



# Mikrolevät

## - Sivuvirrasta kosmetiikan raaka-aineeksi

Nina Hemminki

2020 Laurea



Laurea-ammattikorkeakoulu

## Mikrolevät - Sivuvirrasta kosmetiikan raaka-aineeksi

Nina Hemminki  
Estenomi YAMK  
Kosmetiikka-asiantuntijuuden  
kehittäminen ja johtaminen  
Opinnäytetyö  
Kesäkuu 2020

Nina Hemminki

**Mikrolevät - Sivuvirrasta kosmetiikan raaka-aineeksi**

Vuosi

2020

Sivumäärä

81

Kosmetiikan raaka-aineiden alkuperä herättää kiinnostusta ja kestävän kehityksen mukaisella toiminnalla on tärkeä merkitys niin kosmetiikkateollisuuden toimijoille kuin kuluttajillekin. Kehittämistyön tavoitteena oli tutkia sivuvirtojen hyödyntämistä kosmetiikassa sekä tuotekehityksen kautta kehitellä monikäyttöinen kosmetiikkatuote ja testata sivuvirran kautta syntyvien raaka-aineiden toimivuutta osana kosmeettista valmistetta. Tarkoituksena oli lisätä tietoisuutta arvokkaista teollisuuden sivuvirran kautta syntyvistä luonnon raaka-aineista, joilla on kestävän kehityksen mukainen lisäarvo.

Kehittämistyön tulosten hyödyn saajina olivat erityisesti Laurea-ammattikorkeakoulun ”Luonnon raaka-aineet kosmetiikkateollisuudessa” selvityshankkeen kautta verkostoituneet tahot, joista toimeksiantajaksi nousi Helsingin yliopiston Levätehdas-projekti. Mikroleväprojektissa haluttiin testata mikrolevien soveltuvuutta kosmetiikan raaka-aineena. Kehittämistehtävänä tutkittiin toimeksiantajan raaka-ainenäytteitä, miten ne toimivat kosmeettisen valmisteen osana ja miten koehenkilöt kokivat mikrolevää sisältävät kosmeettiset valmisteet sekä mitkä ovat arvokkaita mikrolevien sisältöjä kosmetiikalle. Teoreettisen viitekehyksen rajauksessa keskeisimmiksi aiheiksi nousivat kestävä kehitys, sivuvirrat, raaka-aineiden kestävän kehityksen mukainen saatavuus, hyödylliset sisällöt kosmeettisessa raaka-aineessa (aktiiviaineessa) sekä mikrolevät kosmetiikassa.

Kehittämistyön lähestymistapa oli konstrukttiivinen ja sen toteuttamiseen käytettiin pääasiassa kvalitatiivisia tutkimusmenetelmiä sekä tuotekehitystä ja aistinvaraista arviointia. Tuotekehitysprosessin valmiina tuotoksina syntyi erilaisia ihovoiteita, jotka sisälsivät toimeksiantajan raaka-ainenäytteitä. Kehittämistyön tuloksena saatiin hyödynnettävää tietoa mikrolevien osuudesta kosmeettisena raaka-aineena sekä luotiin ideoita toimeksiantajan toimittamien raaka-ainenäytteiden eli mikrolevien käytöstä. Yhteenvetona kehittämistyön tutkimustuloksista voidaan todeta näiden testissä olleiden mikrolevien olevan arvokas lisä kosmetiikkaan joko kosmeettisen valmisteen osana tai syötävänä kosmetiikkana eli lisäravinteena. Kehittämisehdotuksena syntyi ideoita mikrolevien käyttömahdollisuuksista.

Nina Hemminki

**Microalgae - From the Side Stream to the Raw Material of Cosmetics**

Year 2020

Pages

81

---

The origin of cosmetic raw materials is attracting interest, and sustainable operations are important for both the cosmetics industry and consumers. The development work aimed to study the utilization of side streams in cosmetics and, through product development, to develop a cosmetic multi-purpose product and to test the functionality of the raw materials generated through the side stream as part of a cosmetic product. The purpose was to raise awareness of valuable natural raw materials generated through industrial side streams that have sustainable added value.

The beneficiaries of the results of the development work were, in particular, the parties networking through the research project “Natural raw materials in the cosmetics industry” of Laurea University of Applied Sciences, which was commissioned by the University of Helsinki’s Algae Factory project. The aim of the microalgae project was to test the suitability of microalgae as a raw material for cosmetics. As a development task, the client’s raw material samples were studied to find out how they function as part of the cosmetic product and how the test subjects perceived the cosmetic products containing microalgae and what are the valuable contents of the microalgae for cosmetics. In defining the theoretical frame of reference, the main topics were sustainable development, by-products, sustainable availability of raw materials, useful contents in cosmetic raw material (active ingredient) and microalgae in cosmetics.

The approach to development work was constructive and mainly done through qualitative research methods. In addition, product development and sensory evaluation were used to implement the thesis. The product development process resulted in the creation of various skin creams that contained samples of the client’s raw materials. As an outcome of the development work useful information on the contribution of microalgae as a cosmetic raw material was obtained and creation of ideas for the use of raw material samples, in other words microalgae, provided by the client. As a summary of the development work research results, it can be stated that the microalgae tested were a valuable addition to cosmetics, either as part of a cosmetic product or as an edible cosmetic, that is to say as a supplement. Ideas for the use of microalgae were born as a development proposal.

Keywords: sustainable development, side streams, cosmetics, bioactivity, microalgae

## Sisällys

1	Johdanto .....	6
2	Kestävä kehitys .....	8
2.1	Kiertotalous .....	9
2.2	Teollisuuden sivuvirrat .....	12
2.2.1	Bioaktiivisia yhdisteitä elintarviketeollisuuden sivuvirroista .....	14
2.2.2	Hyödynnettävät yhdisteet erilaisista sivuvirtatuotteista .....	16
2.2.3	Selvityshanke sivuvirroista (Lukos) .....	18
2.2.4	Sivuvirtojen esikäsittelymenetelmiä .....	19
3	Kosmetiikka .....	20
3.1	Tuotekehitystyö kosmetiikkatuotteen taustalla .....	23
4	Mikrolevät kosmeettisena raaka-aineena .....	26
4.1	Mikrolevien kemialliset yhdisteet .....	28
4.1.1	Rasvaliukoiset yhdisteet mikrolevissä .....	29
4.1.2	Vesiliukoiset yhdisteet mikrolevissä .....	30
4.2	Mikrolevien tehtävät kosmetiikassa .....	30
4.3	Helsingin yliopiston mikrolevätutkimukset .....	32
5	Kehittämisasetelma .....	34
5.1	Menetelmälliset ratkaisut .....	37
5.2	Kehittämistyön lähestymistapa .....	40
5.3	Käytettävät materiaalit kehittämistyössä .....	41
5.3.1	Toimeksiantajan raaka-ainenäytteet .....	41
5.3.2	Analyysit raaka-ainenäytteistä .....	42
6	Tutkimuksellisen kehittämistyön prosessikuvaus .....	43
6.1	Kehittämistyön toimeksiantaja .....	44
7	Tutkimustulokset .....	44
7.1	Tuotekehitystuotteet ja säilyvyyskokeet .....	46
7.2	Tuotekehitysprosessin valmiit tuotokset .....	53
7.3	Tuotetestaajat .....	56
7.4	Kehittämistyön tutkimustulosten yhteenveto ja kehitysideoita .....	58
8	Johtopäätökset .....	59
9	Pohdinta .....	65
	Lähteet .....	71
	Kuviot .....	80
	Kuvat .....	80
	Taulukot .....	81

## 1 Johdanto

Kuluttajien kiinnostus kestävän kehityksen mukaisesti tuotettuun kosmetiikkaan on lisääntynyt. Raaka-aineiden valinnalla, pakkaamisella sekä tuotantoprosesseilla on vaikutuksia ympäristötekijöihin (Fonseca-Santos, Corrêa & Chorilli 2015). Maailman luonnonvarojen ehtyminen herättää keskustelua siitä, mitkä raaka-aineet olisivat tulevaisuuden raaka-aineita kosmetiikassa. Teollisuuden sivutuotteiden, elintarvikkeiden ja maatalouden jätteiden kierrätys voisi olla yksi mahdollisuus tuottaa kosmetiikkateollisuudelle kestävän kehityksen mukaisesti tuotettuja raaka-aineita. (Grabenhofer 2019; Luonnon raaka-aineet kosmetiikkateollisuudessa.) Kestävän kehityksen mukaisilla toimintatavoilla on vaikutuksia myös kuluttajien valintoihin ja kuluttajien käyttäytymisen muutokset ovat johtaneet uusien toimintamallien luomiseen. Kuluttajien valinnoilla on vaikutus haastaa yrityksiä entistä enemmän tutkimaan toimintatapojaan. (Fonseca-Santos ym. 2015.)

Laurea-ammattikorkeakoulun selvityshanke ”Luonnon raaka-aineet kosmetiikkateollisuudessa” herätti kiinnostuksen aiheeseen, jonka ympärille rakentui tutkimuksellinen kehittämishanke. Selvityshanke Luonnon raaka-aineet kosmetiikkateollisuudessa nosti esiin eri teollisuuden alojen synnyttämää jätettä eli sivuvirtaa sekä miten niiden prosessointi tulisi parhaiten hyödyksi. Selvityshankkeen tavoitteena oli selvittää eri teollisuuden alojen sivuvirtana syntyvien jätteiden mahdollista uutta käyttötarkoitusta kosmetiikan raaka-aineina. (Luonnon raaka-aineet kosmetiikkateollisuudessa.) Kosmetiikkateollisuus voisi erottaa ja hyödyntää arvokkaita uutteita esimerkiksi hedelmien osista, jotka jäävät jätteenä eli sivuvirtana elintarviketeollisuudessa (Dell’Acqua 2017). Työskentely tutkimusavustajana selvityshankkeessa mahdollisti yhteistyön Helsingin yliopiston Levätehdas-projektissa, josta tuli tämän kehittämistyön toimeksiantaja.

Helsingin yliopiston Levätehdas-projektissa käytettiin mm. kalanjalostusteollisuudesta kasvatusaltaiden vettä mikrolevien kasvatusalustana. Sellaisenaan mikrolevät eivät ole sivuvirtaa, mutta mikrolevien kasvatuksessa Helsingin yliopistolla on hyödynnetty elintarviketeollisuudesta peräisin olevaa kalankasvatusaltaan vettä. Tulevaisuudessa mikrolevät voisivat tarjota entistä innovatiivisempia mahdollisuuksia kehittää tuotteita kosmetiikkamarkkinoille niiden sisältämien hyödyllisten yhdisteiden ansiosta (Tossavainen 2018; Apone, Barbulova & Colucci 2019). Levien kasvunopeus on valtava ja vievät pinta-alaltaan vähemmän tilaa, kuin jonkin muun raaka-aineen kasvattaminen (Kim ym. 2017). Eläviä soluja voidaan kasvatata bioreaktoreissa (Aittomäki ym. 2002, 15). Mikrolevien kasvattaminen Helsingin yliopiston fotobioreaktoreissa on hyvä esimerkki sivuvirtojen hyödyntämisestä ja jatkojalostamisesta teollisuuden raaka-aineeksi. Yhteistyön tavoitteena on tutkia mikrolevien hyödyntämistä kosmeettisena raaka-aineena. Mikrolevien käyttöä kosmetiikassa halutaan tutkia ja löytää ratkaisu, millaisessa kosmeettisessa valmisteessa mikrolevät toimisivat parhaiten, jotta paras hyöty näistä arvokkaista raaka-aineista saataisiin hyödynnettyä.

Lähtökohtana tälle kehittämistyölle on teollisesti syntyneen jätteen eli sivuvirtojen uudet käyttömahdollisuudet sekä raaka-aineiden ekologisuus, hyödyt ja turvallisuus, koska kosmetiikan kulutuksen lisääntymisen seurauksena kosmetiikkateollisuudella on lisääntynyt raaka-aineiden tarve. Raaka-aineiden saatavuus ja alkuperä puhuttavat. Näihin työelämän ongelmiin lähdetään hakemaan ratkaisua tässä kehittämistyössä. Tämän kehittämistyön tavoitteena on tutkia sivuvirran kautta saatujen uusien raaka-aineiden toimivuutta kosmeettisena raaka-aineena ja ohjata luonnonvarojen käyttöä kosmeettisen valmisteen osana hyödyntäen kiertotalouden mahdollistamia keinoja saada raaka-aineita. Kehittämistyön tarkoituksena on lisätä tietoisuutta arvokkaista raaka-aineista, joita voitaisiin tuottaa teollisuuden sivuvirroista.

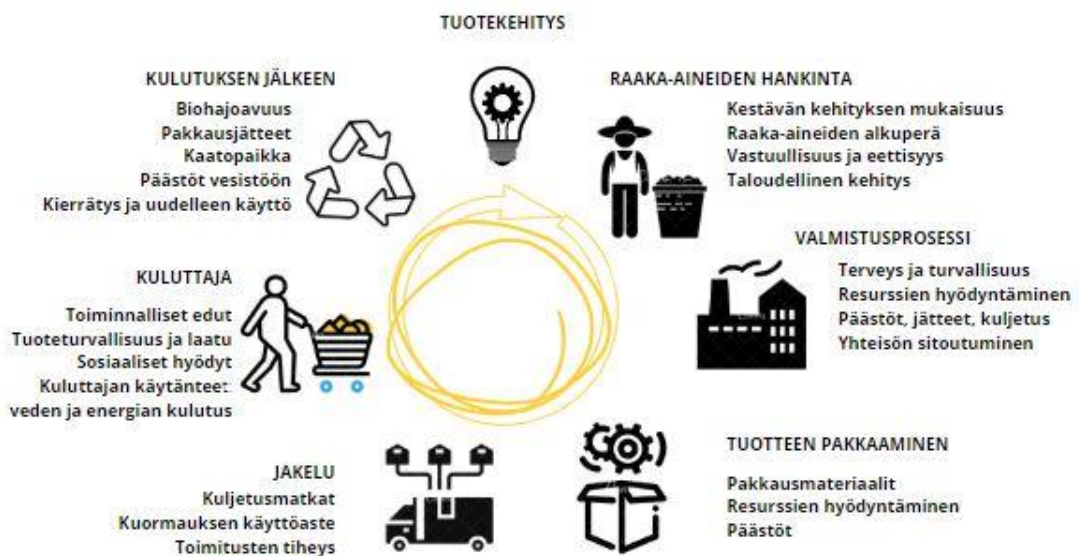
Tämän tutkimuksellisen kehittämistyön lähestymistapana käytetään konstruktivistista tutkimusta. Konstruktivistisen tutkimuksen tavoitteena on saavuttaa tutkimusongelmaan uudenlainen ratkaisu, joka olisi myös perusteltu teoreettisesti (Ojasalo, Moilanen & Ritalahti 2015, 65). Opinnäytetyön tutkimusongelman ratkaisemiseksi laadullisessa tutkimuksessa käytetään menetelmistä myös tuotekehitystä sekä aistinvaraista arviointia eli kosmetiikkalaboratoriossa aistinvaraisesti analysoidaan raaka-aineita sekä testituotteita ja aineistonkeruumenetelmänä käytetään dokumentointia. Mikrolevien testaus kosmetiikan raaka-aineisiin soveltuvaksi aloitettiin huhtikuussa 2019 Laurea-ammattikorkeakoulun kosmetiikkalaboratoriossa.

Teoreettisen viitekehyksen rajauksessa keskeisimmiksi aiheiksi tietoperustan synteessissä nousevat kestävä kehitys ja sivuvirrat sekä raaka-aineiden kestävä kehityksen mukainen saatavuus, hyödylliset sisällöt kosmeettisessa raaka-aineessa (aktiiviaineessa) sekä mikrolevät kosmeettisena raaka-aineena. Opinnäytetyö kokonaisuutena liittyy sivuvirtana tai sivuvirran kautta saatujen luonnonraaka-aineiden hyödyntämiseen kosmetiikassa.

## 2 Kestävä kehitys

Tiedotusvälineissä kestävästä kehityksestä käsittelevien artikkeleiden määrä on lisännyt kuluttajien tietoisuutta ympäristöasioihin. Ensisijainen kosmetiikan hankintapäätös on kuitenkin edelleen henkilökohtainen mieltymys, vaikka ympäristöllisistä sekä eettisistä näkökulmista on tullut yhä tärkeämpiä. (Bom, Jorge, Ribeiro & Marto 2019.) Kuluttajien huoli kestävästä kehityksestä on kasvanut ja tämän seurauksena yritysten tuotekehittelyssä tehdään enemmän kestävästä kehityksestä mukaisia ratkaisuja. (Gmelin & Seuring 2014; Bom ym. 2019; Stuart 2019). Toinen tekijä, joka vie kosmetiikkateollisuuden toimintaa enemmän kohti kestävämpää kehitystä on raaka-aineiden saatavuus kestävästä kehityksestä näkökulmasta (Bom ym. 2019). Raaka-aineiden alkuperä, ekologisuus, eettisyys sekä tuotantomenetelmät kiinnostavat sekä herättävät kuluttajissa kysymyksiä (Barbulova, Colucci & Apone 2015).

Kosmetiikkateollisuuden on omaksuttava kestävästä kehityksestä käytännöt osaksi liiketoimintaansa ja kestävästä kehityksestä hyväksi toimivat käytännöt eivät välttämättä edellytä edes suuria investointeja taloudellisesti. Kosmeettisen valmistuksen koko tuotantoketjun jokainen vaihe tulisi ottaa huomioon kestävästä kehityksestä hyväksi. Tuotteen elinkaaren jokainen vaihe on tärkeä kokonaisuuden kannalta, kun viedään tuotantoa kestävämpään kehityksen suuntaan, kuten tuotekehitys, raaka-aineiden hankinta, tuotteen valmistaminen, tuotepakkaus, jakelu, tuotteen käyttö loppukuluttajalla sekä kulutuksen jälkeinen vaihe (biohajoavuus, kierrätettävyys). Keskittymällä tuotteen elinkaaren jokaiseen vaiheeseen huomioidaan eri tekijät, jotka vaikuttavat kestävästä kehityksestä mukaiseen toimintaan (kuvio 1). (Bom ym. 2019.)

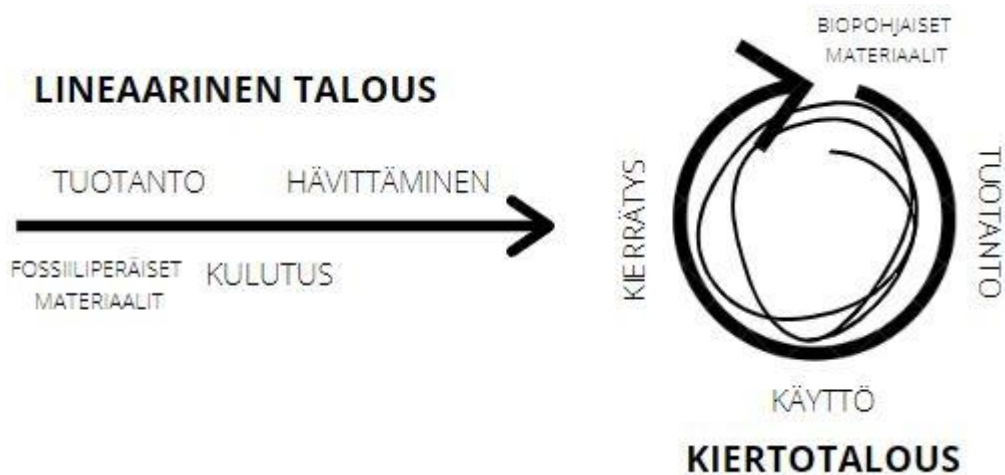


Kuvio 1: Kosmeettisen tuotteen elinkaari vrt. kestävä kehitys (mukaillen Bom ym. 2019)



## 2.1 Kiertotalous

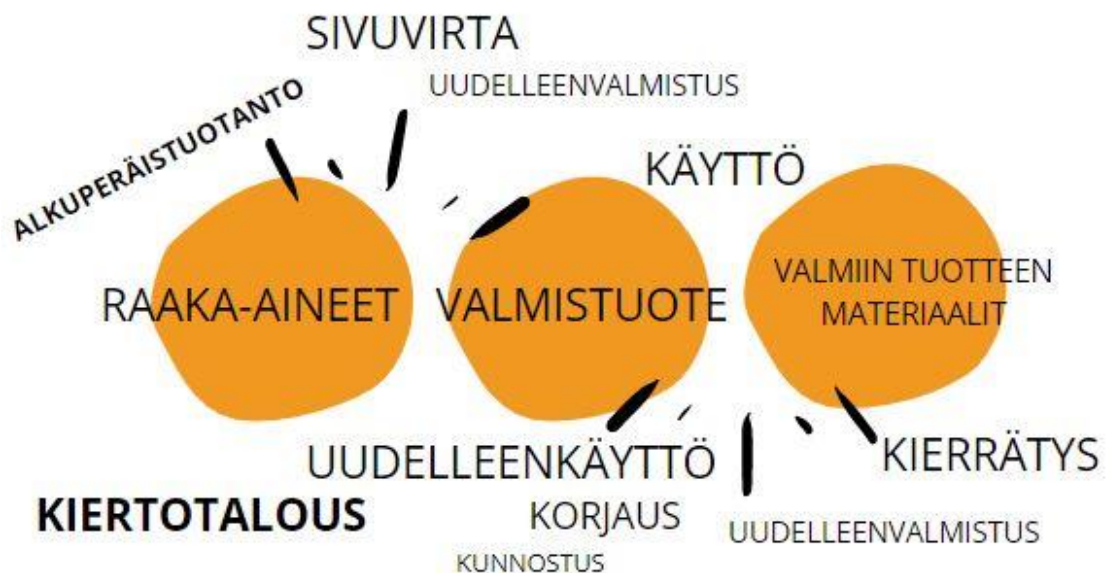
Kiertotalouden keskeisin tavoite on luonnonvarojen säästäminen sekä materiaalien hyödyntäminen kestävästi ja tehokkaasti, joka johtaa siihen, että lopulta materiaaleja ei tuhota, vaan hyödynnetään ne uusiutuotteisiin (Maa- ja metsätalousministeriö). Lineaarisen talouden malli on kiertotalouden vastakohta (kuvio 2). Linearisessa talousmallissa tuotteiden valmistamisen ja kuluttamisen jälkeen ne heitetään pois. Vastuu riskeistä ja jätteistä siirtyvät tuotteen ostajalle, joka päättää, mitä tuotteelle tapahtuu käytön jälkeen. Lineaarista taloutta ohjaavat muoti, tunteet ja tehokas edistyminen. Lineaarinen talousmalli vaatii suuria määriä raaka-aineita, jotka ovat helposti saatavilla sekä ovat edullisia. Kiertotalouden mukaisessa mallissa on toimintoja, jotka edesauttavat tuotteen elinkaaren pitenemistä. Raaka-aineiden, tuotteiden ja materiaalin uudelleenkäsittely luo työpaikkoja ja säästää luonnonvaroja vähentäen samalla kulutusta sekä jätteitä. (Stahel 2016; Euroopan Parlamentti.) Kaksi kestävä kehityksen suuntausta ovat kiertotalous sekä biotalous, joiden tavoitteena on muuttaa lineaarista, fossiilipohjaista taloutta jätteitä kierrättäväksi niin, että kiertotalous ja biotalous perustuisivat uusiutuvien biologisten raaka-aineiden käyttöön (D'Amato, Veijonaho & Toppinen 2020).



