi niillä on kyky yhdistää vesi- ja öljyliukoiset aineet. Yleisin emulsiomuoto kosmetiikassa on o/w emulsio, jossa vesi on ulkoisena faasina ja öljy sisäisenä faasina (o/w). (Barton, Eastham, Isom, McLaverty & Soong 2021, 133.)

Tuotekehityksessä on tärkeää määritellä aluksi tuotteelle tavoitellut ominaisuudet, jotta niiden perusteella voidaan valita oikeanlaiset raaka-aineet sekä määritellä niiden prosenttiosuudet. Tässä työssä oli tarkoituksena valmistaa kosmetiikka- ja lääkekäyttöön soveltuva voide, jossa hyödynnetään hankkeen raaka-aineita ja niiden reologisia ominaisuuksia. Koska tarkoituksena on myös kartoittaa mahdollisuuksia korvata hankkeen raaka-aineilla vastaavia synteettisiä raaka-aineita, myös voidepohjan muissa raaka-ainevalinnoissa otettiin huomioon niiden luonnollisuus. Sopivien prosenttiosuuksien arvioimiseksi reseptiä laatiessa otettiin huomioon valmistajien suositellut määrät kyseisille raaka-aineille sekä valmiit reseptit, jotka olivat saatavilla valmistajien sivuilla.

Reseptiä suunnitellessa aloitettiin ns. tyypillisen o/w voidepohjan raaka-aineista ja lisäksi sovellettiin voidereseptejä, joissa oli hyödynnetty muiden valmistajien mikro- tai nanofibrilloitua selluloosaa. Benson, Rodrigues Leite-Silva, & Walters (2019, 150) määrittelevät kosmetiikan o/w voiteen muodostuvat yleensä vesifaasista, öljyfaasista, emulgaattorista ja muista erityisistä lisäraaka-aineista, kuten aktiiviaiaineista ja säilöntäaineista. Tyypillisiä o/w voiteen raaka-aineita ovat vesi, humektantti, emulgaattori, viskositeetinsäätäjä, pehmentävät aine, kelatoiva aine, antioksidantti, säilöntäaine, puskoroiva aine, hajuste, väriaine ja aktiiviaiaine (Draeos 2016, 214). Koska tarkoituksena oli luoda yksinkertainen ja myös lääkekäyttöön soveltuva voidepohja, tästä reseptistä karsittiin pois kelatoiva aine, hajuste, väriaine ja aktiiviaiaine. Reseptin raaka-aineet valittiin yksitellen haluttujen ominaisuuksien perusteella huomioiden tavoitteet ja valmistajien tarjoamat tarkemmat tiedot raaka-aineista. Koska voiteen valmistus tapahtui koulun laboratoriossa, myös raaka-aineiden saatavuus tuli ottaa huomioon niiden valinnassa.

Lääkekäyttöön soveltuvissa voiteissa käytetään usein samanlaisia perusraaka-aineita kuin kosmetiikkakäyttöön tarkoitetuissa voiteissa, mutta molemmilla on muun muassa omat aktiiviaiaineensa. Tämän vuoksi sekä kosmetiikka- että lääkekäyttöön soveltuvan voidepohjan suunnitteleminen oli melko helppoa. Kuitenkin, jotta voidepohja soveltuisi myös lääkekäyttöön, joissakin raaka-ainevalinnoissa otettiin huomioon Yhdysvaltain elintarvike- ja lääkeviraston eli

FDA:n listaus lääketuotteisiin soveltuvista ei-aktiivisista raaka-aineista (FDA 2024). Kyseinen listaus kertoo yleensä prosentuaalisen määrän siitä, miten paljon raaka-ainetta voidaan käyttää tuotteessa. Listausta myös erittelee lääkkeiden erilaiset käyttötarkoitukset ja niiden tuotemuodot, jolloin voidepohjan raaka-aineissa otettiin huomioon määrittelyt erityisesti paikallisesti käytetyissä voiteissa. Vaikka EU:n ja Yhdysvaltojen lainsäädäntö vaihtelee jonkin verran, FDA:n listausta hyödynnettiin raaka-ainevalinnoissa, koska vastaavaa tietokantaa EU:ssa käytetyille lääketuotteiden ei-aktiivisille raaka-aineille ei löydy.

Tuotekehityksessä täytyy ottaa huomioon halutun ihotuntuman ja levittyvyyden saavuttaminen sekä emulsion onnistunut muodostuminen sekä sen stabiilisuus (Tadros 2016, 105). Emulsion stabiilisuus on tärkeä osa onnistuneen voidepohjan luomiseksi. Jos emulsio ei ole stabiili, se voi ilmentyä tuotteessa eri tavoilla kuten faasien erottumisella, faasi-inversiolla tai vesitai öljyfaasin aggregoitumisella. Emulsion erottuessa sisäinen ja ulkoinen faasi erottuvat kokonaan toisistaan. Faasi-inversiossa sisäinen ja ulkoinen faasi vaihtavat paikkaa, jolloin esimerkiksi w/o emulsiosta syntyy w/o emulsio. Aggregoitumisessa esimerkiksi öljypohjaiset aineet kasautuvat toisiinsa emulsion pinnalle tai pohjalle. Emulsion stabiiliuteen voidaan vaikuttaa muun muassa valmistustavan sekä emulgaattorin ja reologisten aineiden ja niiden konsentraation valinnalla. (Dayan 2017, 135-136.)