Kuvio 2: Lineaarinen talous vrt. kiertotalous (mukaillen D'Amato ym. 2020)

Kiertotalousmallin tavoitteena on, että materiaalihukkaa syntyisi mahdollisimman vähän. Raaka-aineet ja tuotteet käytetään uudelleen mahdollisimman pitkään siten, että niissä säilyy myös arvo mahdollisimman kauan sekä haittavaikutukset ympäristölle vähenevät. Kiertotalous-käsitteen keskeisenä ajatuksena on toimintamalli, jossa käytetään raaka-aineita ja materiaaleja mahdollisimman tuottavasti. (Seppälä ym. 2016,10-17; Stahel 2016; Korhonen, Honkasalo & Seppälä 2018).

Kiertotalouden periaatteiden mukaan jätettä ei synny ollenkaan, vaan teollisuuden tuotannot suunnitellaan niin, että kaikki materiaalivirrat pystytään hyödyntämään (Berg 2016, 3). Kiertotalouden näkemyksenä on, että ylijäämämateriaalit voivat toimia raaka-aineena muissa tuotannoissa. Kiertotaloustavoitteiden saavuttamiseksi tarvitaan toimivia järjestelmiä, jotka mahdollistavat tuotannon materiaalivirran uudelleenkäyttöä helpommin. (Daae, Chamberlin & Boks 2018.) Kiertotalouden ydin voidaan jakaa kolmeen toimintaan, jotka ovat valmiin tuotteen uudelleenkäyttö eli korjaus ja kunnostus, uudelleenkäyttö ainesosatasolla eli uudelleenvalmistus (esimerkiksi sivuvirrat) sekä materiaalin uudelleenkäyttö eli kierrätys (Zink & Geyer 2017) (Kuvio 3).



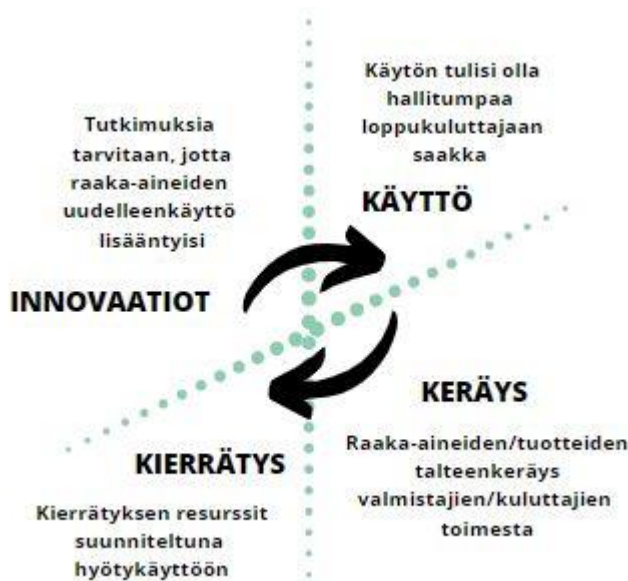
Kuvio 3: Kiertotalouden ydin (mukaiillen Zink, Geyer 2017)

Kiertotalouden keinoin voidaan hyödyntää luonnonvaroja tehokkaasti ja taloudellisesti sekä voidaan minimoida ympäristörasitukset jätteiden hyödyntämisen kautta. Kiertotalous mahdollistaa myös keinon luoda uutta innovatiivista liiketoimintaa. Kiertotalous on tällä hetkellä suosittu käsite, jonka avulla voidaan tuottaa myös uusia innovaatiotuotteita. (Korhonen ym. 2018.) Joulukuussa 2015 Euroopan komissio hyväksyi toimintasuunnitelman, joka vauhdittaisi Euroopan kiertotaloustoimia sekä edistäisi talouskasvua tuoden maailmanlaajuisia kilpailukykyä EU:n alueelle uusien liiketoimintamahdollisuuksien kautta ja loisi uusia työpaikkoja (Euroopan unionin virallinen verkkosivusto). Euroopan Unionin suunnitelma on, että kaikki muovi olisi kierrätettävää vuoteen 2030 mennessä ja lisäksi tuetaan alueellisia innovaatioita, jotka hyödyntävät kiertotaloutta. Euroopan Unionin alueella esimerkiksi Slovenian pääkaupungissa Ljubljanassa on onnistuttu vähentämään kaatopaikalle vietyä jätteen määrää 59 prosentilla ja siellä syntyy 41 prosenttia vähemmän jätettä asukasta kohden kuin on Euroopan alueen

keskiarvo. (Geng, Sarkis & Bleischwitz 2019.) Tutkimusten mukaan seitsemässä Euroopan maassa todettiin siirtymisen kiertotalouteen tuovan merkittäviä muutoksia niin ekonomisiin kuin ympäristöllisiin ongelmiin (Stahel 2016).

Kiertotalouden merkitys on kasvanut, koska maailman väestönkasvu on lisännyt raaka-aineiden kysyntää, vaikka raaka-ainevarannot ovat samanaikaisesti rajallisia. Energiankulutus lisääntyy sekä hiilidioksidipäästöt kasvavat liiallisella varantojen käyttönotolla. Näitä haitallisia vaikutuksia ympäristöön voisi vähentää materiaalien innovatiivisella uudelleen käytöllä. Raaka-aineen tuottajina osa EU:n jäsenmaista ei ole omavaraisia, mutta paremmalla olemassa olevien resurssien hyödyntämisellä voisi olla mahdollisuus saavuttaa omavaraisuutta enemmän. (Euroopan parlamentti.)

Teollisen toiminnan kustannusten vuoksi on taloudellisesti ja liiketoiminnallisesti järkevää käyttää tuotettua arvoa niin pitkään kuin mahdollista. Kiertotalous laajentaa tavanomaisen jätteen ja sivutuotteiden hyödyntämistä. Kiertotalouden hyödyntämisen kautta vähennetään ympäristökuormitusta, parannetaan raaka-aineiden saatavuutta, lisätään kilpailukykyä sekä luodaan uusia työpaikkoja. (Euroopan parlamentti.) Ympäristöllistä hyötyä saavutetaan, kun kiertotalouden kautta vähennetään alkuperäisten luonnonmateriaalien käyttöä ja jätteen määrä vähenee. Liiketoiminnallista hyötyä saavutetaan, kun esimerkiksi kiertotalous mahdollistaa pienemmät jätehuollon kustannukset. Yritysten välillä voidaan luoda verkostoja, kun löydetään yhteistyöverkosto, minkä avulla toinen yritys voi hyödyntää käyttämättä jääneitä jätteitä eli sivuvirtoja. Myös samoja resursseja hyödyntävät eri yritykset voisivat tukea toistensa toimintaa verkostoitumalla. (Korhonen ym. 2018; Geng ym. 2019.) Kiertotalous haastaa yrityksiä miettimään uusia malleja liiketoimintaansa, jonka avulla voidaan nostaa myös yrityksen ekologista arvoa. (Lüdeke-Freund, Gold & Bocken 2019.) Tutkimusten ja innovaatiotoimintojen tarve kasvaa, jotta kiertotalousmallista (kuvio 4) tulisi normaali käytäntö kaikilla teknologisilla, kaupallisilla ja sosiaalisilla tasoilla (Stahel 2016).



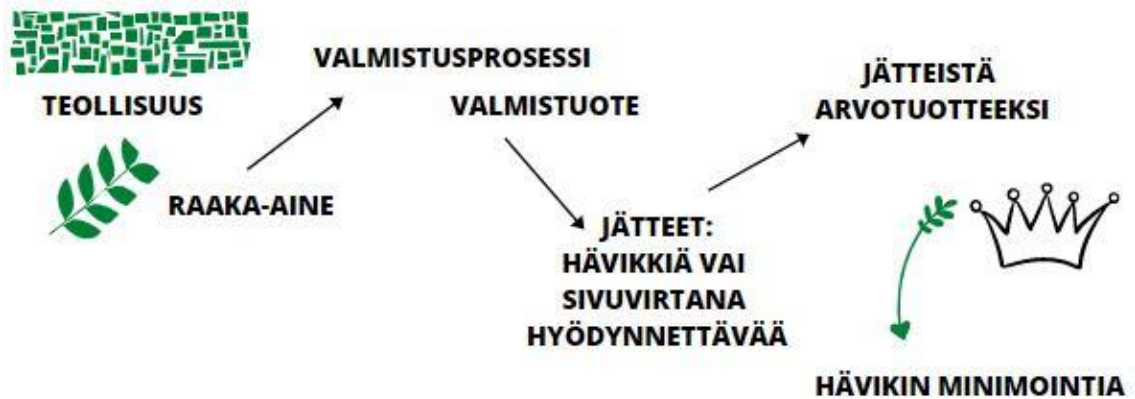
Kuvio 4: Kiertotalousmalli (mukaiillen Stahel 2016)

Maailman luonnonvarantojen kysynnän odotetaan kaksinkertaistuvan vuoteen 2050 mennessä ellei tehdä uudentyypisiä suunnitelmia tuotteiden valmistamisen suhteen. Luonnonvarojen esteetön käyttö johtaa varantojen loppumiseen sekä luonnon monimuotoisuuden vahingoittumiseen. Kiertotalouden toiminta pyörii usealla eri tasolla, joita ovat tuotteen suunnittelu, tuotanto, kuljetus ja käyttö. Lähtökohtaisesti tuotteet olisi suunniteltava kierrätettäväksi ja uudelleenkäytettäväksi sekä koko toimintaketjun tuotannossa olisi hyvä perustua ekologisuuteen. Kestävän kehityksen mukaiset materiaalit ja raaka-aineet ovat avainasemassa, erityisesti biomateriaalit. Esimerkiksi biomateriaaleista saatavaa biomassaa voidaan käyttää tuotteiden tai pakkausten kemiallisena raaka-aineena sekä polttoaineena. (Geng ym. 2019.)

## 2.2 Teollisuuden sivuvirrat

Eri teollisuuden alojen tuotantoprosesseissa syntyy sivuvirtoja, joiden osalta tarvetta tutkimukselle on laajasti. Elintarviketeollisuusliiton (ETL) selvityksen mukaan todettiin yritysten valmistavan laadukkaista raaka-aineista elintarvikkeita, joiden valmistamisen yhteydessä syntyy myös ravinnepitoista jätettä, jota voisi hyödyntää toisissa prosesseissa. Näistä valmistamisen yhteydessä syntyvistä ravinnepitoisista jätteistä voidaan käyttää nimitystä sivutuote tai sivuvirta. Yritysten sisällä hyvin usein kuitenkin näistä käytetään nimitystä jäte. (Berg 2016, 3-9.) Teollisuudelle suuri haaste on ympäristöystävällinen sivutuotteiden hallinta, johon mahdollinen ratkaisu olisi bioaktiivisten yhdisteiden uuttaminen ja uudelleenkäyttö kiertotalouden puitteissa (Coman ym. 2020).

Sivuvirtojen hyödyntämisen seurauksena niiden sisältämät proteiinit, lipidit, hiilihydraatit, mineraalit sekä hivenaineet ja vitamiinit voitaisiin säilyttää mahdollisimman pitkään arvokaina (kuvio 5) (Berg 2016, 3-9; Coman ym. 2020). Teollisuuden sivuvirtojen arvo nousee niitä hyödynnettäessä, mikä tekee tästä ympäristöä suojelevasta toiminnasta taloudellisestikin houkuttelevaa (Akyol, Riciputi, Capanoglu, Caboni & Verardo, 2016).



Kuvio 5: Sivuvirtojen hyödyntäminen

Elintarviketeollisuus ja ruoanvalmistus tuottavat suuria määriä jätettä eli sivuvirtaa, jota voitaisiin hyödyntää. Näiden jätteiden hävittäminen aiheuttaa ympäristöongelmia, mutta niistä voidaan myös saada arvokkaita ja hyödyllisiä yhdisteitä. (Hamed, Özogul & Regenstein, 2016; Fiore, Cigic & Verardo 2019; Coman ym. 2020.) Jätteen syntyminen prosessoinnin aikana on väistämätöntä ja jätteen loppusijoitus on iso ongelma niin yritykselle kuin yhteiskunnalle. Yritykselle aiheutuu kustannuksia jätteen jatkokäsittelystä ja niillä on myös pilaantuessaan ympäristövaikutuksia. Teollisuuden sivutuotteet ovat yhteiskunnallinen haaste taloudellisesta ja ekologisesta näkökulmasta. Ratkaisu näihin ongelmiin olisi sivuvirtojen hyödyntäminen yhä enemmän muuhun käyttöön. (Hamed ym. 2016; Faria-Silva ym. 2020.)

Erilaisien esikäsittelymenetelmien avulla sivutuotteista voidaan saada eristettyä proteiinien, lipidien, vitamiinien ja väriaineiden lisäksi fenolisia yhdisteitä mm. polyfenoleja ja flavonoideja, joilla on mm. antioksidanttisia vaikutuksia (Hamed ym. 2016; Akyol ym. 2016; Fiore ym. 2019; Coman ym. 2020). Antioksidantit ovat molekyyliä, jotka kykenevät hapettamaan itsensä muiden molekyylien sijasta (Costa, Santos 2017). Antioksidantit voivat vähentää vapaiden radikaalien aiheuttamia vaurioita. Ne myös voivat auttaa vähentämään tulehduksia sekä tarjoavat suojaa valovaurioilta. Antioksidanttivaikutuksia on havaittu mm. retinolilla, askorbiinihapolla (C-vitamiini), niasiinilla (B3-vitamiini), alfatokoferolilla (E-Vitamiini) ja karotenoideilla. (Michalak & Kiełtyka-Dadasiewicz 2018.) Karotenoidit ovat luonnollisia väriai-

neita, joita esiintyy kasveissa. Karotenoideja on useita satoja erilaisia ja ne voivat olla punaisia, oransseja tai keltaisia väriltään. Karotenoidit suojaavat kasvia auringon ultraviolettiäilyltä. (Mourelle, Gómez & Legido 2017; Koyande ym. 2019; Sathasivam, Radhakrishnan, Hashem & Abd\_Allah 2019.) Yhdisteitä, joilla on antioksidanttisia vaikutuksia, lisätään esimerkiksi aurinkosuojatuotteisiin ehkäisemään valon vahingollisia vaikutuksia iholla. (Ramos-e-Silva, M., Ribeiro Celem & Ramos-e-Silva S. 2013; Mourelle ym. 2017.)

Fenoliset yhdisteet ovat bioaktiivisia yhdisteitä, joita esiintyy kasvikunnan tuotteissa. Fenoliin yhdisteisiin kuuluvat mm. flavonoidit, joilla on vaikutusta hedelmien ja vihannesten väriin, makuun, koostumukseen sekä säilyvyyteen. Fenoliset yhdisteet voivat estää iholla vapaiden radikaalien aiheuttamia haitallisia hapetusreaktioita sekä kosmeettisessa valmisteessa ne voivat lisätä tuotteen säilyvyyttä estämällä lipidejä hapettumasta. (Hamed ym. 2016; Akyol ym. 2016; Fiore ym. 2019; Coman ym. 2020.) Kosmetiikkateollisuus etsii jatkuvasti vaihtoehtoisia raaka-ainemahdollisuuksia ja elintarvike- sekä kasviperäiset sivuvirrat ovat osoittautuneet potentiaalisiksi lähteiksi saada aktiivisia aineosia kosmetiikkaan erityisesti niiden antioksidanttisten, antimikrobisten sekä anti-aging eli ikääntymisen vaikutuksia hidastavan vaikutusten vuoksi. Teollisuuden sivutuotteiden tehokas ja taloudellinen uudelleenkäyttö tuottavat korkean lisäarvon omaavia raaka-aineita, jotka edustavat terveys- ja hyvinvointituotteita. (Faria-Silva ym. 2020.)

### 2.2.1 Bioaktiivisia yhdisteitä elintarviketeollisuuden sivuvirroista

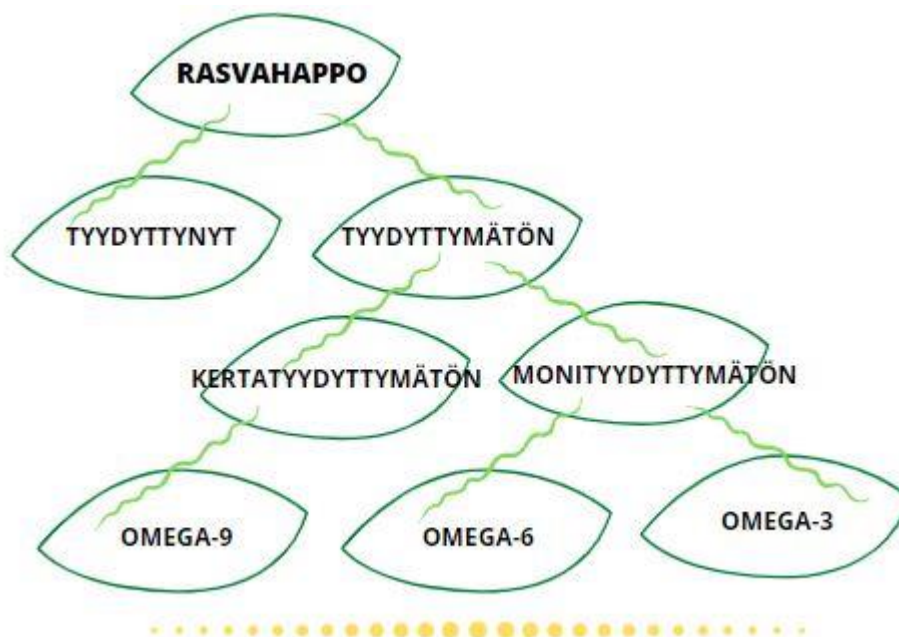
Erilaiset maailmanlaajuisesti tuotetut kasvikset ja hedelmät ovat välttämättömiä ihmisen ravinnolle sekä ovat merkittävä lähde päivittäisten vitamiinien ja kuitujen tarpeesta. Puolet kaikista tuotetuista kasviksista ja hedelmistä päätyvät jätteeksi ja aiheuttavat mm. ympäristöongelmia. Suurin osa tästä jätteestä syntyy teollisuuden prosessien seurauksena eli sivuvirtana. Sivuvirran jälkikäsittelyllä saataisiin uutettua bioaktiivisia yhdisteitä kuten makroravinteita (proteiinit ja hiilihydraatit) sekä fytokeemikaaleja. Fytokeemikaaleihin luokitellaan mm. fenoliset yhdisteet ja karotenoidit. (Coman ym. 2020). Esimerkiksi mehunvalmistuksessa marjoista ja sitrushedelmistä syntyy huomattavia määriä puristekakkuja, jotka sisältävät runsaasti hyödyllisiä yhdisteitä. Marjojen ja sitrushedelmien siementen öljyt koostuvat terveyttä edistävästä rasvahapoista. (Sitra & VTT; VTT; Barbulova ym. 2015) Tässä luvussa tarkastellaan, mitä bioaktiivisia yhdisteitä voidaan saada erilaisin käsittelymenetelmin uutettua elintarviketeollisuuden sivuvirroista.

Monet erilaiset kasvit ovat tärkeä lipidien lähde. Kemialliselta termiltä kasviöljyt ovat triglyseridien yhdistelmää tyydyttyneitä tai tyydyttymättömiä rasvahappoja. Monet kasviperäiset öljyt ovat nestemäisiä kasvirasvoja, jotka säilyttävät nestemäisen olomuotonsa huoneenlämmössä. Näitä rasva-aineita eli lipidejä uutetaan yleisimmin erilaisten kasvien eri osista, kuten siemenistä, hedelmistä, lehdistä tai kasvien taimista. (Zielinska & Nowak 2014; Lim, Singhal,

(Kachroo & Kachroo 2017; Michalak & Kiettyka-Dadasiewicz 2018.) Rasvahappojen luokittelu tyydyttyneisiin ja tyydyttymättömiin on tärkeää ajatellen ihmisen ravintoa.