Yleisesti tuotteen stabiilisuudella tarkoitetaan sitä, miten hyvin tuote säilyy ajan mittaan muuttumattomana ja käyttökuntoisena. Tuotteen epästabiilisuus voi myös ilmentyä muilla tavoin kuin emulsion erottumisella, kuten pH:n, värin tai viskositeetin muuttumisella. Koska kosmetiikkatuotteiden tuotekehitysprosessi on yleensä suhteellisen lyhyt, käytetään stabiilisuustestejä, jotka nopeuttavat stabiiliuden mittaamista. Tuotteiden stabiilisuustestit ovat tarpeellisia, jotta voidaan arvioida ja ennustaa tuotteen stabiilisuutta ja mahdollisia reologisia tai muita muutoksia pidemmällä aikavälillä. (Dayan 2017, 9,135, 427.)

6.1 Raaka-aineet

Voidepohjaan valittiin humektantiksi glyseriini (Glycerin) (Taulukko 1). Se on kosmetiikassa monipuolinen ja hyvin yleisesti käytetty raaka-aine (SpecialChem 2024b). Voidepohjassa käytetty glyseriini on peräisin kasveista. Työn voiteissa hyödynnettiin hankkeen yrityksen raaka-aineista MFC:tä (microfibrillated cellulose) ja CNF (cellulose nanofiber) phosphatea. MFC:n konsentraatio raaka-aineessa oli 7,4 % ja CNF phosphatea 0,5 %, joten voiteessa, jossa CNF phosphatea käytettiin, laitettiin sitä suhteessa enemmän ja veden määrää vähennettiin. Näiden raaka-aineiden prosenttiosuuksia määrittäessä otettiin huomioon valmistajien sivuilta löytyneet valmiit reseptit, joissa niillä oli vastaava funktio kuin voidepohjassa. Voidepohjista yhdessä käytettiin MFC:tä ja kahdessa CNF phosphatea.

Taulukko 1: Käytetyt raaka-aineet sekä niiden funktiot ja suunnitellut prosentuaaliset määrät voiteissa.

Raaka-aine	Funktio	Voide 1	Voide 2	Voide 3
Vesi	Liutotin	74 %	68,5 %	64,5 %
Glyseriini	Humektantti	3 %	3 %	3 %
MFC 7,4 wt-%	Viskositeetinsäätäjä, stabilisaattori	5,5 %		
CNF Phosphate 0,5 wt-%	Viskositeetinsäätäjä, stabilisaattori		11 %	11 %
OliveM 1000	Emulgaattori	4 %	4 %	4 %
Manteliöljy	Ihoa hoitava	2 %	2 %	2 %
Sheavoi	Ihoa hoitava	2 %	2 %	2 %
Kookosöljy, fraktioitu	Ihoa hoitava	8 %	8 %	8 %
Setearyylialkoholi	Emulgaattori			3 %
Steariinihappo	Emulgaattori			1 %
E-vitamiini	Antioksidantti	0,5 %	0,5 %	0,5 %
Natriumbentsoaatti, kaliumsorbaatti	Säilöntäaine	1 %	1 %	1 %
Sitruunahappo	pH:n säätäjä	q.s.	q.s.	q.s.

*q.s. = tarpeen mukaan

Emulgaattorivalinnassa otettiin luonnonmukaisuuden lisäksi huomioon soveltuvuus kyseiseen voiteeseen esim. HLB-luvun kautta. HLB-luvun avulla voidaan mitata tuloksia vain ionittomista emulgaattoreista, ja luku kertoo, millainen emulgaattorityyppi on kyseessä sen hydrofiilisen ja lipofiilisen tasapainon kautta. O/w voiteiden emulgaattorit ovat yleensä HLB-luvultaan on 8-16, kun taas w/o voiteiden emulgaattorit ovat HLB-luvultaan 3-6. (Barton ym. 2021, 135.) Pääemulgaattoriksi voidepohjaan valittiin Olivem 1000 (Cetearyl Oliviate, Sorbitan Oliviate) ja sen HLB-luku on 8-9. Se on oliiviöljypohjainen, luonnonmukainen emulgaattori, joka soveltuu erityisesti o/w emulsioihin. Se sopii käytettäväksi tuotteeseen myös ainoana emulgaattorina ja on yhteensopiva kaikenlaisten säilöntäaineiden kanssa. Tässä pitoisuudessa kyseinen emulgaattori voi myös kasvattaa hiukan koostumuksen viskositeettiä, koska sillä on geeliä muodostava ominaisuus yhdistettynä veden tai humektanttien kanssa. (Hallstar Beauty 2024, 4.) Voidepohjiin tätä emulgaattoria käytettiin 4 % valmistajan suositusten perusteella.