Ravitsemuksellisesti tyydyttyneiden rasvahappojen osuudella ravinnossa on vaikutusta ei-toivotusti kolesteroliin, kun puolestaan tyydyttymättömien rasvahappojen osuutta ruokavaliossa lisäämällä voidaan vaikuttaa suotuisasti hyvään kolesteroliin. (Kostik, Memeti & Bauer 2013.) Kasvipärisillä öljyillä on merkittävä rooli ihon hoitamisessa kosmeettisten valmisteiden osana. Kasvipärisistä öljyistä saatavia bioaktiivisia yhdisteitä kuten alfatokoferolit, karotenoidit ja flavonoidit hyödynnetään kosmetiikassa. Niillä on todettu olevan positiivisia vaikutuksia niin iholle kuin kosmeettiselle valmisteelle. Kasviöljyt pehmittävät ihoa sekä sisältävät myös iholle suojaa antavia ominaisuuksia. (Zielinska, Nowak 2014; Michalak & Kiettyka-Dadasiewicz 2018.)

Kasviöljyistä saatavia rasvahappoja käytetään runsaasti kosmeettisissa valmisteissa. Monet kasvipärisistä rasvahapoista ovat välttämättömiä rasvahappoja, jotka toimivat biologisina aktiivaineina. Huomattavan merkityksen kosmetiikan kannalta osoittavat omega-3- sekä omega-6-rasvahapot, joista alfa-linoleenihappo (ALA, 18:3 n-3), linolihappo (LA, 18:2 n-6) ja gamma-linoleenihappo (GLA, 18:3 n-6) ovat luokiteltu välttämättömiksi rasvahapoiksi (EFA). Nämä rasvahapot luokitellaan tyydyttymättömien rasvahappojen ryhmään (kuvio 6). (Zielinska & Nowak 2014; Michalak & Kiettyka-Dadasiewicz 2018; Cholewski, Tomczykowa & Tomczyk 2018.)



Kuvio 6: Rasvahappotyypit (mukaan Zielinska & Nowak 2014; Michalak & Kiettyka-Dadasiewicz, 2018)

Tyydyttymättömät rasvahapot ovat tärkeitä kosmetiikassa. Ihon oman suojakerroksen lipideistä pääosa on välttämättömiä tyydyttymättömiä rasvahappoja. Tämä lipidiaines poistuu iholta erilaisten toimenpiteiden seurauksena mm. pesujen myötä. Kasviperäiset rasvahapot vahvistavat ihon suojakerrosta ja vaikuttavat sarveiskerroksen rakenteeseen (ihon uloimman kerroksen eli orvaskeden ylin kerros marraskesi eli sarveiskerros). Rasvahapot pehmittävät ihoa sekä estävät kosteuden haihtumista iholta ja vähentävät UV-säteiden negatiivisia vaikutuksia iholla. Mikäli iholta puuttuu rasvahappoja, iho oireilee kuivumalla, hilseilemällä, mahdollisesti tulehtumalla sekä reagoimalla ärsykkeisiin voimakkaammin. (Zielinska & Nowak 2014; Michalak & Kiettyka-Dadasiewicz 2018.)

### 2.2.2 Hyödynnettävät yhdisteet erilaisista sivuvirtatuotteista

Tomaatteja käytetään maailmanlaajuisesti hyvin runsaasti tuoreina vihanneksina tai prosessoituina elintarvikkeina. Tomaatin teollinen jalostus tuottaa suuria määriä jätettä kuorista, siemenistä ja puristemassasta, joista saadaan hyödynnettyä yhdisteitä, joilla on antioksidanttisia vaikutuksia erityisesti lykopeenia, jota on 85 % karotenoidien kokonaismäärästä. Lykopenilla on kova kysyntä elintarvike-, lääke- ja kosmetiikkateollisuudessa. Tomaatin kuorissa on jopa viisi kertaa enemmän lykopeenia kuin sen sisäosassa. (Barbulova ym. 2015; Coman ym. 2020.) Tutkimuksissa on havaittu, että lämpökäsittelyn on osoitettu nostavan lisää lykopenipitoisuutta. Tomaatin siementen ja kuorten kemiallinen koostumus on merkittävästi erilainen. Tomaatin kuorissa on runsaasti karotenoideja, kuten lykopeenia ja beetakaroteenia sekä ravintokuitua ja fenoliyhdisteitä, kun puolestaan siemenet sisältävät pääasiassa proteiineja ja lipidejä, joista tyydyttymättömien rasvahappojen osuus on 80 % lipidien kokonaismäärästä. (Coman ym. 2020.)

Peruna sisältää erilaisia bioaktiivisia yhdisteitä kuten aminohappoja, mineraaleja, vitamiineja sekä fenolisia yhdisteitä. Näitä bioaktiivisia yhdisteitä on eniten perunan kuoriosassa, joka useissa teollisissa prosesseissa poistetaan jätteeksi. Riisin, vehnän ja maissin jälkeen perunaa tuotetaan neljänneksi eniten maailmassa. Perunan kokonaisfenolipitoisuus on korkeampi kuin muilla laajalevikkisillä vihanneksilla, kuten porkkanoilla, sipuleilla ja tomaateilla. Fenolisten yhdisteiden määrään kasveissa vaikuttavat kasvuolosuhteet, kuten ilmasto ja maaperä. Fenolisilla yhdisteillä on suojaava vaikutus kasvin altistuessa erilaisiin rasituksiin, kuten esimerkiksi UV-säteily. Fenolisten yhdisteiden pitoisuudet perunoissa voivat vaihdella suuresti perunan lajikkeesta riippuen. Esimerkiksi flavonoideja on kaksinkertainen määrä punaisissa tai violeteissa perunalajikkeissa verrattuna muihin perunoihin. (Akyol ym. 2016.)

Punajuuren käyttö on yleistynyt viimeisten vuosien aikana ja se on seurausta laajemmasta punajuureen kohdistuneesta tutkimustyöstä. Punajuurella on havaittu olevan paljon hyödyllisiä terveysvaikutteita. Punajuuren sivutuotteista hyödyllisimpiä ovat kuoret, kuten monella



muullakin kasviksella. Kuorissa on paljon luonnollista väriainetta, jota voivat hyödyntää esimerkiksi elintarvike- ja kosmetiikkateollisuus. Punajuuren sivutuotteista hyödyllisiä ovat myös varret ja lehdet, joista voidaan uutaa myös fenolisia yhdisteitä. Lisäksi mm. kasviksista porkkanan, sipulin, valkosipulin ja kukkakaalin teollisen jalostamisen yhteydessä syntyvistä sivuvirroista voisi hyödyntää lukemattoman määrän hyödyllisiä bioaktiivisia yhdisteitä. (Coman ym. 2020.)

Omena on yksi yleisimmin käytetyistä hedelmistä maailmanlaajuisesti. Omenassa on paljon terveyttä edistäviä yhdisteitä, kuten fenolisia yhdisteitä, vitamiineja sekä aminohappoja. Omenan kokonaistuotannosta yli kaksi kolmasosaa myydään tuoreena hedelmänä ja teollinen jalostus tuottaa pääasiassa mehua, hilloja ja siidereitä, joiden tuotannosta syntyvää käsittelyjätettä on jopa 30 % alkuperäisestä hedelmästä. Tämä puristettu käsittelyjäte koostuu pääasiassa omenan kuorista ja siemenistä. Kuorissa on eniten flavonoideja ja siemenissä muita fenolisia yhdisteitä. Erilaisista sitruhedelmistä puristetaan paljon mehua, jonka jäännöstuotteena oleva puristekakku koostuu lähinnä kuorista ja siemenistä. Sitruhedelmien sivuvirtatuotteissa on jäljellä vielä paljon bioaktiivisia yhdisteitä, kuten fenolisia yhdisteitä, välttämättömiä rasvahappoja ja vitamiineja. Eniten flavonoideja on sitruhedelmien siemenissä. Lisäksi myös muista hedelmistä mm. luumu, persikka, aprikoosi, mango ja banaani saisi sivuvirtana uutettua fenolisia yhdisteitä, kuten karotenoideja ja lisäksi erilaisia vitamiineja. Banaanista esimerkiksi tulee sivuvirtana runsaasti mm. kuorta, joka on noin 35 % banaanin kokonaispainosta. Kuoressa on havaittu olevan paljon fenolisia yhdisteitä, kuten flavonoideja ja karotenoideja sekä lisäksi luteiinia, vitamiineista B-, C- ja E-vitamiineja sekä paljon ravintokuitua. (Coman ym. 2020.)

Kasvisten ja hedelmien lisäksi elintarviketeollisuuden sivuvirtana saataisiin bioaktiivisia yhdisteitä myös monista muista tuotannoista kuten viljatuotteista ja eläinkunnan tuotteista. Lisäksi merenelävien jalostusteollisuus tuottaa myös suuria määriä poisheitettävää jätettä esimerkiksi äyriäisten kuten katkarapujen, rapujen, hummerien jäänteet ja simpukan kuoret. Näistä saadaan eristettyä myös proteiineja, väriaineita ja lipidejä sekä kuorijätteet ovat erinomainen kitiinin lähde. Kitiini on polysakkaridi (polysakkaridi on monimutkainen hiilihydraatti, polymeeri) ja kitiinistä kemiallisesti prosessoimalla kitosaania. Kitiiniä ja kitosaania hyödynnetään esimerkiksi lääke- ja kosmetiikkateollisuudessa. Kitosaani on lääketeollisuudessa raaka-aine, jolla saattaa olla bakteerien kasvua estävä vaikutus ja kitiniillä saattaa olla antioksidanttisia vaikutuksia. Kosmetiikkateollisuudessa kitiini toimii mm. hankaavana aineena ja kitosaani kalvonmuodostajana. Kitiini on maailman toiseksi yleisin polysakkaridi selluloosan jälkeen. (Hamed ym. 2016.)

Helsingin yliopiston tutkimuksissa on osoitettu myös, että raaka-aineita voidaan tuottaa sivuvirran kautta kasvattamalla mikroleviä kiertovesikalankasvattamon RAS-laitoksen jätevedessä. Mikroleviä kasvatettiin viljelmänä kiertovesikalankasvattamon RAS-laitoksen jätevedessä.

Kierrätysteknologiasta, joka on käytössä kuivan maan kalanviljelyssä, käytetään yhteisnimeä RAS. Menetelmän avulla on onnistuneesti kasvatettu mikroleviä. (Tossavainen 2018; Luke Luonnonvarakeskus.)

### 2.2.3 Selvityshanke sivuvirroista (Lukos)

Laurea-ammattikorkeakoulun Luonnon raaka-aineet kosmetiikkateollisuudessa selvityshankkeessa lähdettiin selvittämään sivuvirtoja ja niiden hyödyntämistä kosmetiikkateollisuuden tarpeisiin (Luonnon raaka-aineet kosmetiikkateollisuudessa; Aitoluonto). Tuotteiden valmistuksen yhteydessä eri teollisuuden aloilla syntyy sivuvirtoja eli toisin sanoen jätettä, jota voisi kosmetiikkateollisuus hyödyntää. Kestävän kehityksen mukaisesti ”toisen jäte voisi olla toisen aarre” -periaatteella tehtiin selvitystyötä kosmetiikka-alan toimijoiden, valmistajien, tuotekehityksen ja kosmetiikkakemistien kautta löytöisikö kiinnostusta hyödyntää sivuvirtoja. Syntyvät sivuvirrat tuovat teollisuudelle lisäkustannuksia, sillä jätteen käsittely maksaa. Lukos-selvityshankkeessa tavoitteena oli saattaa eri teollisuusalojen toimijoita yhteen, jotta syntyviä sivuvirtoja voitaisiin ohjata hyötykäyttöön. Sivuvirtojen jalostamista olisi mahdollista kehittää tunnistettaessa ensin kosmetiikkateollisuuden tarpeet ja miten syntyviä sivuvirtoja voisi jatkojalostaa sekä prosessoida kosmetiikan raaka-aineeksi. Kosmetiikkateollisuuden hyödyntäessä sivuvirtoja tämä palvelisi myös kestävän kehityksen mukaista toimintaa tukien samalla myös kiertotalousajattelua. (Luonnon raaka-aineet kosmetiikkateollisuudessa.)

Lukos-selvityshankkeessa ilmeni kosmetiikka-alan toimijoilla olevan kiinnostusta kestävän kehityksen mukaiseen toimintaan, kiertotalouteen sekä ekologisuuteen raaka-aineiden suhteen. Lukos-selvityshankkeen toimialaselvityksessä kartoitettiin tarkemmin sivuvirtojen kysyntää koko Suomen osalta sekä keskityttiin selvittämään, kuinka paljon Uudenmaan alueen teollisuusyrityksissä syntyy sivuvirtoja sekä selvitettiin lisäksi sitä, miten niitä voisi hyödyntää kosmetiikan raaka-aineina. (Luonnon raaka-aineet kosmetiikkateollisuudessa.)

Lukos-selvityshankkeessa todettiin suomalaisten kosmetiikka-alan toimijoiden sekä kosmetiikanvalmistajien olevan lähtökohtaisesti kiinnostuneita hyödyntämään näitä teollisuuden jätteistä syntyviä raaka-aineita. Luonnonvarojen loppuun kuluttaminen hyödyntämättä elintarviketeollisuuden sivuvirtoja ei ole tulevaisuusajattelun mukaista. Lukos-selvityshankkeessa pyrittiin yhdistämään eri alojen tuottajia ja ohjaamaan pois esimerkiksi marjojen käyttöä kosmetiikassa pelkkänä marjana. Ekologisempaa ja eettisempää olisi hyödyntää marjojen käyttöä kosmetiikassa elintarviketeollisuuden sivuvirroista. Tutkimuksessa todettiin kuitenkin sivuvirtojen löytämisen ja hyödyntämisen haasteellisena. (Luonnon raaka-aineet kosmetiikkateollisuudessa.)

Sivuvirtojen hyödyntäminen kosmetiikkateollisuudessa olisi keino tukea kiertotaloutta ja kestävää kehitystä. Kosmetiikkateollisuudessa olisi kiinnostusta luonnonraaka-aineita kohtaan ja

osa näistä luonnosta peräisin olevista raaka-aineista voitaisiin saada teollisuuden sivuvirroista jalostamalla. (Luonnon raaka-aineet kosmetiikkateollisuudessa.) Elintarviketeollisuuden jätteet ovat osoittautuneet jossain tapauksissa olevan jopa arvokkaampia kuin itse valmistuote. Sivuvirtojen käsittelystä aiheutuu kuitenkin kustannuksia liittyen uuttamiseen, kuivaamiseen, varastointiin ja kuljetuksiin. (Luonnon raaka-aineet kosmetiikkateollisuudessa; Barbulova ym. 2015.)

#### 2.2.4 Sivuvirtojen esikäsittelymenetelmiä

On olemassa laaja valikoima erilaisia uuttotekniikoita, joita on käytössä erilaisten sivuvirroista saatavien yhdisteiden uuttamiseen. Sopivan uuttomenetelmän kriteereitä ovat kustannustehokkuus, ympäristöystävällisyys sekä hyvä saanto. Uusimpien uuttomenetelmien etuna verrattuna perinteisiin menetelmiin on niiden nopeus, ympäristöystävällisyys ja korkeampi saanto sekä kustannustehokkuus, johtuen lyhentyneestä uuttoajasta, vähentyneestä ajan- ja energiankulutuksesta sekä vähentyneestä liuottimien käytöstä. (Ameer, Shahbaz & Kwon 2017.) Uuttotekniikan valintaan vaikuttavat seikat ovat, mitä bioaktiivista yhdistettä ollaan eristämässä ja minkä tyyppinen uutettava raaka-aine on. Ympäristötekijät vaikuttavat myös uutettavaan bioaktiiviseen yhdisteeseen. Perinteisiä uuttotekniikoita ovat esimerkiksi neste-nesteuutto (LLE = liquid-liquid extraction) sekä kiinteä-nesteuutto (SLE = solid-liquid extraction). Nämä tekniikat ovat olleet käytössä rutiininomaisesti, mutta ovat aikaa vievämpiä ja uuttosaanto saattaa olla alhainen. Erityisesti nykyään luontoystävällisemmät uuttotekniikat ovat enemmän käytettyjä, kuten ylikriittinen uutto (SFE = Supercritical Fluid Extraction), paineistettu nesteuutto (PLE = Pressurized Liquid Extraction), ultraääniavusteinen uutto (UAE = ultrasound-assisted extraction), mikroaaltoavusteinen uutto (MAE = microwaveassisted extraction) ja paineistettu kuumavesiuutto (PHWE = pressurized hot water extraction). Näitä pidetään nykyään edistyneinä uuttomenetelminä, johtuen näiden eduista verrattuna perinteisempiin menetelmiin. (Herrero, Mendiola, Plaza & Ibañez 2013, 835-838; Akyol ym. 2016; Chew ym. 2017; Ameer ym. 2017.)

Ylikriittinen uutto (SFE) toimii lämpötiloissa ja paineissa, jotka ovat yli kriittisen pisteen. Ylikriittisen uuton etuna on vähentynyt liuottimien käyttö. Tämä uuttotekniikka perustuu kaasuun, joka on paineistettu. Hiilidioksidi on ylikriittisessä uutossa eniten käytetyin kaasu, koska se on edullista ja sen kriittiset olosuhteet ovat saavutettavissa helposti. Lisäksi tämä menetelmä on ympäristöystävällinen. (Herrero ym. 2013, 836-838; Chew ym. 2017; Ameer ym. 2017.) Tutkimuksissa on todettu, että ylikriittisellä hiilioksiduutolla (SFE) saadaan hyvä saanto lipideistä, kuten esimerkiksi marjojen siemenöljyn erottamisessa (Sitra & VTT 2007). Paineistettu nesteuutto (PLE) toimii kaikenlaisten liuottimien kanssa. Tämä uuttomenetelmä perustuu liuottimien käyttöön korkeissa lämpötiloissa ja paineissa. Tällä uuttomenetelmällä saavutetaan nopeimmat uuttoprosessit. Liuotin pidetään nestemäisessä olomuodossa uuton

ajan. Lisäksi tämän uuttomenetelmän etuna on sen toiminta käyttämällä pienempiä liuotinmääriä sekä se on enemmän automatisoitua. (Herrero ym. 2013, 836-838; Chew ym. 2017; Ameer ym. 2017.) Ultraääniavusteinen uutto (UAE) lisää tehoa näytteen ja liuottimen välillä sekä liuottimien määrää käytössä voidaan vähentää. Tämän menetelmän avulla saavutetaan korkeampi saanto lyhyemmällä uuttoaajalla. Mikroaaltoavusteisessa uutossa (MAE) raaka-aine lämpenee mikroaaltouunin energialla erilaiset liuottimet apunaan. Kun raaka-aineeseen kohdistuu mikroaaltosäteilyä, se lämpenee. MAE-uuton tehokkuuteen vaikuttavat mikroaaltouunin säteilyn teho, lämpötila sekä liuottimen valinta. Paineistettu kuumavesiuutto (PHWE) on menetelmä, jossa raaka-aineesta erottuu yhdisteitä kiehumispisteessä tai ylipaineessa, joka aiheutuu, kun kuumennetaan neste lähes kriittiseen pisteeseen. Lämpötilalla on merkitystä halutun yhdisteen erottamisessa. Tämän menetelmän rajoitteena on joidenkin yhdisteiden heikompi liukeneminen veteen. Vesi on kuitenkin ekologinen ja turvallinen vaihtoehto perinteisille orgaanisille liuottimille. Näillä kaikilla edellä mainituilla nykyaikaisilla uuttomenetelmillä on myönteinen vaikutus ilmastonmuutokseen ja niiden avulla saavutetaan kestävämmiin tuotettuihin yhdisteisiin. (Ameer ym. 2017.)

VTT on kehittänyt marjojen siementen hiontamenetelmän, jolla saadaan bioaktiiviset yhdisteet talteen. Menetelmää kutsutaan hydrotermaaliseksi menetelmäksi. Menetelmässä ei ole käytössä liuottimia ja hiontamenetelmän jälkeen puristetaan jäljelle jääneistä siemistä siemenöljyä. (VTT 2017.)

### 3 Kosmetiikka

Kosmetiikan määritelmä tulee Euroopan parlamentin ja neuvoston kosmetiikka-asetuksesta (1223/2009). Kosmetiikka-asetuksen mukaisesti ”kosmeettisella valmisteella” tarkoitetaan ainetta tai seosta, joka on tarkoitettu olemaan kosketuksissa ihmiskehon ulkoisten osien kanssa mukaan lukien poikkeuksena hampaiden ja suuontelon limakalvojen kanssa kosketuksissa olevat aineet tai seokset. (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus... (EY) N:o 1223/2009.)

Kosmetiikka-asetuksen (1223/2009) artikla 4 mukaan on varmistuttava kunkin markkinoille saatetun kosmeettisen valmisteiden osalta, että kyseessä oleva valmiste on kosmetiikka-asetuksessa säädettyjen asiaankuuluvien vaatimusten mukainen (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus... (EY) N:o 1223/2009).

Kosmetiikkamarkkinoilla nousee esille uusia raaka-aineita, joille tulee tehdä turvallisuusselvitys ennen niiden hyväksymistä kosmeettiseksi raaka-aineeksi. Euroopan komission ylläpitämästä CosIng-tietokannasta löytyvät jo hyväksytyt raaka-aineet. Raaka-aineille saatetaan asettaa enimmäispitoisuusrajat tai rajoituksia, missä kosmeettisissa valmisteissa niitä saa

käyttää. Hyväksymisen jälkeen raaka-aineelle määritellään INCI-nimi (International Nomenclature Cosmetics Ingredient). (Tukes.) Kosmetiikkalainsäädäntö edellyttää kosmeettisen valmisteiden turvallisuusarvion eli CPSR:n (Cosmetis Product Safety Report). Turvallisuuden arvioinnin ja turvallisuusselvityksen kosmeettiselle valmisteelle tai raaka-aineelle voi suorittaa henkilö, jolla on tutkintotodistus tai muu muodollisen kelpoisuuden osoittava asiakirja farmasian, toksikologian tai lääketieteen alalta tai näitä vastaavilta tieteenaloilta. (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus... (EY) N:o 1223/2009.)

Kosmeettisissa valmisteissa käytetyt raaka-aineet voivat aiheuttaa ympäristöön liittyviä huolia ja tämä on otettu myös huomioon kosmetiikka-asetuksessa kemikaalien rekisteröinnissä, arvioinneissa ja rajoituksissa (REACH). Kosmeettiset raaka-aineet luokitellaan kemikaaleiksi. Kemikaalien rekisteröinnistä, arvioinnista, lupamenettelyistä ja rajoituksista (REACH) säädetty Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1907/2006, jota sovelletaan kosmetiikka-asetuksessa. (EY:n kemikaaliasetus REACH 1907/2006.) ”REACH tarkoittaa kemikaalien rekisteröintiä, arviointia, lupamenettelyjä ja rajoituksia (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals).” Yrityksen valmistaessa kemiallista ainetta on tiedot siitä rekisteröitävä REACH-tietokantaan, mikäli sitä valmistetaan vähintään tonnin vuodessa. (Euroopan unionin virallinen verkkosivusto 2019.)

Päivittäin ihmisillä on käytössä paljon erilaisia kosmeettisia valmisteita, kuten shampoo, hammastahna, deodorantti, suihkugeeli, ihonhoitotuotteet, meikit ja lukematon määrä muita erilaisia tuotteita (Vecino, Cruz Freire, Moldes & Rodrigues 2017). Suurin osa kosmetiikkaemulsioiden koostumuksesta ovat öljy-vedessä emulsioita (O/W), vesi-öljyssä emulsioita (W/O) tai tupla emulsioita (öljy-vesi-öljy tai vesi-öljy-vesi). Dermatologisesta näkökulmasta W/O emulsio olisi parempi valinta, koska ihon oma lipidikalvo suosii öljyliukoisia aktiivisia aineosia. Tavanomaisesti vartalovoiteet ovat O/W emulsioita, koska niissä voi olla korkeampi vesipitoisuus kuin kasvovoiteissa. O/W emulsiot ovat arvostetumpia kuluttajien keskuudessa, kun ne ovat vähemmän rasvaisia koostumukseltaan. (Costa & Santos 2017.) Kosmetiikkateollisuuden toimintaan liittyy myös ympäristöllisiä vaikutuksia, joihin pyritään vaikuttamaan etsimällä vaihtoehtoisia keinoja valmistaa tuotteita vähentäen jätteitä sekä päästöjä. Kuluttajien kiinnostus luonnosta peräisin olevia raaka-aineita kohtaan on kasvanut ja suuntaus on kasvattaa tietoisuutta raaka-aineen alkuperästä sekä biohajoavuudesta kuin myös raaka-aineiden aktiivisten vaikutusten merkityksestä tuotteessa. (Vecino ym. 2017.)

Vuonna 1984 kansallisessa tieteellisessä kemistiyhdistyksen kokouksessa otettiin käyttöön termi ”cosmeceutical” eli kosmeettiset lääkeaineet, joilla viitataan paikallisesti iholle käytettäviin tuotteisiin, jotka eivät olisi luokiteltavissa lääkkeiksi, mutta eivät kosmetiikkakaan. Kosmeettisilla lääkeaineilla viitataan tuotteisiin, joilla pystyisi vaikuttamaan ihoon tehokammin. Kosmeettisilla lääkeaineilla tarkoitetaan kosmetiikkaa, jolla sanotaan olevan lääke-

ominaisuuksia, erityisesti ihon ikääntymisen merkkejä vähentäviä vaikutuksia. Kosmetiikka-markkinoita on muokannut kuluttajien lisääntynyt halu säilyttää ihon pehmeys ja joustavuus ikääntyessä. Kosmeettinen lääkeaine -termi on edelleen kiistanalainen erityisesti Euroopassa. Yhdysvalloissa ja Euroopassa kosmeettisia lääkeaineita markkinoidaan kuitenkin kosmetiikkana. Kosmeettiset lääkeaineet ovat määritelty kosmeettisiksi valmisteiksi, joissa on biologisesti aktiivisia aineosia ja ne voivat olla lääketieteellisiä sekä niiden vaikuttavat aineosat voivat sisältää lääkkeenomaisia vaikutuksia. (Mourelle ym. 2017; Joshi, Kumari & Upasani 2018; Ramos-e-Silva ym. 2013.)

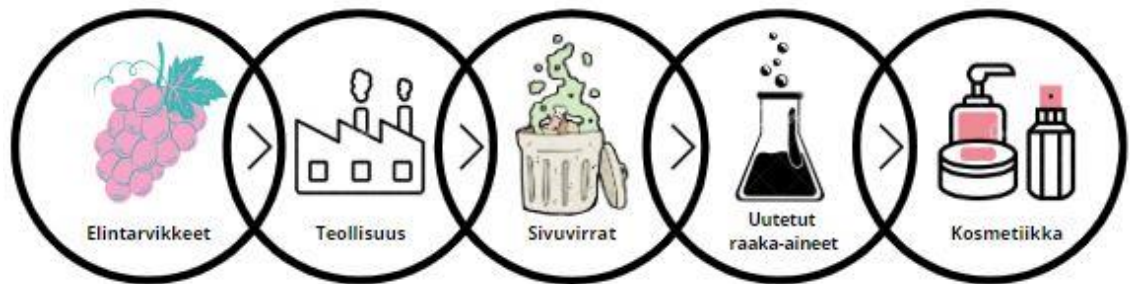
Tutkimusten mukaan ensimmäisenä keinona ehkäistä ihon vanhenemista on ihon suojaaminen auringonvalolta. Toisena keinona tiettyjen aktiivaineiden käyttö ehkäisisi ihon ennenaikaista vanhenemista, joista yhtenä vahvana tekijänä mm. antioksidanttisia vaikutuksia sisältävät aineet. Aktiivaineiden avulla voidaan yrittää ennaltaehkäistä tai jopa vähentää ikääntymisen merkkejä. Kolmantena keinona jo muodostuneiden syvempien ikääntymisen merkkien hoitamiseen kemiallisia kuorintamenetelmiä korkeammalla happopitoisuudella, laserien käyttöä ja injektioäyhteaineita. (Ramos-e-Silva ym. 2013.)

Monet kosmetiikkasarjat ovat laajentaneet valikoimaansa ns. syötävään kosmetiikkaan eli lisäravinteisiin, joilla sanotaan olevan vaikutuksia ihoon tai hiuksiin. Raaka-aineina käytetään aineita, jotka ovat osoittaneet niistä olevan lääkinnällistä apua tai terveysvaikutteita, mukaan lukien ennaltaehkäisyä ja hoitamista. Näissä syötäväksi kosmetiikaksi luokiteltavissa aineissa antioksidanttiset raaka-aineet ovat tärkeimpiä ainesosia. (Ramos-e-Silva ym. 2013.) Raaka-aineista esimerkiksi mikrolevien bioaktiivisia yhdisteitä voitaisiin sisällyttää kosmeettiin sekä kosmeettisten lääkeaineiden valmistusresepteihin ja niiden avulla voitaisiin saavuttaa etuja ihon rakenteen ja sen toiminnan ylläpitämiseen (Mourelle ym. 2017).

Ekologisesti tuotettujen kosmeettisten raaka-aineiden tarpeeseen yksi ratkaisu voisi olla myös meristä saatavat raaka-aineet. Meret voisivat tarjota merkittävän kasvualustan raaka-aineille, joista olisi hyötyä monilla eri teollisuuden aloilla. (Rampelotto & Trincone 2018, 12.) Maapallon pinta-alasta on yli 70 % meren peitossa ja meret voisivat tarjota monia ainutlaatuisia bioaktiivisia yhdisteitä teollisuuden käyttöön. Kosmetiikan käyttö on tutkimusten mukaan lisääntynyt, joka johtaa tarpeeseen tuottaa enemmän raaka-aineita myös kosmetiikkateollisuuden käyttöön. Ratkaisuna kuluttajien huoleen ekologisemmista valinnoista, levien vahvempi käyttö osana kosmeettista valmistetta voisi olla yksi keino. (Wang, Chen, Huynh & Chang 2015.) Leviä voidaan kasvattaa myös viljelysäiliöissä, jolloin voidaan varmistaa nopea tuottavuus, raaka-aineen tasalaatuisuus sekä vakaus leväbiomassan tuotannossa (Kumar Gupta, Malik & Bux 2017, 118). Levien kasvu on nopeaa ja vievät pinta-alaltaan vähemmän tilaa, kuin jonkin muun raaka-aineen kasvattaminen (Kim ym. 2017). Ne tuottavat biomassaa jopa tuhat kertaa nopeammin kuin maanpäälliset viljelykasvit. Tohtorikoulutettava Marjukka Lammisen

Helsingin yliopistosta mukaan Hollannissa tehtyjen kokeiden perusteella mikrolevien kasvattaminen vapauttaisi peltotilaa muuhun kasvatuskäyttöön. (Pulkinen 2016.)

Kun teollisuuden jätteitä hyödynnetään uuttoprosessien avulla kosmetiikan raaka-aineiksi, toteutuu kiertotalouden ja kestävän kehityksen periaatteet sekä samalla saavutetaan taloudellisen kehityksen mukaista talouskasvua (kuvio 7). Elintarvikkeista johdetut raaka-aineet mielletään turvalliseksi ainesosaksi kosmetiikassa. (Faria-Silva ym. 2020.)

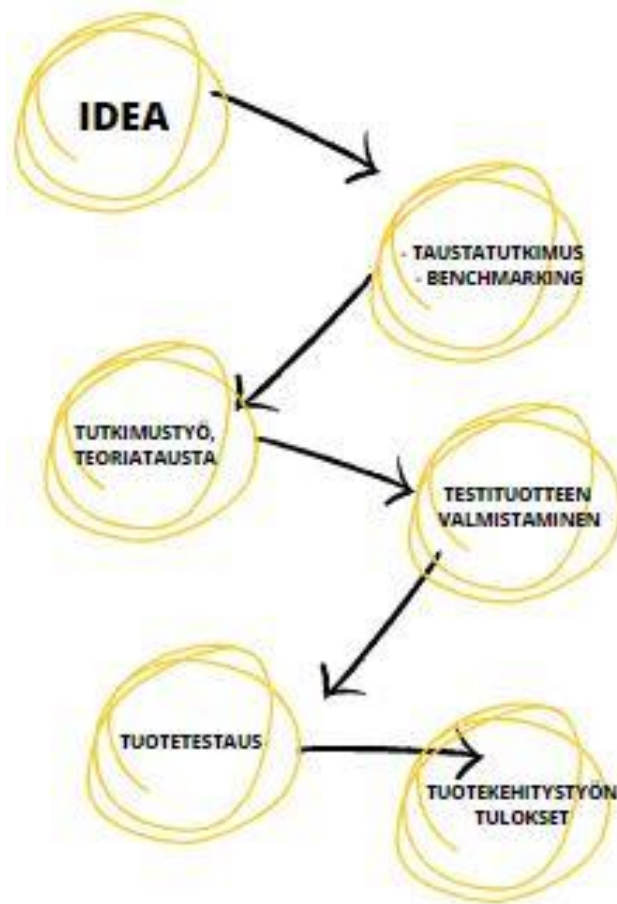


Kuvio 7: Elintarviketeollisuuden sivutuotteesta kosmetiikan osaksi (mukailten Faria-Silva ym. 2020)

### 3.1 Tuotekehitystyö kosmetiikkatuotteen taustalla

Ekologisten haasteiden lisääntymisen seurauksena teollisuudelle on tullut tarve seurata kuluttajien toiminnan vaikutuksia osana tuotekehitystä sekä lisäksi tarve keskittyä ympäristöystävällisiin toimintatapoihin. Tuotekehitysvaiheessa tulisi huomioida esimerkiksi energiankulutus, jätteiden minimointi sekä luonnonvarojen kestävä käyttö. Tuotekehityksen tavoitteena on parantaa ympäristövaikutuksia tuotteen koko elinkaaren jokaisessa vaiheessa. (Katsikeas, Leonidou & Zeriti 2016.)

Tuotekehityksellä tavoitellaan toimintaa, jonka tarkoituksena on uuden tuotteen kehittäminen tai parannellaan jo olemassa olevaa tuotetta. Tuotekehitys pitää sisällään monivaiheisen prosessin (kuvio 8). Prosessin lähtökohtana on tuoteidean etsiminen sekä markkinoiden ja kehityssuuntien seuranta. Itse tuotekehityshankkeen alulle laittamiseen tarvitaan tietojen selvittämistä kehiteltävästä tuotteesta, varsinaisen tuotteen hahmottelua ja tarkan yksityiskohdallisen suunnittelun sekä käyttöohjeiden laatimisen lisäksi myös tuotantomenetelmien kehittämistyön. (Jokinen 2010, 9; Schueller & Romanowski 2003, 201.)



Kuvio 8: Tuotekehitystyö prosessina

Kuluttajien tarpeiden syvä ymmärtäminen on onnistunut osa tuotekehitystä (Hoyer, Chandy, Dorotic, Krafft & Singh 2010). Kehityssuuntausten ja markkinointimahdollisuuksien seuranta on tärkeä osa tuotekehittelyä ja tämän seurauksena tuotekehityssykli tulisi olla mahdollisimman lyhyt siitä, kun tuote ideoidaan siihen, kun se on myytävänä (Gmelin & Seuring 2014).

Tuotekehitysprosessi alkaa alkuidean tuottamisella, jossa on jokin oletus kuluttajien tarpeesta. Idean ja markkinoiden alkuarvioinnissa voidaan käyttää kyselyanalyysijä tai tutkimaan markkinoilta vastaavien tuotteiden kysyntää. Alkuideoinnin jälkeen tarkastellaan mahdollisuuksia tuotteen tekniseen toteutukseen. (Marquis & Deeb 2018.) Yrityksen sopivuuden arviointi määrittelee, millaisia resursseja liiketoiminnan eri osa-alueilta yrityksen tulee hallita tuotekehitysprosessissa (Cooper 2019). Tuotteen kustannusarvio eli kokonaiskulujen arviointi tuotekehityksestä, tuotteen valmistamisesta, markkinoinnista, lanseerauksesta ja lopulta jakelusta määrittävät käytettävät resurssit. Kustannusarviointi varhaisessa tuotekehityksen vaiheessa ohjaa raaka-ainevalintoihin. (Marquis & Deeb 2018.) Mitä pidempi tiedonhaku vaihe tuotekehityksessä, sitä pidempi tuotekehitysaika, mutta tutkimukset kuitenkin osoittavat,



että huolellinen taustatyö tiedonhakuvaiheessa maksaa itsensä takaisin parantamalla onnistumisastetta. Markkina-analyysillä on tärkeä rooli osana tuotekehitystä, kun aloitetaan määrittelemään tuotteen vaatimuksia ja yksilöllisyyttä. Markkinatutkimusta olisi käytettävä jo suunnittelun lähtökohtana ottaen huomioon tutkijain tarpeiden ja kiinnostuksen kohteista. Tärkeää olisi analysoida on kyseiselle tuotteelle jo markkina-alue ja löytyykö markkinoilta jo vastaavatyypisiä tuotteita sekä onko tuotteelle osoittaa uutuusarvo. Tuotekehityksen elinkaari ratkaisee ennättääkö tuote markkinoille ajoissa huomioiden monien kehitysuuntien lyhyet elinkaaret. (Cooper 2019.)

Projektin riskien analysointi ja riskienhallinta ohjaavat päätöksentekoon tuotekehityksessä sekä vähentävät epävarmuutta ja lisäävät onnistumisprosenttia. Riskienhallinnassa huomioidaan aikataulu- ja taloudelliset riskit, perehdytään tekijänoikeuksiin sekä rajoituksiin patenteista ja lisensseistä, kartoitetaan riskit raaka-aineiden ja materiaalien saatavuudesta sekä saatavuuden jatkuvuudesta, logistiikkaan liittyvät riskit, sosiaaliseen vastuuseen ja huomioidaan myös ympäristöön liittyvät riskit. Skenaarioiden luominen vahvistaa tuotekehityksessä tulevaisuusajattelua. Riskienhallinnassa täytyy selvittää lisäksi lainsäädännölliset vaatimukset. (Porananond & Thawesaengkulthai 2014.)

Huolelliseen suunnitteluun tuotekehitysvaiheessa liittyvät myös raaka-aine- ja reseptitestaukset sekä niihin liittyvät asiantuntija-arviot. Kosmeettisen tuotteen arviointiin vaikuttavat tuotteen toimivuuden lisäksi myös esteettiset näkökulmat. Vastaako tuotteen ulkonäkö, koostumus ja tuoksu kuluttajien toiveita sekä onko tuotteen pakkaus houkutteleva. Tiedonhakuvaiheessa kaikki oleellinen tieto raaka-aineen toimivuudesta ja turvallisuudesta tulee selvittää. Raaka-aine- ja reseptitietojen pohjalta valmistetaan ensimmäiset prototyypit. Prototyyppejä valmistetaan niin monta, että varmistetaan tyytyväisyys ja tasalaatuisuus tuotteeseen. (Schueller & Romanowski 2003, 202.) Tuotekehityksen aikana tärkeää on testata tuotekonsepti ja prototyypit tuotteen loppukuluttajilla nostaten esiin kuluttajan mieltymykset sekä osto-aiomukset. Tuotekonseptin ja prototyypin testauksella tuotekehittäjä pystyy analysoimaan kaikki olettamukset tuotesuunnittelussa. (Schueller & Romanowski 2003, 202; Cooper 2019.) Kuluttajatestaukset tuotekehitysvaiheessa prototyypeillä ohjaavat muokkaamaan tuotteen reseptiä, mikäli tarpeen ja lopulta muokataan resepti valmiiksi tuotetestauksen pohjalta (Schueller & Romanowski 2003, 202).

Aistivaraiset tutkimukset ovat osa tuotekehitystä. Aistivaraisessa arvioinnissa arvioidaan tuotetta näkö, haju- ja tuntoaistin avulla. Aistivaraisella arvioinnilla voidaan arvioida tuotteen säilyvyyttä hajuaistin avulla, väriä ja rakennetta näköaistin avulla sekä koostumusta tuntoaistin avulla. (Tuorila & Appelbye 2016, 17-20.) Erotustestien avulla voidaan selvittää poikkeavatko testinäytteet aistivaraisilta ominaisuuksiltaan toisistaan. Erotustesteistä tavanomaisimpia ovat pari- sekä kolmitestit. Testeissä vertaillaan tuotteita keskenään ja arvioija ha-

vainnoi onko näyteparit keskenään samanlaisia vai toisistaan poikkeavia. Kolmitestissä arvioidaan yhtä aikaa kolmea eri testinäytettä ja niistä kaksi on samalaisia ja yksi erilainen. Arvioinnilla pyritään tunnistamaan samanlaiset aistivarasesti. Monivertailutestissä arvioija arvioi yhtäaikaaisesti vertailunäytteitä kahdesta viiteen. Arvioija arvioi testinäytteiden samanlaisuutta tai erilaisuutta. (Tuorila & Appelbye 2016, 73-87.)

Säilyvyyskokeiden avulla pystytään arvioimaan kosmeettisen tuotteen säilyvyyttä. Kosmeettiset tuotteet, joissa mukana vettä ovat herkimpiä pilaantumaan. Säilyvyyskokeita tehdään valmistusvaiheessa raaka-aineille sekä valmistusprosessin jälkeen valmiille tuotteelle. Testauksen avulla voidaan selvittää antimikrobiset vaikutukset sekä tuotteen rakenteen säilyminen. Säilyvyyskokeita voidaan tehdä huoneenlämmössä tai lämpökaapissa korkeammassa lämpötiloissa. (Halla ym. 2018.) Tuotekehitysvaiheessa tulee myös suunnitella valmiin tuotteen pakkausmateriaalit, pakkausmerkinnät ja lanseeraus. Pakkausmerkintöjä sekä markkinointiväittämiä säädetään kosmetiikkalainsäädännöllä. Kosmeettiselta valmisteelta vaadittavat tiedot on esitetty EU:n kosmetiikka-asetuksen artiklassa 19. (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus... (EY) N:o 1223/2009.) Kosmetiikan markkinoinnissa markkinointiväittämiin tulee olla totuudenmukaisia ja väittämiin ei saa yhdistää harhaanjohtavia ominaisuuksia tai vaikutuksia, joita ei ole oikeasti pystytty todistamaan (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus... (EU) N:o 655/2013).