Emulsion öljyfaasin raaka-aineet vaikuttavat olennaisesti siihen, miltä lopullinen tuote tuntuu iholla levitettäessä ja sen jälkeen. Kosmetiikkatuotteissa hyödynnetään yleensä useampia öljypohjaisia raaka-aineita sopivan yhdistelmän ja lopputuloksen löytymiseksi. (Barton ym. 2021, 146-147.) Ihoa hoitaviksi raaka-aineiksi voiteeseen valittiin fraktioitu kookosöljy (Caprylic/Capric Triglyceride), manteliöljy (Prunus Amygdalus Dulcis Oil) ja sheavoi (Butyrospermum Parkii Butter). Valinnoissa otettiin erityisesti huomioon raaka-aineiden saatavuus sekä FDA:n listaus lääketuotteisiin soveltuvista ei-aktiivisista raaka-aineista. Myös määrättyt enimmäispitoisuudet otettiin huomioon reseptiä suunniteltaessa. Manteliöljyä ja sheavoita saa kutakin olla FDA:n mukaan paikallisissa voiteissa kokonaispainosta mitattuna enintään 2 % (FDA 2024). Fraktioitu kookosöljy valittiin voidepohjaan sen yleisyyden ja koostumuksen keveyden vuoksi.

Kolmesta valmistetusta voiteesta yhteen lisättiin apuemuulgaattoreiksi setearyylialkoholi (Cetearyl Alcohol) ja steariinihappo (Stearic Acid). Voiteeseen valittu Olivem 1000 voi toimia tuotteissa ainoana emulgaattorina, mutta koettiin tarpeelliseksi lisätä voiteeseen myös muita emulgaattoreita. Bartonin ym. mukaan (2021, 138) emulgaattorit ovat o/w voiteissa tärkeässä roolissa emulsion stabiiliuden kannalta. Vaikka käytetty emulgaattori olisi tuotteessa toimiva, öljy- ja vesifaasit pyrkivät erottumaan toisistaan ja kosmetiikkatuotteista pyritään tekemään sellaisia, että ne pysyisivät stabiileina usean vuoden ajan. Tämän vuoksi tuotteissa käytetään yleensä useampia emulgaattoreita. Apuemuulgaattoreilla on usein hiukan eri HLB-luku kuin pääemuulgaattorilla, ja erilaisia emulgaattoreita yhdistämällä saadaan yleensä onnistuneempi lopputuote. (Barton ym. 2021, 138-139.) Tässä voiteessa pääemuulgaattorin HLB-luku on 8-9, kun taas setearyylialkoholin HLB-luku on 15,5 ja steariinihapon 15.

Lisättyjen apuemuulgaattoreiden määrä vähennettiin voidepohjassa veden määrästä. Molempia raaka-aineita on mahdollista saada kasviperäisesti. Setearyylialkoholi on yleisesti kosmetiikassa käytetty raaka-aine, joka lisää myös tuotteen viskositeettiä ja jättää kevyen, silkisen ihotuntuman (Barton ym. 2021, 146). Steariinihappoa voidaan käyttää paksuntamaan kosmetiikkatuotteita ja sillä on ihoa hoitavia ja pehmentäviä ominaisuuksia (SpecialChem 2024c).

Säilöntäaineeksi tuotteeseen valittiin natriumbentsoaatin (Sodium Benzoate) ja kaliumsorbaatin (Potassium Sorbate) yhdistelmä. Natriumbentsoaatti ja kaliumsorbaatti soveltuvat käytettäväksi myös luonnonkosmetiikkatuotteisiin. Se sopii käytettäväksi tuotteisiin, joiden pH on 1-5,5, mikä otettiin huomioon myös voiteiden pH:ta säädettäessä. (Naturallythinking 2024.) Natriumbentsoaatti on yleisesti käytetty säilöntäaine, joka antimikrobisten ominaisuuksiensa ansiosta ehkäisee bakteerien, sienien ja hiivan kasvua. Se soveltuu käytettäväksi monenlaisiin tuotteisiin, kuten voiteisiin, shampoisiin ja meikkituotteisiin. (SpecialChem 2024d.) Kaliumsorbaatti on elintarvikkeissakin käytetty säilöntäaine, joka ehkäisee sienien ja hiivan kasvua, mutta bakteereita vastaan se ei ole yhtä tehokas (Benson ym. 2019, 200).

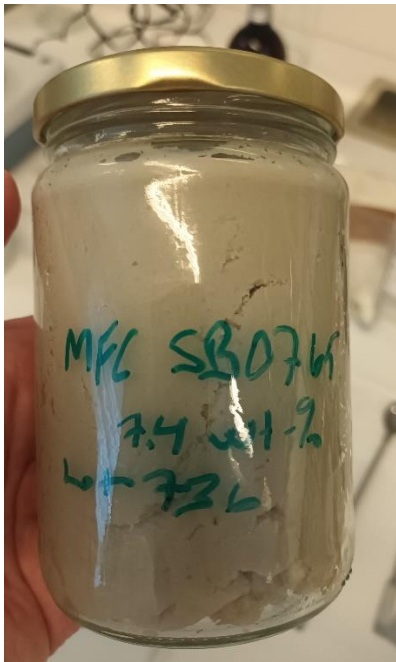
Lisäksi tuotteeseen lisättiin E-vitamiinia (Tocopherol). E-vitamiini on antioksidantti, joka estää voiteessa käytettyjen öljyjen hapettumista. Tällöin se parantaa myös voiteen säilyvyyttä ja ehkäisee esimerkiksi öljyjen härskiintymisestä johtuvaa epämiellyttävää tuoksua. (Barton, Eastham, Isom, McLaverty & Soong 2021, 228.) Voiteiden pH oli hiukan tavoiteltua korkeampi, joten niihin lisättiin myös sitruunahappoa (Citric Acid) säätämään niiden pH:ta.

6.2 Valmistus

Tarkemmat tiedot muun muassa toteutuneista raaka-ainemääristä, työvaiheista ja käytetyistä laitteista löytyvät tämän opinnäytetyön liitteistä 1 ja 2.

Ensimmäiseen voiteeseen käytettiin MFC:tä. Raaka-aine oli olomuodoltaan kiinteää ja väriltään vaalean harmaata/vihreähköä. Se liukeni vesifaasiin hitaammin ja seos vaati

nopeampitahtisempaa sekoittamista magneettisekoittajalla. MFC myös muutti vesifaasin sameaksi ja oliivinvihreähkön väriseksi. MFC:n värin huomaa myös lopputuotteessa, joka on vaaleanharmaa. Vaikka reseptiin ei lisätty esim. paksuntajia, lopputuloksesta tuli koostumukseltaan hyvin voidemaista. Siinä oli kuitenkin selkeitä leikkausohenevia ominaisuuksia, jotka tulivat esille sekoittaessa voidetta spaattelilla ja viskositeettia viskosimetrillä mitattaessa.



Kuva 3: Voidepohjassa käytetty MFC

Seuraavaan kahteen voiteeseen käytettiin CNF phosphatea. Raaka-aine oli olomuodoltaan kirkasta ja hyytelömäistä, ja siinä pystyi huomaamaan leikkausohenevia piirteitä. CNF phosphate liukeni vesifaasiin MFC:tä helpommin ja nopeammin. Kahdessa ensimmäisessä voiteessa huomasin selkeästi raaka-aineiden erot sekä valmistusvaiheessa että lopullisessa voiteessa. CNF voide oli selkeästi alhaisempi viskositeetiltään. Raaka-aine ei myöskään vaikuttanut voiteen väriin, jolloin siitä tuli valkoista.

Ensimmäinen CNF voide oli valuva ja melko ohut, lotionmainen koostumukseltaan. Se oli selkeästi ohuempi kuin perinteiset voidekoostumukset yleensä, joten reseptiä oli syytä hieman muokata tuomalla sinne viskositeettia kasvattavia raaka-aineita. Myös tuotteiden stabiilisuus mietitytti, vaikka sitä ei pidemmällä aikavälillä pystytty tarkkailemaan tai testaamaan tässä työssä, mikä vahvisti päätöstä lisätä voidepohjaan apuemuulgaattoreita. Toiseen CNF versioon lisättiin kaksi lisäemuulgaattoria, jotka myös lisäsivät voiteen viskositeettia ja stabiiliutta. Tämä voide olikin selkeästi paksumpaa ja muistutti enemmän tyyppillistä voidekoostumusta, kuin ensimmäinen CNF voide. Koostumus tuntui kuitenkin aavistuksen paksuhkolta iholle levitettäessä. Muuten kaikki kolme voidetta levittyivät iholle helposti ja haihtuivat melko nopeasti. Jälkitunne iholla ei ollut ollenkaan öljyinen, vaan enemmän siloisen tuntuinen. Iholle

voiteita levitettäessä ei myöskään tapahtunut murustumista, joka oli etukäteen pienenä pelkona.



Kuva 4: Valmistetut voiteet (valmistusjärjestyksessä vasemmalta oikealle)

Jotta voiteiden viskositeettiä voitiin mitata ja vertailla tarkemmin, siihen käytettiin avuksi rotaatioviskosimetriä. Rotaatioviskosimetri mittaa aineen ”vastustuksen” kautta sen viskositeettiä pyörivän spindelin avulla (Anton Paar 2024). Koska aineiden leikkausohenevuus vaikuttaa mittaustuloksiin, valmistettujen voiteiden saamat tuloslukemat alkoivat laskea aina pikkuhiljaa ja vasta kun luku tuntui pysyvän samana, se voitiin kirjata ylös. Myös käytetty nopeus ja spindelin koko vaikuttavat saatuun tulokseen, minkä vuoksi nämä olivat kaikille kolmelle voiteelle samat. Tarkemmat mittaustulokset ja tiedot käytetyistä laitteista löytyvät tämän työn liitteistä 1 ja 2. Myös näiden mittaustulosten perusteella voidaan huomata, että ensimmäinen CNF voide oli viskositeetiltään selkeästi alhaisempi verrattuna muihin voiteisiin, kun taas toisen CNF voiteen viskositeetti oli näistä kolmesta korkein.