#### 4 Mikrolevät kosmeettisena raaka-aineena

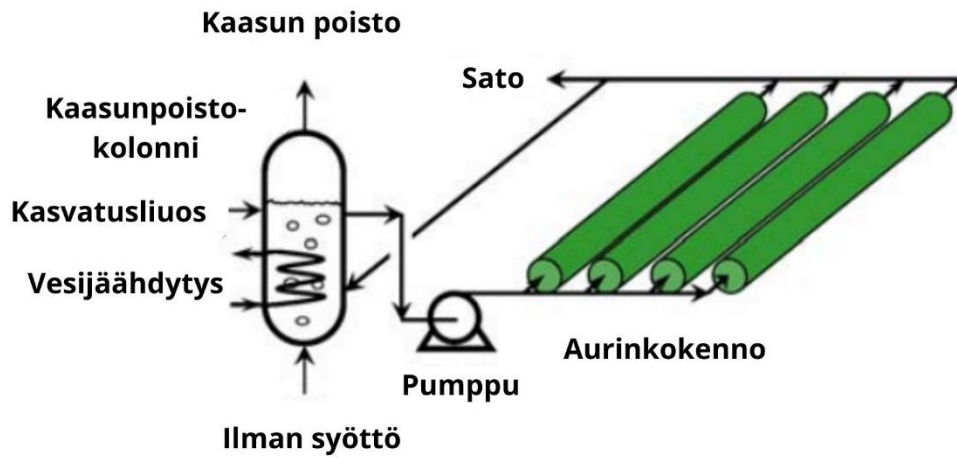
Levien maailmanlaajuinen kysyntä on kasvanut. Tutkimusten kautta on saatu merkittävää näyttöä esimerkiksi levien terveyshyödyistä. (Wells ym. 2016.) Levien koko vaihtelee mikroskooppisista soluista paljon suurempiin organismeihin. Levät voivat olla joko monisoluisia eli makroleviä tai yksisoluisia eli mikroleviä. (John, Anisha, Nampootheri & Pandey 2011; Wang ym. 2015; Joshi ym. 2018; Sathasivam ym. 2019.) Tässä luvussa käsitellään mikrolevien käyttöä, niiden vaikutuksia ja kemiallista koostumusta sekä mikrolevien käyttöä kosmeettisten valmisteiden osana. Tässä keskitytään mikroleviin, koska mikrolevien käyttöä kosmetiikassa testataan tutkimusosassa.

Mikrolevät ovat yksisoluisia organismeja, jotka ovat nopeimmin kasvavia kasveja maailmassa, ne voivat elää vaikeissa olosuhteissa ja kestävät ympäristön stressitekijöitä, kuten lämpöä, kylmää, suolapitoisuutta sekä altistumista ultraviolettisäteilylle. Mikrolevät kuuluvat aktiiviaineosien ryhmään, minkä vuoksi kosmetiikkateollisuudella on erittäin suuri kiinnostus niitä kohtaan. (Spolaore, Joannis-Cassan, Duran & Isambert 2006; John ym. 2011.)

Mikroleviä voidaan hyödyntää monipuolisesti esimerkiksi biopolttoaineena, eläinten ja ihmisten ravintona, ravinnossa lisäaineena, väriaineena ja jätevedenpuhdistuksessa sekä lisäksi mikrolevillä on valtavat mahdollisuudet myös hyvinvointiteollisuudessa (Antolli & Liu 2012, 2; Chew ym. 2017; Koyande ym. 2019; Sathasivam ym. 2019). Eri biotieteen alojen tutkimuksien mukaan leviä pidetään yhtenä potentiaalisimpana vaihtoehtona biopolttoaineeksi, biolannoitteeksi, bioenergian lähteeksi, välttämättöminä elintarvikkeiden lisäaineina sekä tehokkaana apuna jätevesien käsittelyssä (Enamala ym. 2018).

Kiinalaiset ovat käyttäneet mikroleviä elintarvikkeena jo tuhansia vuosia sitten. Levälajikkeista esimerkiksi *Chlorella* ja *Spirulina* ovat olleet osa päivittäistä terveellistä ruokavaliota monessa Aasian maassa. Nykyisin mikroleväperäisiä elintarvikkeita markkinoidaan ”superfoodeina” eli erittäin terveellisinä elintarvikkeina. Mikrolevistä valmistetaan hyvin monipuolisesti elintarvikkeita ja lisäravinteita. Saatavilla on kapseleita, tabletteja, jauheita sekä nestemäisiä valmisteita ja lisäksi mikroleviä on lisättyä erilaisiin valmisruokiin kuten nuudeleihin, tahnoin, kekseihin, aamiaismuroihin ja erilaisiin juomiin. (Wells ym. 2016; Koyande ym. 2019; Sathasivam ym. 2019.)

Mikroleviä voidaan kasvattaa erilaisissa järjestelmissä. Yleensä kasvatus tapahtuu avoimissa tai suljetuissa kasvatusjärjestelmissä. Mikrolevät tuottavat biomassaa kasvatuksen seurauksena. Kasvatukseen tarvitaan vettä, ravinteita, valoa ja hiilidioksidia. Yhteyttävien mikrolevien kasvatuksessa valolla on iso merkitys ja kasvatuksessa vaaditaan joko luonnon valoa auringosta tai jokin keinotekoinen valonlähde. Mikrolevien kasvatustapahtuman valintaan vaikuttavat monet tekijät. Huomioon otettavia seikkoja ovat mikrolevien biologia, maankäytön mahdollisuudet, kustannukset, ilmasto ja tavoitteet lopputuotteelle. Avoimissa järjestelmissä kasvattaminen on yleisempää kuin suljetuissa järjestelmissä. Kasvattaminen avoimissa järjestelmissä voi tapahtua joko luonnonvesissä tai rakennetuissa altaissa. Suljettuja mikrolevien kasvatusjärjestelmiä ovat bioreaktorit. Suljetuissa järjestelmissä kasvatukselle tulee enemmän kustannuksia kuin avoimissa järjestelmissä kasvatettaessa. (Antolli & Liu 2012, 2-10; Aittomäki ym. 2002 173; John ym. 2011; Chew ym. 2017.) Fotobioreaktorissa (kuvio 9) mikrolevien kasvatus tapahtuu kontrolloidusti järjestelmässä, joka on suljettu järjestelmä. Valaistuksella on vaikutusta mikrolevien kasvuun fotobioreaktorissa ja sen tulee olla tasainen. (Chisti 2007; Varfolomeeva & Wasserman 2011; Gupta, Lee & Choi 2015; Aittomäki ym. 2002, 173.)

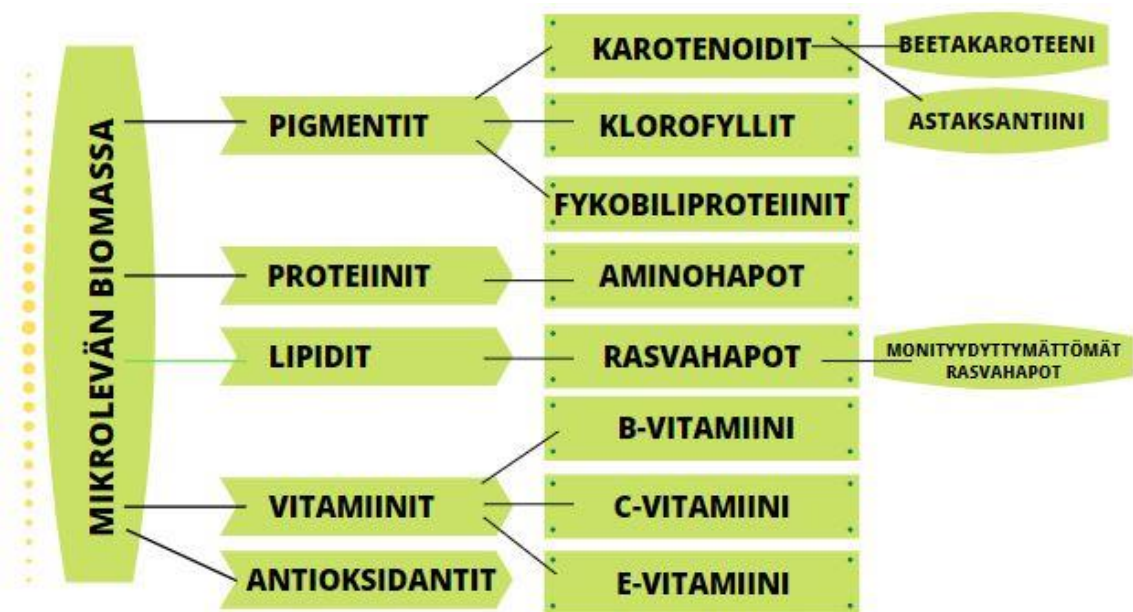


Kuvio 9: Fotobioreaktori (mukaillen Chisti 2007; Varfolomeeva & Wasserman 2011)

Mikrolevien erilaisten kasvatustekniikoiden lisäksi on otettava huomioon myös erilaiset uuttomenetelmät. Erilaisia uuttomenetelmiä käsitelty kappaleessa 2.2.3.

#### 4.1 Mikrolevien kemialliset yhdisteet

Korkea proteiinipitoisuus on eräs mikrolevien tärkeistä ominaisuuksista. Mikrolevien proteiinipitoisuus voi olla jopa 50-70% kuivapainosta. Esimerkiksi *Arthrospira platensis* (Spirulina) mikrolevä, joka kuuluu sinivihreiden cyanobakteerien ryhmään, sisältää runsaasti proteiineja, jopa 60%. (Apone ym. 2019; Koyande ym. 2019.) Mikrolevät sisältävät aminohappoja, hiilihydraatteja sekä pigmenttejä eli väriaineita, lipidejä, vitamiineja, antioksidantteja ja hivenaineita (mm. rauta, kupari ja sinkki) lajikkeesta riippuen (kuvio 10) (Spolaore ym. 2006; Chew ym. 2017; Joshi ym. 2018; Koyande ym. 2019). Mikrolevien sisältämien arvokkaiden aineosien syntymiseen sekä niiden määrään vaikuttavat erilaiset kasvatolosuhteet ja ympäristötekijät (Joshi ym. 2018).



Kuvio 10: Mikrolevän biomassan sisältämiä yhdisteitä (mukaiillen Koyande ym. 2019)

Mikrolevien sisältämät hiilihydraatit ovat tärkkelyksen, glukoosin, sokereiden ja muiden polysakkaridien muodossa. Mikrolevät sisältävät myös lähes kaikkia välttämättömiä vitamiineja (A, B1, B2, B6, B12, C, E, nikotinaatti, biotiini, foolihappo ja pantoteenihappo). Mikrolevissä on lisäksi väriaineita kuten klorofylliä, karotenoideja sekä fykobiliproteiineja. (Spolaore ym. 2006; Chew ym. 2017; Koyande ym. 2019.) Mikrolevien keskimääräinen lipidipitoisuus vaihtelee välillä 1 -70 %. Mikrolevät kykenevät tuottamaan välttämättömiä rasvahappoja. (Chew ym. 2017; Terra Soares, Cristina da Costa, Vieira & Filho 2019.)

#### 4.1.1 Rasvaliukoiset yhdisteet mikrolevissä

Mikrolevät sisältävät erilaisia rasvaliukoisia yhdisteitä, kuten esimerkiksi klorofyllejä (Widiarningsih, Hartati, Endrawati & Mamuj 2013; Joshi ym. 2018). Klorofyllit toimivat valoa keräävinä molekyyleinä sekä ovat väriltään vihreitä. Klorofyllien lisäksi mikrolevissä on lisäksi muita väriaineita, kuten karotenoideja. Karotenoidit ovat rasvaliukoisia väriainemolekyyliä. (Mourelle ym. 2017; Koyande ym. 2019.) Karotenoideista tärkeimpinä pidetään beetakaroteenia sekä astaksantiinia, jotka luokitellaan väreiltään keltaisesta punaiseen. Karotenoideilla on todettu olevan antioksidanttisia sekä tulehduksia estäviä vaikutuksia. Beetakaroteeni on A-vitamiinin esiaste, jolla on kymmenkertainen määrä antioksidanttisia vaikutuksia kuin muilla karotenoideilla. A-vitamiiniksi nimetään ryhmä vitamiineja, joilla on samoja bioaktiivisia toimintoja kuin retinolilla. Astaksantaanilla on voimakas kyky suojella leviä UV-säteiden vaikutukselta ja tätä ominaisuutta on hyödynnetty myös aurinkovoiteissa. (Mourelle ym. 2017; Koyande ym. 2019; Sathasivam ym. 2019.)

Eräs *Dunaliella salina* -mikrolevässä oleva karotenoidi kykenee edistämään hyaluronihapon vaikutusta ihon kosteudessa. Lykopeeni kuuluu karotenoidien ryhmään ja on myös tehokas antioksidantti. Mikrolevät voisivat olla myös erinomainen lykopeenin lähde kosmeettisiin tarkoituksiin. (Mourelle ym. 2017.)

Tokoferoleista E-vitamiiniaktiivisuutta on alfatokoferolilla. Alfatokoferolilla sanotaan olevan myös ihoa kosteuttavia vaikutuksia. (Lupo 2001.) Joidenkin tutkimusten mukaan alfatokoferolilla voisi olla myös UV-säteiltä suojaava vaikutus (Ramos-e-Silva ym. 2013). Kosmeettisissa valmisteissa alfatokoferoli toimii tuotetta suojaavana estäen vapaiden radikaalien toimintaa tuotteessa, jolloin tuote ei pääse hapettumisen vaikutuksesta pilaantumaan niin helposti (Michalak & Kiettyka-Dadasiewicz, 2018). Alfatokoferolipitoisuuksien on todettu tutkimusten mukaan olevan runsaampia mikrolevän öljyissä kuin muissa tavallisissa kasviöljyissä (Tossavainen ym. 2019).

#### 4.1.2 Vesiliukoiset yhdisteet mikrolevissä

Mikrolevien fykobiliproteiinit ovat vesiliukoisia väriainemolekyylejä. Fykobiliproteiinit toimivat klorofyllien tavoin valoa keräävinä väriaineina. (Mourelle ym. 2017; Koyande ym. 2019.) Fykobiliproteiinit luokitellaan sinisiin väriaineisiin ja niitä käytetään esimerkiksi ehostuskosmetiikassa, koska niiden väri ei muutu valon vaikutuksesta (Mourelle ym. 2017; Joshi ym. 2018). Mikrolevät sisältävät myös vesiliukoisia vitamiineja, kuten B1, B2, B6, B12, C, nikotiinaatti, biotiini, foolihappo ja pantoteenihappo. Vitamiinit parantavat mikrolevien ravintoarvoa, mutta niiden määrä vaihtelee ympäristötekijöistä sekä käsittelymenetelmistä johtuen. (Spolaore ym. 2006; Chew ym. 2017; Koyande ym. 2019.)

#### 4.2 Mikrolevien tehtävät kosmetiikassa

Mikrolevistä kosmetiikkamarkkinoilla käytetyimmät lajikkeet ovat *Arthrospira platensis* (Spirulina) ja *Chlorella*. Jotkut kosmetiikkayritykset ovat jopa investoineet oman mikrolevätuotantojärjestelmän. Mikrolevistä saatavat uutteen sopivat erityisesti ihonhoitotuotteista ikääntymisen merkkejä heikentäviin sekä herkän ihon kosmeettisiin valmisteisiin, mutta myös jonkin verran käytössä aurinkosuoja- sekä hiustenhoitotuotteissa. (Spolaore ym. 2006; Kim 2012, 5; Enamala ym. 2018.)

Kosmetiikan raaka-ainesäällöt kiinnostavat kuluttajia nykyisin yhä enemmän. Kuluttajille tärkeitä asioita ovat tuotteiden turvallisuus, tehokkuus, suojaavuus, luonnollisuus sekä laadukkuus. Luonnollisten sekä ympäristöystävällisten kosmeettisten raaka-aineiden ja tuotteiden kysyntä kasvaa. Tutkimuksissa on todettu, että leväyhdisteitä voidaan hyödyntää osana kosmetiikkaa. Kosmetiikan käytössä onkin eri levälaatuja. (Wang ym. 2015.)

Mikrolevistä johdettuja aktiivaineita voidaan käyttää kosmetiikassa ihoa hoitavina sekä tulehdusta estävinä aineosina. Lisäksi mikrolevien uutteissa on erilaisia bioaktiivisia yhdisteitä, jotka nopeuttavat vaurioituneen ihon paranemisprosessia ja auttavat ylläpitämään ihon kosteutta sekä pehmeyttä. (Mourelle ym. 2017; Joshi ym. 2018). Mikrolevät sisältävät erittäin paljon alfatokoferolia, jolla on antioksidanttisia ominaisuuksia (Mourelle ym. 2017).

Mikrolevien yksi ominaisuuksista on lajikohtaiset väriaineet, joita voidaan hyödyntää elintarvikkeissa ja kosmetiikassa. Mikrolevien tuottamat väriaineet hyödyntävät sekä elintarvikettä kosmetiikkateollisuutta luonnollisina väriaineina. Klorofyllejä on hyödynnetty kosmetiikassa esimerkiksi hajua peittävinä raaka-aineina deodoranteissa. (Widianingsih ym. 2013; Tossavainen 2018; Joshi ym. 2018.) Katsauksessa mikrolevien karotenoidien monipuolisuuteen niillä on havaittu tuloksia myös iholla, kuten antioksidanttisia ominaisuuksia (Mourelle ym. 2017; Koyande ym. 2019; Sathasivam ym. 2019.)

Mikrolevät sisältävät runsaasti lipidejä, joita voidaan hyödyntää ihon pehmittämisessä, kosteuttamisessa ja suojaamisessa (Varfolomeeva & Wasserman 2010). Tutkimuksissa on selvitetty mikrolevien lipidipitoisuuksia ja jopa 77 % mikrolevän biomassasta voi olla lipidejä. Kosmetiikan kannalta tärkeitä ovat myös karotenoidit ja -klorofyllit. Rasvahapoilla on oma tärkeä merkityksensä myöskin kosmetiikassa. Vitamiineista kosmetiikan kannalta tärkeitä ovat ainakin E-, C- ja A- vitamiinit. Karotenoideilla, retinolilla ja alfatokoferolilla on todettu olevan antioksidanttisia ominaisuuksia. (Mourelle ym. 2017; Joshi ym. 2018; Tossavainen 2018.)

Mikrolevien käyttöä kosmetiikassa on tarkasteltu artikkelissa ”The Potential Use of Marine Microalgae and Cyanobacteria in Cosmetics and Thalassotherapy” (Mourelle ym. 2017). Artikkelissa todetaan mikrolevien olevan monipuolisesti käytettävissä kosmeettisena raaka-aineena. Mikrolevät soveltuisivat aktiivaineena kosmeettisiin valmisteisiin (Mourelle ym. 2017; Joshi ym. 2018). Tutkimusten mukaan mikrolevät toimisivat kosmetiikassa (kuvio 11) antioksidantteina, anti-ageing aineosina, kosteuttavina aineosina, tulehdusta hillitsevinä aineosina, ruskettavissa tuotteissa, aurinkosuojatuotteissa, deodoranteissa ja väriaineina meikeissä; luomiväreissä, huulipunissa (Pulz & Gross 2004; Mourelle ym. 2017; Joshi ym. 2018). Mikrolevillä on alhainen riski aiheuttaa allergioita, eikä niillä ole todettu olevan ihoa ärsyttävää vaikutusta (Apone ym. 2019).



Kuvio 11: Mikrolevien mahdollisia tehtäviä kosmetiikassa (mukailen Mourelle ym. 2017)

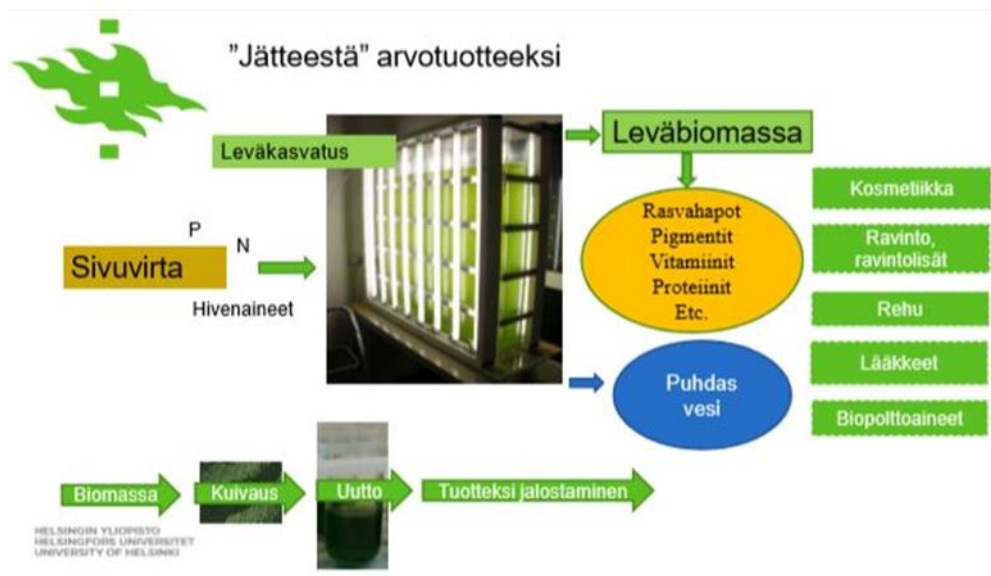
Tutkimusten mukaan eniten klorofyllejä sisältävissä mikrolevissä on rasvahapoista palmitiinihappoa sekä alfa-linoleenihappoa (Joshi ym. 2018; Widianingsih ym. 2013). Palmitiinihappo kuuluu tyydyttyneiden ryhmään ja linoleenihappo kuuluu monitydyttymättömien ryhmään. Rasvahappoja esiintyy ihmisen iholla luontaisesti, mutta ihon ikääntyessä tarpeellisten rasvahappojen määrä vähenee. Monitydyttymättömät rasvahapot ovatkin usein tärkeässä asemassa ikääntyvän ihon kosmeettisissa hoitotuotteissa. (Zielinska & Nowak 2014; Michalak & Kiettyka-Dadasiewicz 2018.) Mikrolevät ovat hyvä omega-3 rasvahappojen lähde (Tossavainen ym. 2018).