7 Pohdinta

Työssä onnistuttiin melko hyvin vastaamaan sen tarkoitusta ja tavoitetta. Tietoperustan tarkoituksena oli selvittää, millaista lisäarvoa mikro- ja nanofibrilloitu selluloosa tuovat ihonhoitotuotteisiin. Tietoperustasta onnistuttiin tekemään sopivan laaja saatavilla oleviin lähteisiin nähden, ja sen perusteella saatiin lisätietoa muistakin kuin raaka-aineiden reologisten ominaisuuksien hyödyntämisen mahdollisuuksista kosmetiikkakäytössä.

Työn tavoitteena oli suunnitella ja valmistaa kosmetiikka- ja lääkekäyttöön soveltuva voidepohja, jossa hyödynnetään hankkeen yrityksen raaka-aineita. Voidereseptin laatimisessa

onnistuttiin melko hyvin luomaan yhdistelmä raaka-aineita, jotka tukivat työn tavoitetta. Myös valmistuksen osalta toteutus onnistui ja raaka-aineet toimivat yhdessä. Työssä luotiin perusvoidepohja hyödyntäen kahta erilaista hankkeen yhteistyöyrityksen raaka-ainetta, ja lopputuloksena syntyi kolme koostumukseltaan erilaista voidetta. Voidepohjaa voidaan parantaa jatkokehittämällä riippuen myös esimerkiksi tarkemmista toivotuista ominaisuuksista liittyen sen reologiaan ja ihotuntumaan.

Löydetyн teorian perusteella voitiin olettaa, että hankkeen raaka-aineiden kanssa olisi tarpeellista yhdistää myös luonnonkumeja tai muita koostumusta selkeästi paksuntavia raaka-aineita sopivan viskositeetin luomiseksi. Toteutettujen voidepohjien perusteella voidaan kuitenkin todeta, että se ei ole välttämättä tarpeellista ja että myös muita raaka-aineita lisäämällä voidaan muuttaa tarvittaessa voiteen koostumusta paremmaksi. Muuten raaka-aineet käyttäytyivät voiteissa suurimmilta osin sillä tavoin, kuin teorian pohjalta voitiin olettaa. Teoriaosuudessa pieneksi haasteeksi muodostui tiedonhaussa se, että nimikkeet mikro- ja nanofibrilloidun selluloosan välillä vaihtelivat tieteellisissä teksteissä paljon. Niiden käyttöä kosmetiikassa ei pystynyt myöskään havainnoimaan tarkemmin esim. tuote-esimerkkien kautta, koska niiden INCI-nimet vaihtelivat valmistajasta riippuen. Kyseisiä raaka-aineita ei myöskään erityisesti mainita tällä hetkellä kosmetiikkatuotteiden markkinoinnissa.

Aikataulullisista syistä työssä ei ollut mahdollista seurata, miten hyvin voiteet säilyvät stabiileina pidemmällä aikavälillä. Koska emulsion ja koko tuotteen stabiilius on aika olennainen osa voiteen onnistumista, tämä olisi hyvä selvittää ennen voidereseptien jatkokehittämistä. Tämän lisätiedon avulla koostumuksista voidaan muokata entistä parempia. MFC voidetta kehittäessä voisi ottaa huomioon sameahkon harmahtavan sävyn, jonka raaka-aine tuotteeseen tuo. Jos väri on epätoivottu voiteeseen, reseptiin voi lisätä muita raaka-aineita, jotka vaikuttavat sen väriin.

Ensimmäisen CNF-voiteen perusteella voidaan mielestäni todeta, että ainakin kyseinen voidepohja tarvitsee muita reologiaan vaikuttavia raaka-aineita. Toki tähän vaikuttavat myös toivottu viskositeetti ja tuotteen pakkausmuoto (vaikkapa tuubipakkaus, jossa on pieni suuaukko olisi toiminut tähän koostumukseen hiukan paremmin). Lisättyjen raaka-aineiden ei mielestäni tarvitse olla erityisesti luonnonkumeja, mutta nämäkin voivat olla hyvä harkittava lisä voidepohjaan.

Teoriaosuudessa selvitettiin sitä, voisivatko raaka-aineet toimia luonnollisena vaihtoehtona vastaavia ominaisuuksia omaavalle raaka-aineelle karbomeerille. Raaka-aineen korvaamismahdollisuuksia synteettiseen karbomeeriin selvitettiin jonkun verran työssä, mutta aiheen suhteen olisi syytä tehdä vielä voidepohjan avulla lisäselvitystä. Hankkeen raaka-ainetta voidaan tutkia tarkemmin luonnollisena vaihtoehtona karbomeerille muun muassa kokeilemalla muuttaa MFC:n/CNF:n konsentraatiota tai mahdollisesti yhdistää niitä esim. luonnollisten

paksuntajien, kuten ksantaanikumin kanssa. Koostumusta voisi vertailla esim. viskosimetrin ja ihotuntuman avulla vastaavaan voidepohjaan, jossa on käytetty karbomeeria.

Painetut lähteet

Barton, S., Eastham, A., Isom, A., McLaverty, D. & Soong, Y. L. 2021. Discovering cosmetic science. London: The Royal Society of Chemistry.