#### 4.3 Helsingin yliopiston mikrolevätutkimukset

Helsingin yliopistossa on tutkittu mikroleviä kymmenen vuotta. Tutkija Marika Tossavainen (2018) on väitöskirjassaan tutkinut kahden eri jäteveden soveltuvuutta, kompostointilaitoksen sekä kiertovesikalankasvattamon (RAS), mikrolevien kasvattamiseen. Tutkimuksessa tuotetusta leväbiomassasta tuotettiin tietoa sen soveltuvuudesta rehuksi tai ihmisten ravinnoksi. Helsingin yliopiston mikrolevätutkimuksessa on keskitytty mm. *Selenastrum sp.*-viherlevään ja *Euglena gracilis*-silmälevään ja niiden kasvattamiseen mm. erilaisissa kompostilaitoksessa syntyneissä jätevesissä sekä biojätteen varastoinnin aikana erottuvassa suotovedessä. *E. gracilis*-mikrolevää kasvatettiin kiertovesikalankasvattamon jätevedessä. Kiertovesiviljelyteknologiasta, joka on käytössä ”kuivan maan kalanviljelyssä” käytetään nimeä RAS (Recirculating aquaculture system) (Luke Luonnonvarakeskus). Lisäksi väitöskirjatyössään Tossavainen (2018) analysoi leväbiomassan rasvahappokoostumusta sekä alfatokoferoli-, karotenoidi- ja klorofyllipitoisuuksia (Tossavainen 2018).



Tossavainen on tutkimuksessaan osoittanut, miten jätevedet kompostointilaitokselta sekä kalankasvattamoista soveltuisivat mikrolevien kasvatusalustoiksi. Tutkimuksessa mikrolevien to-dettiin hyödyntävän ravinteita, mitä kalankasvattamoiden jätevesistä löytyy. Kasvuoloilla ja kasvuajoilla vaikutti olevan olennaisesti merkitystä mikroleväbiomassan koostumukseen. Rasvapitoisuuden määrä kasvoi, kun kasvu-aikaa pidennettiin. Pienetkin muutokset kasvuolosuh-teissa vaikuttivat epäsuotuisasti mikrolevien herkkään koostumukseen. (Helsingin yliopiston tiedote 2018). Helsingin yliopiston Levätehdas-projektissa lähdettiin hyödyntämään ”jätteestä arvotuotteeksi” ajattelua (kuva 1).



Kuva 1: Jätteestä arvotuotteeksi (Helsingin yliopisto)

Suomen ilmasto-oloissa mikroleviä kasvatetaan sisätiloissa. Helsingin yliopiston Lahden toimipisteessä käytössä on pienen pilot-mittakaavan fotobioreaktori (Varicon Aqua) (kuva 2). Mikrolevien kasvatusmenetelmiä käsitelty aiemmin luvussa 4.



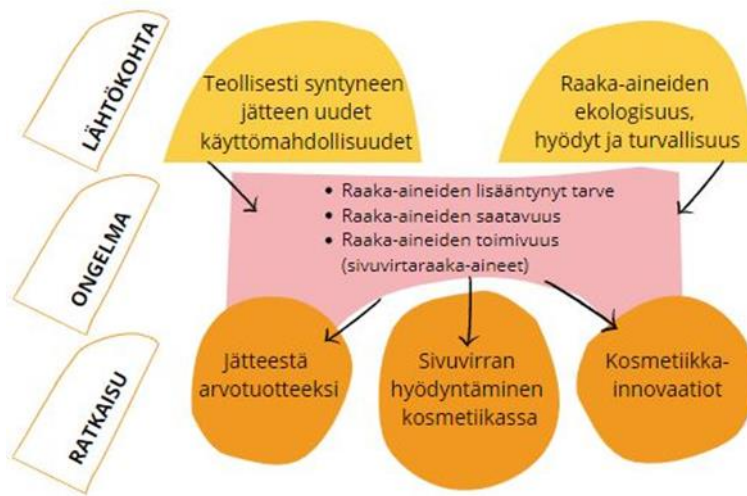
Kuva 2: Helsingin yliopiston fotobioreaktori (Varicon Aqua) (Helsingin yliopisto)

Tohtorikoulutettava Marjukka Lamminen Helsingin yliopistosta kertoo Maaseudun Tulevaisuuden artikkelissa mikrolevien heikkoutena olevan toistaiseksi korkean hinnan. Hänen mukaansa tuotanto on vielä hyvin pienimuotoista ja tapahtuu vielä pienissä laitoksissa. (Pulkkinen 2016). Tutkija Marika Tossavaisen väitöskirjaan liittyvä tutkimus jatkui Business Finlandin rahoittamassa Levätehdas-projektissa, jossa selvitettiin kotimaisen levätuotannon kaupallistamispotentiaalia. Levätehdas-projektissa leväbiomassan koostumusta on analysoitu ja sen soveltuvuutta myös kosmetiikan käyttöön lähdetty miettimään. Mikroleviä pystytään tuottamaan kestäväen kehityksen mukaisesti, mutta tuotantokustannusten noustessa korkeiksi niiden kaupallistaminen on rajoitettua (Tossavainen ym. 2018).

## 5 Kehittämisasetelma

Tämän tutkimuksellisen kehittämistyön tavoitteena on uuden sivuvirrasta tuotetun raaka-aineen testaaminen sekä tuotekehityksen kautta kehitellä monikäyttöinen kosmetiikkatuote, joka olisi mahdollisimman hyvin säilyvä sekä helppo ottaa mukaan. Kehittämistyön tavoitteena on myös tutkia teollisuuden sivuvirtana tai sivuvirran kautta syntyvän raaka-aineen aktiivianepitoisuuksia sekä näiden hyötyjä. Kehittämistyön tarkoituksena on lisätä tietoisuutta arvokkaista raaka-aineista, joilla on kestäväen kehityksen mukainen lisäarvo. Tässä kehittämistyössä tutkimusongelmista johdetut tutkimuskysymykset ovat mistä saadaan kestäväen kehityksen mukaisesti tuotettuja raaka-aineita kosmetiikan kulutuksen lisääntymisen kautta synty-

neeseen kosmetiikkateollisuuden raaka-aineiden lisääntyneeseen tarpeeseen sekä kuinka sivuvirroista tuotettu raaka-aine toimii (hyödyt, toimivuus, säilyvyys). Tässä kehittämistyössä tutkitaan sivuvirtojen kautta hyödynnettävien raaka-aineiden käyttöä kosmetiikassa. Tutkimuksen kohteena ovat erityisesti toimeksiantajan mikrolevien sisältämät yhdisteet ja mitä arvokkaita ominaisuuksia kosmetiikkateollisuus voisi hyödyntää niistä. Tämän kehittämistyön kehittämisasetelma on havainnollistettu kuviossa 12.

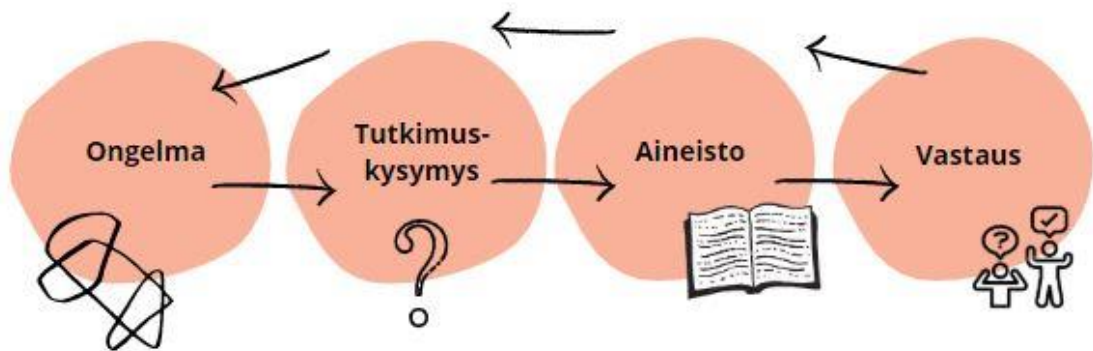


Kuvio 12: Kehittämisasetelma

Tutkimuksellisen kehittämistyön luonnetta voidaan kuvailla myös sanoilla tutkimus, kehittäminen ja innovaatiotoiminta. Tutkimuksellisessa kehittämistyössä pääpaino asetetaan käytännön kehittämistehtävän saavuttamiseen, mutta myös tekstin ja uuden tiedon tuottaminen ovat keskeisiä piirteitä. Tutkimuksellista kehittämistyötä ohjaavat käytännölliset tavoitteet ja teoria tukee toimintaa. Tutkimuksellisessa kehittämistyössä tekijältä vaaditaan aiheen ja projektityön osaamisen lisäksi kehittämisen osaamista. Kehittämisen osaamisessa olennaista on aloitteellisuus, oman työn arviointi, innovatiivisuus, vuorovaikutus, verkostoituminen, tiedon tuottaminen ja monipuolinen menetelmäosaaminen. Tutkimuksellisuutta kehittämistyössä tarvitaan, jotta kehittämistyön tulokset olisivat perusteltuja mahdollisimman kattavasti. (Ojasalo, Moilanen & Ritalahti 2015, 17-21.)

Lähtökohtana tutkimukselliselle kehittämistyölle pidetään kehittämiskohteen tunnistamista sekä ymmärrystä siihen liittyvistä tekijöistä. Kehittämistyön tarkoituksena on jonkinlaisen muutoksen aikaansaaminen. (Ojasalo ym. 2015, 23.) Tämän tutkimuksellisen kehittämistyön lähtökohtana on tuoda esiin teollisesti käsitellyn jätteen uusia käyttömahdollisuuksia. Lähtökohtana on kosmetiikka-alan toimijoiden kiinnostus sivuvirtana syntyviä raaka-aineita koh-

taan. Kosmetiikka-alan toimijoiden kiinnostus ilmeni ”Luonnon raaka-aineet kosmetiikkateollisuudessa”-selvityshankkeen tutkimustuloksina. Selvityshankkeessa kävi ilmi kosmetiikka-alan toimijoiden kiinnostus raaka-aineita kohtaan, jotka olisivat teollisuuden sivuvirtojen kautta syntyneitä. Kosmetiikka-alan toimijoilla on kiinnostusta ymmärtää esimerkiksi teollisesti käsitellyn elintarvikejätteen kierrätysmahdollisuuksista sekä miten jätteestä voisi tuottaa uusia turvallisia ja tehokkaita raaka-aineita kosmetiikan tarpeisiin. (Luonnon raaka-aineet kosmetiikkateollisuudessa; Dell’Acqua 2017.) Sivuvirtana tai sivuvirran kautta syntyneiden luonnon raaka-aineiden mahdollista käyttöä kosmetiikassa halutaan lähteä tutkimaan. Kosmetiikan kulutus on kasvanut ja samalla kasvanut raaka-aineiden tarve kuin myös kiinnostus kosmetiikan raaka-aineiden alkuperää kohtaan. Kosmetiikka-alan toimijoilla tämä ilmenee myös jatkuvana tarpeena kehittää uusia innovatiivisia tuotteita, joiden aktiiviaineet olisivat tehokkaita ja turvallisia sekä lisäksi vähän ympäristöä kuormittavia. Lisäksi ongelma on luonnon raaka-aineiden saatavuus luontoa rasittamatta ja niiden toimivuus. (Bilal, Mehmood & Iqbal 2020.) Näihin ongelmiin pyritään kehittämään ratkaisu tässä kehittämistyössä. Tutkimusongelma johtaa tutkimuskysymyksiin, jotka kehittämistyölle asetetaan. Tutkimusongelman ratkaisu syntyy tutkimusaineiston kautta, kun kaikkiin tutkimuskysymyksiin on saatu vastaukset (kuvio 13). (Kananen 2019, 23.)



Kuvio 13: Tutkimusongelmasta ratkaisuun (mukaillen Kananen 2019)

Kehittämistyön kirjoittaja rajaa tutkimusaiheen, jonka jälkeen nousee esiin tutkimusongelma, johon etsitään ratkaisua. Ratkaisua sekä kehittämistyön prosessointia helpottamaan muutetaan ongelma tutkimuskysymyksiiksi. Tutkimusongelma voi olla myös käytännön ongelma. Tutkimukselliselle kehittämistyölle on tyypillistä luonnostelu ja kehittäminen sekä saada aikaan uusia ratkaisuja. Tutkimuksellisessa kehittämistyössä ratkotaan käytännön ongelmia sekä toteutetaan ja tuotetaan uusia ideoita. (Kananen 2015, 55-59; Ojasalo ym. 2015, 17-20.)

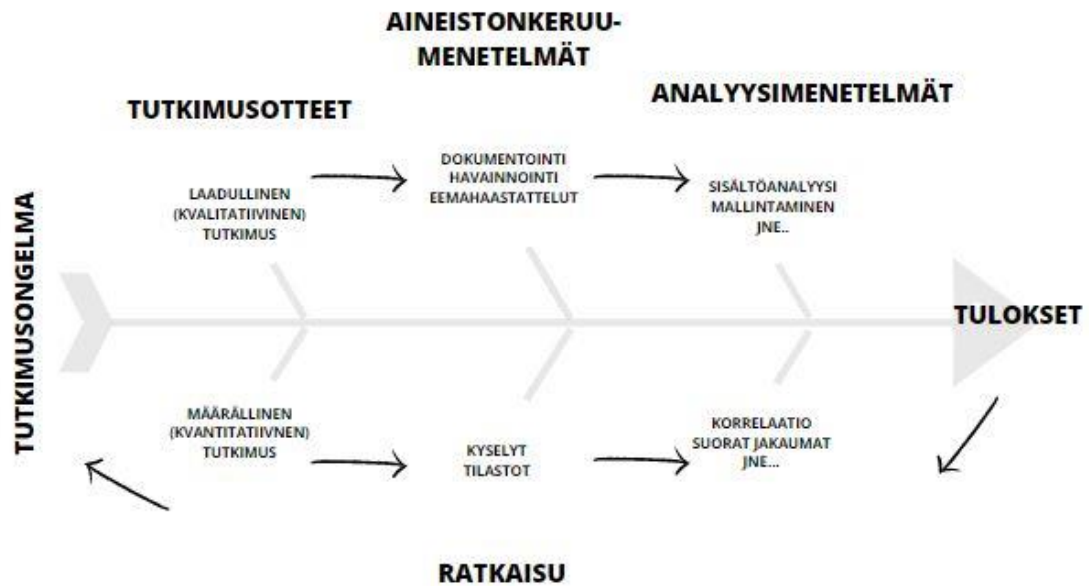
Kehittämisasetelmassa tutkimustyön luotettavuus on merkityksellinen. Luvussa 5.1 käsitellään tarkemmin tämän työn menetelmällisiä ratkaisuja kuten myös työn luotettavuutta. Luotettavan tutkimustuloksen varmistamiseksi tutkimusta tarkastellaan kahden eri käsitteen avulla.

Reliabiliteetti ja valideetti ovat käsitteitä, joilla mitataan tutkimustyön luotettavuutta ja laatua. Valideetilla tarkoitetaan sitä, että tutkimuksessa tutkitaan määritellyn tutkimusongelman kannalta oikeita asioita ja reliabiliteetti puolestaan tarkoittaa tulosten pysyvyyttä. Saturatiosta (kylläntymisestä) puhuttaessa tarkoitetaan sen olevan luotettavuuden vahvistuskeino. Tutkimustuloksissa tulee toistuvasti esiintyä eri lähteistä saadut samat tulokset, tällöin puhutaan saturatiosta. Saturatio tässä opinnäytetyössä varmistetaan teoriapohjan synteesissä saaduissa tuloksissa siten, että käytetään useampaa eri lähdettä todetakseen sama asia. Tuotekehitys vaiheessa saturatio varmistetaan toisoinnoilla eli valmistetaan testituotteita riittävä määrä laadullisen tutkimustuloksen aikaan saamiseksi. (Kananen 2019, 30-33.)

Tässä kehittämistyössä on tuotekehitysosuus, jossa hyödynnetään menetelmänä myös aistinvaraista arviointia. Tietoperustassa on tutkimusta käytettävistä raaka-aineista. Tuotekehitysvaiheessa tutkittiin jo markkinoilla olevia vertailuotteita sekä selvitettiin kosmeettisten valmisteiden reseptejä, seuraavaksi oli tuotekehityssuunnittelu, tämän jälkeen raaka-ainetestaukset, aistinvaraiset arvioinnit, analysointi ja johtopäätökset kaupallisuus huomioiden.

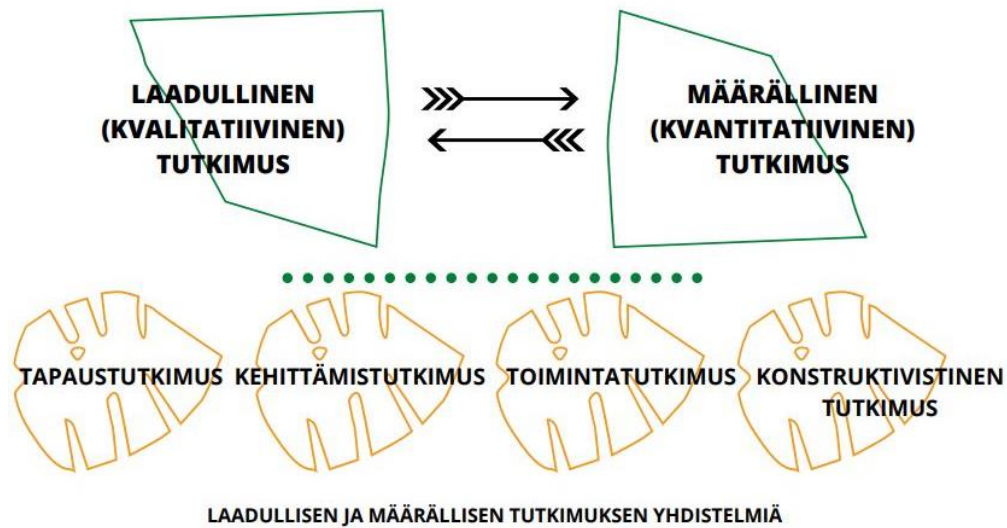
## 5.1 Menetelmälliset ratkaisut

Kehittämistyön tutkimusongelman ratkaisu saavutetaan menetelmien kokonaisuudella. Tätä kutsutaan tutkimusotteeksi tai lähestymistavaksi. (Kananen 2015, 63.) Tutkimusotteita, joilla pyritään vastaamaan tutkimusongelman tutkimuskysymykseen, on kahdenlaisia. Tutkimusotteet jaettuna kahteen eri ryhmään ovat joko kvalitatiivinen eli laadullinen tai kvantitatiivinen eli määrällinen ote (kuvio 14). Laadullisin (kvalitatiivisin) menetelmin työstetään teoriataustaa sekä tuotekehitysvaihetta raaka-ainetestauksineen ja määrällisin menetelmin (kvantitatiivisin) tavoitteena on saada vastauksia valmiin testituotteen testaajilta (loppukuluttajilta). Kvantitatiivinen menetelmä vaatii otannan, joka on vertailukelpoinen keskenään. Kvalitatiivisen tutkimuksen tarkoitus on pyrkiä ratkaisemaan tutkimusongelman sekä ymmärtämään ongelmaa ja näin ollen vastaamaan tutkimuskysymykseen. (Kananen 2019, 25-53.) Teoksessa Tutki ja kirjoita osoitetaan kvalitatiiviselle tutkimukselle tyypillisenä piirteenä, että tutkimussuunnitelma saattaa muotoutua, kun tutkimustyö etenee (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2015, 164).



Kuvio 14: Tutkimusongelman ratkaisumenetelmät (mukaillen Kananen 2015)

Laadullisen tutkimustyön perustana voivat olla pelkästään vain erilaiset dokumentit aiemista vastaavista tutkimuksista, tällöin tutkimustulos perustuisi puhtaasti näistä aineistoista saatuihin tuloksiin. Tässä kehittämistyössä hyödynnetään sekä aiempia tutkimuksia dokumentteina aineistonkeruussa kuin myös kerätään aineistoa tutkimusosassa tuotekehitysvaiheessa aistinvaraisella arvioinnilla, jotta tuloksen luotettavuutta analysoitaessa olisi asioita otettu tutkimuksessa monipuolisesti huomioon. Laadullinen tutkimusmenetelmä soveltuu, kun tutkitavasta ongelmasta halutaan saada syvälinen näkemys. (Kananen 2015, 70-71; Kananen 2019, 28-30.) Laadullinen ja määrällinen tutkimusote voidaan nähdä jatkumona, joiden väliin sijoittuu niiden erilaisia alamuotoja (kuviokuva 15) (Kananen 2019 74-75).