Benson, H. A. E., Roberts, M. S., Rodrigues Leite-Silva, V. & Walters, K. A. 2019. Cosmetic formulation: Principles and practice. Boca Raton: CRC Press.

Dayan, N. 2017. Handbook of formulating dermal applications: A definitive practical guide. Beverly: Scrivener Publishing.

Draelos, Z. K. 2016. Cosmetic dermatology: Products and procedures. Hoboken: John Wiley & Sons.

Dufresne, A. 2012. Nanocellulose. Berlin: De Gruyter, Inc.

Goodwin, J. W. & Hughes, R. W. 2008. Rheology for Chemists: An Introduction. London: Royal Society of Chemistry.

Kargarzadeh, H. A., Ahmad, I., Dufresne, A. & Thomas, S. 2017. Handbook of Cellulose Nanocomposites. Hoboken: John Wiley & Sons.

Tadros, T. F. 2016. Formulations. Berlin: De Gruyter, Inc.

Sähköiset lähteet

Anton Paar. Rotational Viscometry. Viitattu 11.5.2024. <https://wiki.anton-paar.com/en/rotational-viscometry/>

Barbulova, A., Colucci, G. & Apone, F. 2015. New Trends in Cosmetics: By-Products of Plant Origin and Their Potential Use as Cosmetic Active Ingredients. Cosmetics (Basel), 2, pp. 82-92. Viitattu 10.4.2024. <https://www.proquest.com/docview/2124642069?parentSessionId=uki30tJpa2x1aRnt2zhpft%2BSyD6sqT2kX12D5OBojwk%3D&accountid=12003&source-type=Scholarly%20Journals>

Bom, S., Jorge, J., Ribeiro, H. & Marto, J. 2019. A step forward on sustainability in the cosmetics industry: A review. Journal of cleaner production, 225, pp. 270-290. Viitattu 14.4.2024. <https://www.sciencedirect.com/neli.laurea.fi/science/article/pii/S0959652619309655?via%3Dihub>

Caliceti, C., Malaguti, M., Marracino, L., Barbalace, M. C., Rizzo, P. & Hrelia, S. 2022. Agri-Food Waste from Apple, Pear, and Sugar Beet as a Source of Protective Bioactive Molecules

for Endothelial Dysfunction and Its Major Complications. *Antioxidants*, 11(9), p. 1786. Viitattu 11.4.2024. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9495678/>

Cosun. 2019. First consumer products launched with Betafib®. Viitattu 13.4.2024. <https://www.cosunbeetcompany.com/news/first-consumer-products-launched-with-beta-fib/22>

Euroopan Komission suositus nanomateriaalin määritelmästä 2011/696/EU. Euroopan unionin virallinen lehti 20.10.2011. Viitattu 8.4.2024. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:275:0038:0040:FI:PDF>

FDA. 2024. Inactive Ingredients Database. Viitattu 1.5.2024. <https://www.fda.gov/drugs/drug-approvals-and-databases/inactive-ingredients-database-download>

Hallstar Beauty. OliveM 1000 Biomimetic multifunctional self-emulsifier. Viitattu 6.5.2024. https://www.hallstarbeauty.com/webfoo/wp-content/uploads/FN_Olivem1000_042120.pdf

HAMK Hämeen ammattikorkeakoulu. FarKos Kotimaiset bioraaka-aineet terveys- ja hyvinvointituotteissa. Viitattu 3.4.2024. <https://www.hamk.fi/projektit/kotimaiset-bioraaka-aineet-terveys-ja-hyvinvointituotteissa-farkos/>

IFF Bioscience. GENENCARE® OSMS BA - Natural Betaine. Viitattu 13.4.2024. <https://bioscience.iff.com/solutions/personal-care/genencare-actives/genencare-osms-ba>

Kangas, H., Lahtinen, P., Sneck, A., Saariaho, A., Laitinen, O. & Hellen, E. 2014. Characterization of fibrillated celluloses. A short review and evaluation of characteristics with a combination of methods. *Nordic pulp & paper research*, 29(1), pp. 129-143. Viitattu 6.4.2024. <https://www.degruyter.com/document/doi/10.3183/npprj-2014-29-01-p129-143/html>

Laurea-ammattikorkeakoulu. Kotimaiset bioraaka-aineet terveys- ja hyvinvointituotteissa (FarKos). Viitattu 3.4.2024. <https://www.laurea.fi/hankkeet/k/kotimaiset-bioraaka-aineet-terveys-ja-hyvinvointituotteissa-farkos/>

Lavoine, N., Desloges, I., Dufresne, A. & Bras, J. 2012. Microfibrillated cellulose - Its barrier properties and applications in cellulosic materials: A review. *Carbohydrate polymers*, 90(2), pp. 735-764. Viitattu 6.4.2024. <https://www.sciencedirect.com/elli.laurea.fi/science/article/pii/S014486171200447X?via%3Dihub>

Martins, A. M. & Marto, J. M. 2023. A sustainable life cycle for cosmetics: From design and development to post-use phase. *Sustainable chemistry and pharmacy*, 35, p. 101178. Viitattu 9.4.2024. <https://www.sciencedirect-com.nelli.laurea.fi/science/article/pii/S2352554123002127>