Kuvio 15: Laadullisen ja määrällisen tutkimuksen alamuotoja (mukaihen Kananen 2015; Kananen 2019)

Aineistonkeruumenetelmänä opinnäytetyössä käytetään dokumentointia. Dokumentointi on eräs laadullisen tutkimuksen aineistonkeruumenetelmä, jolla tutkitaan mitä tahansa kirjallista tuotosta, josta voidaan katsoa olevan merkitystä tutkimuksen kannalta. (Kananen 2015, 81; Kananen 2019 28-29). Laadullisessa tutkimuksessa tutkittavien dokumenttien määrää ei voida määrittellä etukäteen. Luotettavan tuloksen aikaansaamiseksi pyritään keräämään tutkittavasta kohteesta monilähteisesti mahdollisimman laajasti aineistoa. Määrä, joka tarvitaan luotettavan tutkimustuloksen aikaansaamiseksi, selviää vasta tutkimusprosessin edetessä. Tutkimusongelman ratkaisemiseksi aineistoa kerätään niin kauan ja niin paljon, että saavutetaan ratkaisu. Kun tutkimusten edetessä saavutetaan tulos, jolloin ei enää mitään uutta nouse sille on analysoitavan aineiston määrä saturoitunut. (Kananen 2015, 128; Kananen 2019, 33.)

Tuotekehitystä menetelmällisenä ratkaisuna hyödynnetään tämän kehittämistyön kokeellisessa osassa. Tuotekehityksellä tavoitellaan toimintaa, jonka tarkoituksena on uuden tuotteen kehittäminen tai parannellaan jo olemassa olevaa tuotetta. Tuotekehitys pitää sisällään monivaiheisen prosessin. Prosessin lähtökohtana on tuoteidean etsiminen sekä markkinoiden ja kehityssuuntien seuranta. Benchmarking eli vertaileva tutkimus perustuu kiinnostukseen siitä, millä tavalla muut toimivat ja sitä kautta menestyvät (Ojasalo ym. 2015, 186). Tätä menetelmää hyödynnetään kehittämistyön tuotekehitysvaiheessa. Näin pyritään osittain ratkaisemaan, millaisia kosmeettisia valmisteita aloitetaan valmistamaan.

Itse tuotekehitysprosessin alulle laittamiseen tarvitaan tietojen selvittämistä kehiteltävästä tuotteesta, varsinaisen tuotteen hahmottelua ja tarkan yksityiskohtaisen suunnittelun sekä käyttöohjeiden laatimisen lisäksi myös tuotantomenetelmien kehittämistyön (Jokinen 2010, 9;

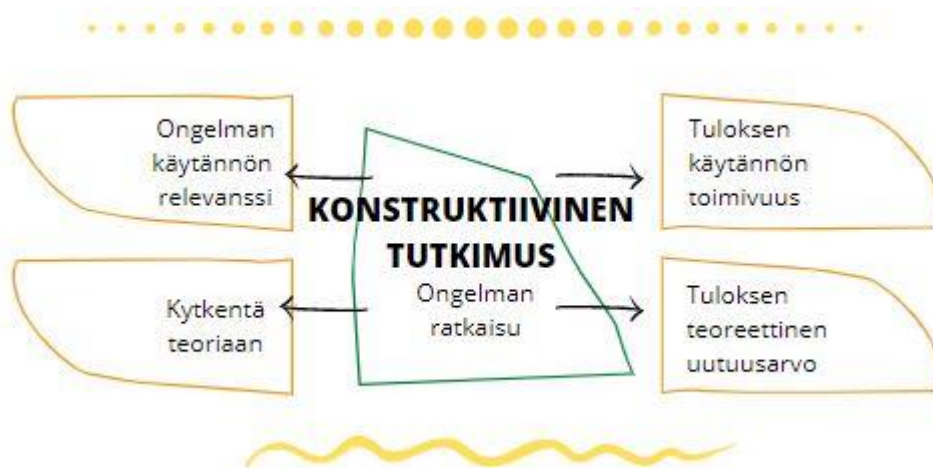
Schueller & Romanowski 2003, 201). Osa kosmeettisen valmisteen tuotekehitystä ovat säilyvyyskokeet ja koeasetelma, joita seuraa aistinvarainen arviointi. Tämän kehittämistyön tutkimuksellisen osan tuotekehitysvaiheessa käytetään menetelmänä aistinvaraista arviointia. Aistinvaraisessa arvioinnissa arvioidaan tuotetta eri aistien avulla. (Tuorila & Appelbye 2016, 17-20.) Lisäksi kosmeettisen valmisteen tuotekehitysprosessin tärkeänä osana ovat myös käyttäjätetit, testihenkilöiden haastattelut sekä heiltä saatu palaute. Kosmeettisen valmisteen tuotekehitysprosessia avattu lisää luvussa 3.1.

## 5.2 Kehittämistyön lähestymistapa

Kehittämistyön lähestymistapa on konstruktiiivinen. Kun tavoitteena on konkreettisen tuotoksen luominen, sopii lähestymistavaksi konstruktiiivinen tutkimus. Konstruktiiivisessa tutkimuksessa on lähestymistapansa puolesta piirteitä myös innovaatioiden tuottamisesta. Konstruktiiivinen lähestymistapa ei rajaa pois mitään tutkimusmenetelmiä, vaan konstruktiiivisessa tutkimuksessa menetelmät voivat olla monipuolisia. Konstruktiiivisen prosessin vaiheet ovat; ongelma, tiedonhankinta, ratkaisujen laatiminen (tuotekehitys), toimivuuden testaukset (kokeellinen osa kehittämistyötä), uutuusarvon osoittaminen sekä ratkaisun tarkastelu. (Ojasalo ym. 2015, 65-68.) Konstruktiiivinen tutkimusote sijoittuu laadullisen ja määrällisen tutkimuksen välimaastoon (Kananen 2019, 75). Konstruktiiivinen tutkimus on suunnittelua, prototyyppien mallintamista, valmiin mallin toteutusta sekä testaamista. Tämän tyyppinen tutkimusmuoto toimii, kun ongelmanratkaisuun tarvitaan käytännön lisäksi teoreettista tietopohjaa. Yhteistyö kohdeorganisaation kanssa korostuu konstruktiiivisessa tutkimuksessa, jotta saavutetaan hyödyntäjän sekä toteuttajan välinen kommunikointi kehittämistyön edistämiseksi. (Ojasalo ym. 2015, 65-66.)

Konstruktiiivisen tutkimuksen vaiheet ovat selkeät (kuvio 16). Konstruktiiivisessa tutkimuksessa lähtökohtana on ongelman etsiminen, joka on mielenkiintoinen ja relevantti. Seuraavana vaiheena tulee ymmärtää tutkimuksen kohde. Ymmärrys saattaa syntyä aiempien opiskeluiden kautta, tutkimusaiheen sekä aiempien tutkimusten tutkimisella ja kirjallisuuteen perehtymällä. Näiden jälkeen nousee esiin konstruktiiivisen tutkimuksen tärkein vaihe eli innovaatiovaihe ja ratkaisumallin konstruoiminen. Tämän vaiheen onnistuminen on tuloksen kannalta edellytys. Tuloksen synnyttyä sen toimivuus testataan. Viimeisenä vaiheena tuloksesta luodaan johtopäätökset ja näytetään teoreettinen uutuusarvo. Konstruktiiivisen tutkimuksen yksi ominaisuuksista on, että saatua tulosta voidaan soveltaa muihin vastaaviin ongelmiin toisissa tutkimuksissa. (Virtanen 2006, 50; Ojasalo ym. 2015, 67.)





Kuvio 16: Konstruktiiivisen tutkimuksen vaiheet (mukaillen Virtanen 2006)

Tyypillistä konstruktiiiviselle tutkimukselle on, että tulokseen kuuluisi aina normatiivinen piirre. Normatiivisella piirteellä tarkoitetaan sitä, että pyrittäisiin ongelmanratkaisussa pääymään sellaiseen ratkaisuun ja tulokseen, joka on hyvä ja jota voitaisiin suositella. Konstruktiiivisessä tutkimuksessa hyödynnetään jo olemassa olevaa tietoa, teoriataustaa. Työssä on tunnettava ja perehdyttävä aiempiin tutkimuksiin aiheesta. Havainnot konstruktiiivisessä tutkimuksessa ovat työn tekijän havaintoja tutkimuksen edetessä. Yhdistämällä teorian ja havainnot tutkijan tulee ymmärtää kokonaisuus. Analysointivaiheessa käydään pohdintoja tutkimustuloksista. (Virtanen 2006, 51.)

### 5.3 Käytettävät materiaalit kehittämistyössä

Tässä tutkimuksellisessa kehittämistyössä käytettävänä tutkimusmateriaalina toimii toimeksiantajan toimittamat raaka-ainenäytteet. Aineistoa kosmetiikkalaboratoriossa tullaan keräämään materiaaleista useiden viikkojen ajan.

#### 5.3.1 Toimeksiantajan raaka-ainenäytteet

Kehittämistyössä testataan kolmen mikrolevistä uutetun rasvaliukoisen fraktion (kemiallinen jakotisle) soveltuvuutta kosmetiikan raaka-aineeksi. Helsingin yliopistossa näitä käytettäviä materiaaleja eli mikroleviä on kasvatettu mm. viljelmänä kiertovesikalankasvattamon jätevedessä. Jätevesi on kalankasvattamon sivuvirtaa. *Selenastrum sp.* -mikrolevää kasvatettiin viljelmänä käyttämällä kasvatusliuoksena modifioitua COMBO-liuosta. COMBO-kasvatusliuos sisältää erilaisia yhdistettyjä liuoksia, jotka on kehitetty levien kasvua tukevaksi. (Tossavainen 2018; Killham, Kreeger, Lynn, Goulden & Herrera 1998.)

Helsingin yliopistolta saadut raaka-ainenäytteet kosmetiikkalaboratoriotyöskentelyyn ovat (taulukko 1) *E. gracilis* -mikrolevä (vahamainen), *E. gracilis* -mikrolevä (öljy 1) sekä *Selenastrum sp.* -mikrolevä (öljy 2). Testattavat fraktiot ovat: ylikriittisellä hiilidioksidilla uutettu va-haestereitä sisältävä uutotuote *E. gracilis* -mikrolevästä sekä paineistetulla liuotinuutolla (etanoli) uutettu lipidifraktio *E. gracilis* - ja *Selenastrum sp.* -mikrolevistä (taulukko 1). Toimeksiantajan raaka-ainenäytteistä liuotin uutot on tehty Helsingin yliopistolla ja ylikriittisen uutot on toteuttanut Aromtech. Toimeksiantaja toimittaa uutotuotteet ja kehittämistyön tekijä testaa näytteitä kosmetiikan raaka-ainesosana. Toimeksiantaja on suorittanut uutotuotteiden kemiallisen koostumuksen analyysin. Tiedot rasvahappo- ja väriainekoostumuksista saadaan Helsingin yliopiston tutkijoilta. (Tiedoksianto: Edelman & Tossavainen 2019.)

NÄYTETIEDOT
- <i>Euglena gracilis</i>
-Kasvualusta: Modifioitu Hutner
-Uutto: Ylikriittinen CO <sub>2</sub> (pilot-uutto, Aromtech Oy)
- <i>Euglena gracilis</i>
-Kasvualusta: Kiertovesi kalankasvattamon vesi
-Uutto, ASE (paineistettu liuotinuutto), 110 °C, 10 min, etanoli
- <i>Selenastrum sp.</i>
-Kasvualusta Modifioitu COMBO
-Uutto, ASE (paineistettu liuotinuutto), 110 °C, 20 min, etanoli

Taulukko 1: Helsingin yliopiston mikrolevien näytetiedot (Tiedoksianto: Edelman & Tossavainen)

### 5.3.2 Analyysit raaka-ainenäytteistä

Kehittämistyön toimeksiantajan toimittamien tietojen perusteella näytteiden sisältämät karotenoidien ja klorofyllien määrät: *E. gracilis*, joka on uutettu ylikriittisellä uutolla sisältää huomattavasti pienempiä määriä karotenoideja ja klorofyllejä kuin *E. gracilis*, joka on uutettu paineistetulla liuotinuutolla 110 °C 10 minuuttia etanolissa sekä *Selenastrum sp.*, joka on uutettu paineistetulla liuotinuutolla 110 °C 20 min etanolissa. *E. gracilis*, joka on uutettu paineistetulla liuotinuutolla lyhyemmän ajan sisältää isommat määrät karotenoideja ja klorofyllejä kuin *Selenastrum sp.*, joka uutettu samalla menetelmällä pidemmän ajan. (Tiedoksianto: Edelman & Tossavainen, 2019.)

Rasvahappojen määrissä on joitakin lajien välisiä eroja. *E. gracilis*, joka on uutettu ylikriittisellä uutolla sisältää runsaamman määrän tyydyttyneitä rasvahappoja kuin *E. gracilis*, joka on uutettu paineistetulla liotinuutolla 110 °C 10 minuuttia etanolissa sekä *Selenastrum sp.*, joka on uutettu paineistetulla liotinuutolla 110 °C 20 min etanolissa. Yhteenvetona rasvahappokoostumuksista voidaan todeta, että paineistetulla liotinmenetelmällä uutetuissa mikrolevissä on enemmän tyydyttymättömiä rasvahappoja kuin ylikriittisellä uutolla uutetussa mikrolevässä. Paineistetulla liotinuutolla uutetuissa mikrolevissä on monitydyttymättömien rasvahappojen osuus isompi kuin mikrolevässä, joka on uutettu ylikriittisellä uutolla. Opinnäytetyön toimeksiantajan toimittamien tietojen perusteella näytteistä uute 1 sisältää vahaesteireitä ja sen vuoksi ovat olomuodoltaan kiinteä. Keskeinen ero uutteen 1, 2 ja 3 välillä on, että uute 1 on vahamaisempi. Kaikki uutteen ovat lipiduuotteita, mutta saattavat sisältää myös pieniä määriä proteiineja ”epäpuhtautena”. (Tiedoksianto: Edelman & Tossavainen, 2019.)

## 6 Tutkimuksellisen kehittämistyön prosessikuvaus

Tämän kehittämistyön prosessin (kuvio 17) etenemisessä alulle laittava toimi on tutkimusavustajan rooli Laurea-ammattikorkeakoulun Luonnon raaka-aineet kosmetiikkateollisuudessa -selvityshankkeessa, josta seurasi toimeksiantajan Helsingin yliopiston mukaan tuleminen.



Kuvio 17: Opinnäytetyön prosessi

Opinnäytetyö tutkimuksellisenä kehittämishankkeena sai alkunsa työskentelystä tutkimusavustajana Laurea-ammattikorkeakoulun Luonnon raaka-aineet kosmetiikkateollisuudessa -selvityshankkeessa.

## 6.1 Kehittämistyön toimeksiantaja

Lukos-selvityshankkeen edetessä tuli toimeksianto Helsingin yliopistolta heidän Levätehdas-projektista. Ehdotus on testata uusia raaka-aineita kosmeettisten valmisteiden osaksi. Aihe sopi hyvin Lukokseen sekä opinnäytetyön aiheeksi. Tämän tutkimuksen tavoitteena on testata uutta sivuvirran kautta tuotettua raaka-ainetta ja tuotekehityksen avulla kehittää kosmetiikkatuotteita. Tarkoituksena on lisätä tietoisuutta teollisuuden sivuvirtojen luonnon raaka-aineiden hyödyntämisestä osaksi kosmetiikkaa. Tutkimuksen kohteena ovat erityisesti mikrolevien sisältämät yhdisteet ja mitä arvokkaita ominaisuuksia kosmetiikkateollisuus voisi hyödyntää niistä, koska mikrolevät ovat olleet toimeksiantajan tutkimusten kohde. Tässä kehittämissä testataan kosmetiikkalaboratoriossa näiden mikrolevien toimivuutta kosmeettisena raaka-aineena ja ohjataan luonnonvarojen käyttöä kosmeettisen valmisteen osana hyödyntäen kiertotalouden mahdollistamia keinoja saada raaka-aineita. Tavoitteena on lisäksi tuotekehityksen kautta löytää ratkaisu, millaisia mikroleviä sisältäviä kosmeettisia valmisteita aloitetaan testaamaan kosmetiikkalaboratoriossa.

Mikrolevätutkimuksessaan Helsingin yliopistossa keskityttiin mikrolevistä lajikkeisiin *Selenastrum sp.*-vihherlevään ja *E. gracilis* -silmälevään. Näitä kumpaakin päätettiin testauttaa myös kosmeettisten tuotteiden raaka-aineosaksi. Levätehdas-projektilla on kaupallisia suunnitelmia raaka-aineille, joten tuotetestauksen tulokset ovat tärkeitä kaupallisen puolen kehittämiseksi.

## 7 Tutkimustulokset

Kehittämistyöprosessin suunnitteluvaiheessa aloitettiin tuotekehitystyö, joka jatkui myös toteutusvaiheessa. Tuotekehitystyön alussa ideoitiin tuotteita verraten ideoituja jo olemassa oleviin leviä sisältäviin tuotteisiin sekä vertailevaa tutkimusmenetelmää hyödyntäen tutkittiin ajankohtaisia, kiinnostavia sekä nykyisten kehityssuuntien mukaisia kosmetiikkavalmisteita. Tietoperustan synteisistä haettiin ohjaavaa tietoa, mitä raaka-ainetta voitaisiin kosmeettisessa tuotteessa korvata mikrolevällä. Tuotekehitystyö eteni kosmetiikkareseptien tutkimiseen sekä muokkaamiseen. Seuraavaksi valittiin mikrolevistä saatavien hyötyjen perusteella sopivaksi katsotut valmistettavat kosmeettiset tuotteet. Suunnitteluvaiheessa huomioitiin mahdolliset innovaatiotuotteet.

Opinnäytetyössä oli kokeellisia osia, joissa tutkittiin mikrolevien ominaisuuksien soveltuvuutta ihovoiteiden osaksi ja minkälaisilla pitoisuuksilla niitä olisi hyvä sisällyttää tuotteeseen sekä analysoida raaka-aineen säilyvyyttä verraten muihin raaka-aineisiin. Kokeellisen tutkimuksen tavoitteena oli lisäksi arvioida raaka-aineen miellyttävyyttä, ihotuntumaa sekä säilyvyyttä kosmeettisen valmisteen osana.

Aistivaraiset arvioinnit olivat osa tuotekehitystä. Aistivaraisella arvioinnilla arvioitiin tuotteen säilyvyyttä, väriä, rakennetta sekä ihotuntumaa. Säilyvyyskokeiden avulla pystyttiin arvioimaan kosmeettisen tuotteen säilyvyyttä. Säilyvyyskokeita tehtiin valmistusvaiheessa raaka-aineille sekä valmistusprosessin jälkeen valmiille tuotteelle. Testauksen avulla voitiin selvittää antimikrobiset vaikutukset sekä tuotteen rakenteen säilyminen. Säilyvyyskokeita tehtiin lämpökaapissa korkeammissa lämpötiloissa sekä lisäksi pitkäaikaiskoe huoneenlämmössä. Säilyvyyskokeiden tuloksia analysoivat opinnäytetyön tekijä ja opinnäytetyön ohjaaja, jolla oli aiemmista tutkimuksistaan runsaasti kokemusta raaka-aineiden hapettumisen arvioinnista aistinvaraisesti. Kosmeettisen raaka-aineen hapettuneen tuoksun tunnistettavuus aistinvaraisesti tuoksun perusteella oli helposti tunnistettavaa. Koeasetelmassa selvitettiin erotustestien avulla poikkeavatko testinäytteet aistivaraisilta ominaisuuksiltaan toisistaan. Monivertailutes-tiä hyödynnettiin tässä kehittämistyössä, kun arvioitiin testinäytteiden samanlaisuutta tai erilaisuutta.

Kehittämistyön tuotekehityksen seurauksena päädyttiin valmistamaan testituotteiksi kosmetiikkalaboratoriossa ihovoiteita. Nousevana kehityssuuntana kosmetiikassa nähdään myös vedetön kosmetiikka, jonka vuoksi päädyttiin valmistamaan ihovoidetta, joka ei sisältäisi vettä. Mikroleviä oli uutettu eri tavoin, joten kaikkia näitä lipidifraktioita testattiin erilaisiin emulsiioihin. Valmistettavia tuotteita olivat mikroleviä sisältävän kosmetiikan lisäksi vertailutuotteet ilman mikroleviä, jotta saisi käsitystä siitä, miten mikrolevä muuttaa reseptiä ja miten se tulisi toimimaan tuotteen osana. Vertailutuote työstettiin ensin toimivaksi, koska sen jälkeen valmistettava mikrolevää sisältävää tuotetta voisi verrata alkuperäiseen vertailutuotteeseen. Raaka-ainetestauksen luotettavuuden vuoksi testattavia tuotteita valmistettiin useita samanlaisia eriä.

Kosmeettisten tuotteiden valmistusreseptit päädyttiin pitämään mahdollisimman yksinkertaisina, jotta saisi parhaiten testattavan raaka-aineen toimivuuden esiin selkeästi. Vedettömän ihovoiteen tekemiseen ei ollut valmista kehittämistyön tarpeisiin muokattavaa reseptiä. Vedettömän testituotteen valmistuksen reseptimallin lähtökohdaksi valikoitui Laurea-ammattikorkeakoulun kosmetiikkalaboratoriosta huulipunaa resepti, sillä valmistusmenetelmä vaikutti valikoituneiden raaka-aineiden puitteissa saman tyyppiselle. Huulipunaa reseptiä muokattiin ja kehitettiin käytettävissä oleville raaka-aineille sopivaksi. Vedettömän ihovoiteen reseptiä joutuu näin ollen kehittelemään ja testailemaan. Emulsioon löytyi Laurea-ammattikorkeakoulun kosmetiikkalaboratoriosta resepti, jota muokattiin mikroleville sopivaksi. Reseptejä muokattiin tuotekehityksen tulosten mukaisesti.