Meftahi, A., Samyn, P., Geravand, S. A., Khajavi, R., Alibkhshi, S., Bechelany, M. & Barhoum, A. 2022. Nanocelluloses as skin biocompatible materials for skincare, cosmetics, and healthcare: Formulations, regulations, and emerging applications. *Carbohydrate polymers*, 278, p. 118956. Viitattu 20.4.2024. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34973772/>

Minasolve. 2024. Sensofeel. Viitattu 13.4.2024. <https://minasolve.com/product/sensofeel/>

Mokhena, T. C. & John, M. J. 2020. Cellulose nanomaterials: New generation materials for solving global issues. *Cellulose (London)*, 27(3), pp. 1149-1194. Viitattu 19.4.2024. https://www.researchgate.net/publication/337698280_Cellulose_nanomaterials_new_generation_materials_for_solving_global_issues

Naturallythinking. Sodium Benzoate & Potassium Sorbate. Viitattu 3.5.2024. <https://naturallythinking.com/sodium-benzoate-potassium-sorbate>

Norrrahim, M. N. F., Nurazzi, N. M., Jenol, M. A., Farid, M. A. A., Janudin, N., Ujang, F. A., Yasim-Anuar, T. A. T., Najmuddine, S. U. F. S & Ilyas, R. A. 2021. Emerging development of nanocellulose as an antimicrobial material: An overview. *Materials advances*, 2(11), pp. 3538-3551. Viitattu 14.4.2024. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2021/ma/d1ma00116g>

Omran, A. A. B., Mohammed, A. A. B. A., Sapuan, S. M., Ilyas, R. A., Asyraf, M. R. M., Rahimian Koor, S. S. & Petru, M. 2021. Micro- and Nanocellulose in Polymer Composite Materials: A Review. *Polymers*, 13(2), p. 231. Viitattu 6.4.2024. <https://www.proquest.com/docview/2478189833?parentSessionId=oUOH9esNFhHZ2HUXIbLNQvTMwiJ-Beobs6nQY%2BpjRZMg%3D&accountid=12003&sourcetype=Scholarly%20Journals>

Rana, A. K., Gupta, V. K., Newbold, J., Roberts, D., Rees, R. M., Krishnamurthy, S. & Thakur, V. K. 2022. Sugar beet pulp: Resurgence and trailblazing journey towards a circular bioeconomy. *Fuel (Guildford)*, 312, p. 122953. Viitattu 5.4.2024. https://laurea.finna.fi/PrimoRecord/pci.cdi_elsevier_sciencedirect_doi_10_1016_j_fuel_2021_122953?sid=4513256397

Sappi. 2023. Valida - Cosmetics Brochure. Viitattu 13.4.2024. <https://cdn-s3.sappi.com/s3fs-public/Sappi-Valida-Cosmetics-Brochure-2023-02-02.pdf>

SpecialChem. 2024a. Betafib MFC. Viitattu 13.4.2024. <https://cosmetics.specialchem.com/product/i-cosun-biobased-products-betafib-mcf>

SpecialChem. 2024b. Glycerin. Viitattu 3.5.2024. <https://cosmetics.specialchem.com/inci-ingredients/glycerin>

SpecialChem. 2024c. Stearic Acid. Viitattu 3.5.2024. <https://cosmetics.specialchem.com/inci-ingredients/stearic-acid>

SpecialChem 2024d. Sodium Benzoate. Viitattu 27.5.2024. <https://cosmetics.specialchem.com/inci-ingredients/sodium-benzoate>

Stoudmann, N., Schmutz, M., Hirsch, C., Nowack, B. & Som, C. 2020. Human hazard potential of nanocellulose: Quantitative insights from the literature. *Nanotoxicology*, 14(9), pp. 1241-1257. Viitattu 29.4.2024.

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17435390.2020.1814440>

Tamburic, S., Peh, X. Y. & Baltazar, D. 2022. Can Natural Polymers Replace Synthetic Car-bomers? *Cosmetics & Toiletries*, July/August 2022, p. 42-53. Viitattu 29.4.2024. https://cosmeticsandtoiletries.texterity.com/cosmeticsandtoiletries/july_august_2022/MobilePagedRep-lica.action?pm=2&folio=42#pg79

Tomaszewska, J., Bieliski, D., Binczarski, M., Berłowska, J., Dziugan, P., Piotrowski, J., Stani-shevskye, A. & Wito ska, I. A. 2018. Products of sugar beet processing as raw materials for chemicals and biodegradable polymers. *RSC advances*, 8(6), pp. 3161-3177. Viitattu 28.4.2024. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9077669/>

Kuvat

Kuva 1: Sokerijuurikkaasta erotettu selluloosamikrofibrilli (Kargarzadeh ym. 2017, 10).	10
Kuva 2: Yleisimmät mekaaniset valmistustavat: (a) Homogenointi, (b) mikrofluidisointi, (c) jauhaminen (Mokhena & John 2020, 1168).....	11
Kuva 3: Voidepohjassa käytetty MFC.....	19
Kuva 4: Valmistetut voiteet (valmistusjärjestyksessä vasemmalta oikealle)	20

Taulukot

Taulukko 1: Käytetyt raaka-aineet sekä niiden funktiot ja suunnitellut prosentuaaliset määrät voiteissa.....	17
--	----

Liitteet

Liite 1: Voiteiden raaka-aineet toteutuneiden prosenttimäärien mukaan ja valmistuksen työvaiheet	29
Liite 2: Voiteiden valmistukseen käytetyt laitteet	30

Liite 1: Voiteiden raaka-aineet toteutuneiden prosenttimäärien mukaan ja valmistuksen työ- vaiheet

Kauppanimi	INCI	Voide 1 (MFC)	Voide 2 (CNF)	Voide 3 (CNF)	Funktio
A					
Ionivaihdedettu vesi	Aqua	74,5 %	70,4 %	67 %	Liutotin
Glyseriini (limepop)	Glycerin	2,8 %	2,8 %	2,6 %	Humektantti
MFC 7,4 wt-%		5,5 %			Viskositeetinsäätävä, stabilisaattori
CNF Phosphate 0,5 wt-%			10,2 %	10,3 %	Viskositeetinsäätävä, stabilisaattori
B					
OliveM 1000 (hallstar)	Cetearyl Olivat, Sorbitan Olivat	3,8 %	3,7 %	3,8 %	Emulgaattori
Manteliöljy	Prunus Amygdalus Dulcis Oil	2,1 %	1,9 %	1,9 %	Ihoa hoitava
Sheavoi (manske)	Butyrospermum Parkii Butter	1,9 %	1,8 %	1,8 %	Ihoa hoitava
Kookosöljy, fraktioitu (limepop)	Caprylic/Capric Triglyceride	7,7 %	7,4 %	7,5 %	Ihoa hoitava
Kalcol 6850 (kao chemicals)	Cetearyl Alcohol			2,8 %	Emulgaattori
Stearic acid triple (bang & bonsomer)	Stearic Acid			0,94 %	Emulgaattori
C					
E-vitamiini (limepop)	Tocopherol, Helianthus Annuus Seed Oil	0,47 %	0,46 %	0,47 %	Antioksidantti
Säilöntäaine (naturallythinking)	Sodium Benzoate, Potassium Sorbate	0,9 %	0,9 %	0,9 %	Säilöntäaine
Sitruunahappo	Citric Acid	0,38 %	0,37 %	0,19 %	pH:n säätävä
		100,00 %	100,00 %	100,00 %	

- A-osa (vesifaasi) ja B-osa (öljyfaasi) mitattiin raaka-aine kerrallaan omiin keitinlaseihinsa. Molemmat laitettiin lämpölevylle, ja A-osaa sekoitettiin samalla magneettisekoittajalla melko reippaalla nopeudella. Seoksia kuumennettiin, kunnes molempien lämpötila oli 75°C.
- Tämän jälkeen magneettisauva siirrettiin B-osan keitinlasiin ja seokset yhdistettiin kaatamalla A-osa B-osaan tasaisena nauhana. Samalla seosta sekoitettiin magneettisekoittajalla nostaa hiljalleen sekoitusnopeutta.
- Seuraavaksi seosta homogenisoitiin 3 minuutin ajan 5000 rpm nopeudella.
- Seos siirrettiin lapasekoittajalle, jossa seosta sekoitettiin 50 rpm nopeudella 30 minuuttia.
- Tämän jälkeen seos poistettiin lapasekoittajalta. Jäähdytykseen seokseen lisättiin säilöntäaine ja E-vitamiini ja se sekoitettiin metallispaattelilla tasaiseksi.
- Seoksen pH mitattiin pH-liuskoilla. Voiteeseen lisättiin tarvittava määrä sitruunahappoa tipoitain ja se sekoitettiin joukkoon metallispaattelilla. Sitruunahappoa lisättiin, kunnes pH oli 5.
- Valmiista voiteesta mitattiin viskosimetrillä viskositeetti. Viskosimetrissä käytettiin kaikissa voiteissa samaa spindelikokoa (koko 4) ja nopeutta 100 rpm. Mittauksen tulokset löytyvät alla olevasta taulukosta.

	Viskositeetti cP	Vääntömomentti %
Voide 1 (MFC)	1124	54
Voide 2 (CNF phosphate)	852	40
Voide 3 (CNF phosphate)	1460	71,5

Liite 2: Voiteiden valmistukseen käytetyt laitteet

Laite	Tietoja
Vaaka	VWR, LP-3102 Max 3100g. Tarkkuus d = 0,01g
Magneettisekoittaja ja lämpölevy	TEOPAL, Thermo scientific, Cimarec. Power 395W / Stir Range 60-1200 rpm / Max lämpötila 540° C
Homogenisaattori	IKA, T18 digital Ultra Turrax Speed range 3000-25000 rpm
Lapasekoittaja	Heidolph, RZR 2020 Stir range 40-2000 rpm
Lapasekoittaja	VELP Scientifica, LS Overhead Stirrer Power 120W / Stir range 50-2000 rpm
Viskosimetri	Brookfield, DV-I+ Viscometer Power 22W Käytetty spindelikoko 4