Kehittämistyössä testattavat lipidifraktiot olivat: Ylikriittisellä hiilidioksidilla uutettu vahaestereitä sisältävä uutotuote *E. gracilis* -mikrolevästä sekä paineistetulla liuotinuutolla (etanoli) uutettu lipidifraktio *E. gracilis* - ja *Selenastrum sp.* -mikrolevistä. Vahaestereitä sisäl-

tävä uuttotuote *E. gracilis* -mikrolevästä on vahamaista ja huoneenlämmössä kiinteäksi jähmettyvää raaka-ainetta sekä väriltään erittäin tummaa ja vihertävää. Paineistetulla liuotintuotolla (etanoli) uutettu lipidifraktio *E. gracilis* - ja *Selenastrum sp.* -mikrolevistä oli koostumukseltaan öljymäistä ja juoksevaa sekä väriltään voimakkaan vihreää. Aineistoa kosmetiikkalaboratoriossa kerättiin useiden viikkojen ajan.

### 7.1 Tuotekehitystuotteet ja säilyvyyskokeet

Tuotekehityksen seurauksena valmistettavat kosmeettiset valmisteet olivat vedetön kosmetiikkatuote, joka toimisi ihovoiteena ja emulsiovoide, joka toimisi niin ikään ihovoiteena. Mikrolevien voimakkaan värin vuoksi vihreää väriä sisältävät ihonhoitotuotteet ajateltiin sopivan couperosalle iholle. Couperosa-ihossa kasvojen alueella ovat pintaverisuonet laajentuneet ja ihoalue on ohutta, jonka vuoksi iho punoittaa. Iho reagoi voimakkaasti ärsykkeisiin ja vaatii hoitotuotteilta herkälle iholle sopivuutta. Myös couperosa-ihon punertava sävy taittuisi optisena harhana klorofyllien vihreän väriaineen avulla.

Ensimmäisenä kosmetiikkalaboratoriossa valmistukseen otettiin vedetön kosmetiikkatuote, jota voisi käyttää ihovoiteena. Ihovoiteen muiksi raaka-aineiksi valikoituivat sheavoi, mustaherukkaöljy, arganöljy, alfatokoferoli sekä ylikriittisellä hiilidioksidilla uutettu vahaestereitä sisältävä uuttotuote *E. gracilis* -mikrolevä (kuva 3). Mustaherukkaöljy on mustaherukan siemistä puristettua öljyä.



Kuva 3: Mikrolevät, vahamainen

Vertailutuotteen raaka-aineet valikoituivat markkinoilla jo olevien vertailutuotteiden perusteella, koska haluttiin vastaavan tyyppinen tuote. Valmistettiin vertailutuote ilman mikrolevää ja toinen tuote, jossa korvattiin osa arganöljyä sekä mustaherukkaöljyä mikrolevällä. Mikroleväuutteita säilytettiin pakastimessa ja 50 asteisessa vesihauteessa 15 minuutissa kiinteä mikroleväuutto sulii ja muuttui juoksevaksi. 5 minuuttia vesihauteen jälkeen huoneenlämmössä mikroleväuutto alkoi jälleen kiinteytyä. Kyseinen mikroleväuute sopisi valmistettavana olevaan kosmeettiseen valmisteeseen (vedetön voide) hyvin vahamaisuutensa ansiosta.

Ensimmäisen testituotteen ainesosat: Butyrospermum parkii butter (sheavoi), Vaccinium corymbosum seed oil (mustaherukkaöljy), Argania Spinosa Kernel Oil (arganöljy), Tocopherol (alfatokoferoli). Valmis tuote oli juoksevaa, joten laitettiin vesihauteeseen jäähtymään. Kiinteytyi 30 minuutissa kylmässä vesihauteessa ja säilytti kiinteän olomuotonsa huoneenlämmössä. Tavoitteena oli saavuttaa tuotekoostumus, joka olisi kiinteä, mutta iholle vietyä ihon lämmön vaikutuksesta nesteytyisi ja levittyisi hyvin iholle. Iholle laitettaessa testituote alkoi sulaa välittömästi, kun puolestaan markkinoilla jo oleva vertailutuote pysyi kiinteänä. Reseptistä valmistettiin erilaisin raaka-ainemäärin vielä uusia testituotteita (kuva 4). Kuvassa 4 nähdään myös markkinoilla jo olevan vertailutuote (valkoinen). Testituote levittyi iholle hyvin.



Kuva 4: Testituotteen koostumus iholla

Mikrolevää lisättiin tuotteeseen 0,5 % tuotteen kokonaismäärästä. Mikrolevän voimakkaan vihreän värin vuoksi kyseistä raaka-ainetta lisättiin tuotteeseen pieni määrä. Mikrolevässä olevat tehoaineet ajateltiin toimivan aktiiviaineena myös pienempänä pitoisuutena. Koostumus säilyi aiemmin valmistetun vertailutuotteen kaltaisena (kuva 5). Mikrolevä värjäsi testituotteen vihreäksi ja iholle levitettynä iho värjäytyi tuotteesta (kuva 6).



Kuva 5: Mikrolevä (vahamainen) valmistuote



Kuva 6: Mikrolevä (vahamainen) valmistuote iholla

Seuraavina testituotteina valmistettiin emulsioita. Tavoitteena oli koostumukseltaan paksuhko voidemainen emulsio iholle. Reseptiksi valikoitui Laurea-ammattikorkeakoulun kosmetiikkalaboratoriosta resepti, josta käytetään nimitystä emulsio 1 tässä työssä. Emulsio 1 ainesosaluettelo: Aqua, Persea Gratissima Oil (avokadoöljy), Caprylic/Capric Triglyceride, Cetearyl Isononanoate, Glycerin, Sodium Polyacrylate, Ethylhexyl Cocoate, PPG-3 Benzyl Ether Myristate, Polysorbate 20, Phenoxyethanol, Parfum. Ulkonäkö tuotteessa oli tavoitteen mukainen, mutta koostumukseen haluttiin enemmän täyteläisyyttä (kuva 7).





Kuva 7: Valmis vertailutuote kylmäsekoitusemulsio

Emulsion reseptiä muokattiin, jotta saavutettaisiin paksumpi koostumus. Edelliseen testireseptiin verrattuna vaihdettiin hieman raaka-aineita, jotta saavutettaisiin tavoiteltava paksumpi koostumus. Uuden emulsio 2. ainesosaluettelo: Aqua, Persea Gratissima Oil, Caprylic/Capric Triglyceride, Cetearyl Isononanoate, Glycerin, Cetearyl Alcohol, C14-22 Alcohols C12-20 Alkyl Glucoside, Phenoxyethanol, Parfum, Xanthan Gum. Tuotteen koostumus aiempaan vertailutuotteeseen oli kumimaisen oloinen, johtuen reseptin muokkaamisesta, kun reseptiin lisättiin ksantaanikumia. Tuotteen ulkonäkö vastasi kuitenkin toivottua tavoitetta. Tuote vaikutti myös vertailutuotteeksi sopivalle, joten lähdettiin muokkaamaan reseptiä jälleen lisäämällä mukaan mikrolevää. Valmistettavaan testituotteeseen valikoitui öljyisempi mikroleväuute, joka oli paineistetulla liuotinuutolla uutettu *E. gracilis* -mikrolevä. Vahamaisempia mikroleviä oli käytetty testituotteissa vedettömässä kosmetiikassa jähmeämmän olomuotonsa vuoksi. Öljyisempää mikrolevää lisättiin tuotteeseen 0,5 % kokonaismäärästä samoin perustein kuin vedettömän valmisteen yhteydessä. Mikrolevä aktiiviaineena arvioitiin toimivan myös pienenä pitoisuutena. Öljyisemmät mikrolevät ovat voimakkaan vihreitä (kuva 8).



Kuva 8: Öljyisen mikrolevän värintestausta iholle

Valmiin tuotteen tuoksu ilman hajustetta oli leville ominainen. Hajusteen lisäämisen jälkeen levän tuoksu pehmeni miellyttäväksi. Valmiin tuotteen pH:n mittaaminen oli haastavaa, sillä emulsion voimakkaan vihreä väri värjäsi pH paperin. Verrattuna verrokkituotteeseen mikrolevä värjäsi tuotteen voimakkaasti (kuva 9).



Kuva 9: Mikrolevä valmistuote sekä verrokkituote

Säilyvyyskokeiden avulla lähdettiin testaamaan mikrolevien säilyvyyden lisäksi myös muiden käytettävien raaka-aineiden sekä valmiiden testituotteiden säilyvyyttä. Säilyvyyskokeiden tulosten perusteella nähtiin myös, tarvitsiko reseptiä muokata lisää. Säilyvyyskokeessa käytetyt raaka-aineet sekä valmiita testituotteita laitettiin lämpökaappiin 60 asteeseen. Oletusarvona oli, että mikrolevä sinällään säilyisi hyvänä pitkään runsaan alfatokoferolipitoisuuden ansiosta. Raaka-aineet kestivät hyvin säilyvyyskokeessa, paitsi mustaherukkaöljyn tuoksu oli muuttunut hieman hapettuneeksi. Mikrolevän leväinen tuoksu oli voimistunut (vrt. alun perin mikrolevän tuoksua voisi kuvailla hieman yrttiseksi). Muiden testinäytteiden kohdalla ei muutoksia. Raaka-aineet sheavoi, mustaherukkaöljy sekä arganöljy olivat pääraaka-aineet valmiissa vertailutuotteessa sekä säilöntäaineena siinä alfatokoferoli. Mustaherukkaöljy ei kuitenkaan ollut päässyt valmiissa testituotteessa hapettumaan. Alfatokoferoli säilöntäaineena testituotteessa auttoi myös selvittämään säilyvyyskokeessa alfatokoferolin tehoa säilöntäaineena. Testinäyte emulsio 2 öljyisellä *E. gracilis* -mikrolevällä oli alkanut muuttua lämmön vaikutuksesta 1,5 viikossa. Tuote oli haihtunut sekä myös faasit olivat lähteneet erottumaan toisistaan ja mikrolevä noussut pintaan, väri lisäksi hieman muuttunut harmahtavan vihreäksi (kuva 10). Laskettiin lämpökaapin lämpötila 40-asteeseen, jotta tuotteet eivät lähtisi kuivumaan tai haihtumaan liikaa.



Kuva 10: Testinäytteet emulsioista lämpökaapissa 1,5 viikkoa

Mikrolevää sisältävässä emulsiossa oli mikrolevä lisätty valmistusvaiheen 3. faasissa tuotteeseen. Erottumisen estämiseksi tehtiin uusi erä muuten samalla reseptillä, mutta lisättiin valmistusvaiheessa öljymäinen mikrolevä *E. gracilis* 2. faasissa emulsioon. Valmistettiin lisäksi uusi testituote emulsio 1 lisättynä öljymäistä *Selenastrum sp.* -mikrolevää, jota lisättiin ottamalla avokadoöljyä saman verran pois (0,5 %). Uudet testituotteet vietiin lämpökaappiin (kuva 11).



Kuva 11: Valmiiden mikroleviä sisältävien voiteiden testinäytteet

Kuvassa 12 näkyvät kolmen erilaisen mikroleviä sisältävien voiteiden testinäytteet säilyvyyskokeiden jälkeen. Kuvasta (kuva 12) pystyy havainnoimaan miten testinäyte emulsio 2 mikrolevällä (mikrolevä viety valmistukseen 2. faasissa) suoriutui säilyvyyskokeesta parhaiten säilyttämällä suhteellisen hyvin alkuperäisen koostuksensa lukuunottamatta haihtumisen aiheuttamia pintamuutoksia. Hapettumista ei ollut aistinvaraisesti havaittavissa ja kaikkien kolmen mikroleviä sisältävien testinäytteiden tuoksut olivat säilyneet alkuperäisen kaltaisena.



Kuva 12: Kolme erilaista mikrolevää sisältävää voidetta säilyvyyskokeen jälkeen

Koeasetelman tuloksena voitiin todeta mikrolevien säilyvyyden hyväksi. Mikrolevät eivät alkaneet missään vaiheessa hapettua. Säilyvyyskokeita jatkettiin yhteensä kahdeksan viikon ajan ja tuona aikana muokattiin reseptejä tarpeen mukaan. Aistinvaraisesti arvioituna mikrolevien klorofyllien väri oli hieman haalistunut säilyvyyskokeen aikana. Alfatokoferoli säilöntäaineena toimi hyvin testinäytteessä, joka sisälsi aistinvaraisessa arvioinnissa huomattua herkästi hapettunutta mustaherukkaöljyä. Alfatokoferoli ehkäisi valmiissa tuotteessa olevan mustaherukkaöljyn hapettumisen. Mikrolevät sisältävät runsaasti alfatokoferoleja, joten valmiiden kosmettisten valmisteiden säilyvyys parani käytettäessä mikroleviä osana kosmetiikkaa verrattuna vastaaviin tuotteisiin ilman mikroleviä.

## 7.2 Tuotekehitysprosessin valmiit tuotokset

Tuotekehitysprosessin valmiina tuotoksina syntyivät kolme erilaista ihovoidetta, joiden työnimet olivat vedetön ihovoide, emulsio 1 ja emulsio 2 (kuva 13).



Kuva 13: Tuotekehitysprosessin valmiit tuotteet

Kuvassa tuotteista on otettu kuva pitkäaikaissäilytyksen jälkeen. Tuotteita on säilytetty 11 kuukautta huoneenlämmössä ja valolta suojattuna. Tuotteet ovat olleet kuitenkin jonkin verran testikäytössä. Mikrolevien osalta kaikissa tuotteissa näkyy pitkäaikaissäilytyksen jälkeen, miten klorofyllien väri on hieman haalistunut. Tuotteissa on koostumus ja tuoksu säilyneet muuttumattomana.

Tutkimuksissa haluttiin kehitellä myös täysin vedetön kosmetiikkatuote, joka toimisi ns. monikäyttötuotteena iholla. Koostumuksesta haluttiin hyvin hoitava ja olomuodoltaan hieman kiin-

teämpi. Tähän tuotteeseen valikoitui ylikriittisellä hiilidioksidilla uutettu vahaestereitä sisältävä uutustuote *E. gracilis* -mikrolevästä. Vahamaisen olomuotonsa vuoksi kyseisen mikrolevän ajateltiin toimivan hyvin osana vedetöntä ihovoidetta, jossa pääraaka-aine oli sheavoi, joka myös on kiinteää. Vedettömän ihovoiteen ainesosaluettelo: Butyrospermum parkii butter (sheavoi), Vaccinium corym-bosum seed oil (mustaherukkaöljy), Argania Spinosa Kernel Oil (arganöljy), Tocopherol (alfatokoferoli). Iholle vietyinä kiinteä voide pehmeni ihon lämmön vaikutuksesta, levittyi sekä imeytyi hyvin iholle. Vedettömän ihovoiteen koostumus oli hyvin säilyvä, eivätkä raaka-aineet lähteneet valmiissa tuotteessa erottumaan toisistaan pitkäaikaissäilytyksessäkään. Pitkäaikaisäilytyksessä todettiin myös tuoksun säilyneen tuotteessa alkuperäisenä. Tuotteesta nousee esiin voimakkaimmin sheavoin tuoksu. Ylikriittisellä hiilidioksidilla uutettua vahaestereitä sisältävää uutustuotetta *E. gracilis* -mikrolevää oli valmiissa tuotteessa 0,5 % tuotteen kokonaismäärästä. Kuva valmiista tuotteesta pitkäaikaisäilytyksen (11 kuukautta) jälkeen (kuva 14).



Kuva 14: Tuotekehitysprosessin tuotos: vedetön ihovoide

Erityyppiset emulsiovoiteet ovat ihovoiteista eniten käytettyjä. Tässä kehittämistyössä haluttiin testata kahta erilaista emulsioreseptiä, jotta voitiin todentaa, miten koostumus säilyy mikrolevien kanssa erityyppisissä emulsioidissa. Tuotekehitysvaiheessa testailtiin erilaisia emulsioreseptejä, joista toisissa lähti raaka-aineet erottumaan toisistaan säilyvyyskokeen aikana lämpökaapissa. Raaka-ainesisältöjä tai työskentelyvaiheita hieman muuttamalla valikoitui

kaksi erityyppistä emulsiota lopputuotteiksi. Ihan viimeisimmissä valmistuotteissa oli mikrolevän öljyistä, paineistetulla liotinuutolla (etanoli) uutettua lipidifraktiota *E. gracilis* -mikrolevästä. Mikroleviä oli testausvaiheessa myös kolmaskin, joka oli paineistetulla liotinuutolla (etanoli) uutettu lipidifraktio *Selenastrum sp.* -mikrolevä. Mikrolevän lajikkeella ei kuitenkaan todettu testausvaiheessa olevan erityistä merkitystä lopputuotteeseen aistinvaraisesti arvioituna, joten viimeisimpiin tuotteisiin valikoitui vain toinen mikrolevä. Tarkoitus oli tutkia, miten sama mikrolevä toimii erilaisissa emulsioresepteissä. Erityyppiset emulsiot erotettiin tässä kehittämistyössä numeroin eli emulsio 1 (kuva 15) ja emulsio 2 (kuva 16). Emulsio 1 ainesosaluettelo: Aqua, Persea Gratissima Oil (avokadoöljy), Caprylic/Capric Triglyceride, Cetearyl Isononanoate, Glycerin, Sodium Polyacrylate, Ethylhexyl Cocoate, PPG-3 Benzyl Ether Myristate, Polysorbate 20, Phenoxyethanol, Parfum. Emulsio 2. ainesosaluettelo: Aqua, Persea Gratissima Oil, Caprylic/Capric Triglyceride, Cetearyl Isononanoate, Glycerin, Cetearyl Alcohol, C14-22 Alcohols C12-20 Alkyl Glucoside, Phenoxyethanol, Parfum, Xanthan Gum.



Kuva 15: Tuotekehitysprosessin tuotos: emulsio 1



Kuva 16: Tuotekehitysprosessin tuotos: emulsio 2

Erityyppisten emulsioiden erot olivat tuotteen koostumuksessa. Emulsio 1 oli täyteläisemmän oloista ja emulsio 2 notkeampaa. Emulsio 2 sisälsi ksantaanikumia, joka teki koostumuksesta hieman kumimaisen oloisen. Pitkäaikaissäilytyksen (11 kuukautta) jälkeen voidaan aistinvaraisesti arvioiden todeta, että kummankaan tuotteen koostumus tai tuoksu eivät olleet muuttuneet säilytyksen aikana, mutta mikrolevien väri tuotteessa oli 11 kuukauden aikana hieman haalistunut alkuperäisestä. Paineistetulla liuotinuutolla (etanoli) uutettua lipidifraktiota *E. gracilis* -mikrolevästä oli valmiin tuotteen kokonaismäärästä 0,5 %.

Kehittämistyön tuotekehitysprosessin lopputuotoksista voidaan pitkäaikaissäilytyksen jälkeen aistinvaraisesti arvioituna todeta, että mikrolevien erilaisilla uutomenetelmillä ei ole vaikutusta valmiin kosmetiikkatuotteen säilyvyyteen tai tuoksuun. Valmiiden tuotosten perusteella voidaan todeta pitkäaikaiskokeen jälkeenkin mikrolevien kestävän hyvin kosmetiikan valmistuksessa ja säilyvyyskokeissa. Mikrolevät sulautuvat hyvin muiden raaka-aineiden sekaan ja pysyvät tasalaatuisina kosmeettisessa valmisteessa.

### 7.3 Tuotetestaajat

Kosmetiikkalaboratoriossa tehtyjen tuotetestausten edetessä oli muutamia henkilöitä testaamassa tuotteita.



### Testihenkilö 1

Koehenkilönä toimi tuotteiden valmistaja. Henkilöllä oli vasemman käden kämmenselässä ihottuma-alue. Kämmenselkään testausten edetessä tuotteiden valmistaja kokeili tuotteita, joissa oli mukana vahaestereitä sisältävää uuttotuotetta *E. gracilis* -mikrolevästä. Kosmetiikkalaboratorio päivien edetessä testaaaja havaitsi, miten nopeasti kuukausia kämmenselässä jatkunut ihottuma-alue alkoi parantua ja iho pehmentyi sekä ärtyneisyys helpottui. Iho värjäytyi mikrolevää sisältävästä voiteesta, mutta se värjäytyi miellyttävän väriseksi. Vahaestereitä sisältävä uuttotuote *E. gracilis* -mikrolevästä on väriltään hyvin tummaa, vihertävää, mutta pienenä määränä kosmeettisen tuotteen osana iholla voiteen väristä tuli mieleen pehmeä oliivisuus ja kellertävyys, joka toimi hyvänä väriaineena iholla.

Koehenkilö kokeili seuraavaksi erilaisia emulsiovoiteita kasvojen ja kaulan alueen iholle. Testattavana olivat valmiit emulsiovoiteet, jotka sisälsivät paineistetulla liuotinuutolla (etanoli) uutettuja lipidifraktioita *E. gracilis* - ja *Selenastrum sp.* -mikrolevistä. Emulsiovoiteen koostumus tuntui miellyttävälle. Ongelmaksi testipäivien kuluessa myös osoittautui voiteen värjäävä ominaisuus. Vaatteet, jotka olivat kosketuksissa mikrolevää sisältävän emulsiovoiteen kanssa, värjäytyivät vihertäviksi. Tämä vihertävyys ei lähtenyt pesuissa pois. Paineistetulla liuotinuutolla (etanoli) uutettuja lipidifraktioita *E. gracilis* - ja *Selenastrum sp.* -mikrolevistä saatu raaka-aine oli voimakkaan vihreää ja vihreä väri säilyi, vaikka raaka-ainetta oli hyvin pieni osa valmiissa kosmeettisessa tuotteessa. Testihenkilö piti emulsioiden jättämästä pehmeiden tunteesta iholla.

### Testihenkilö 2

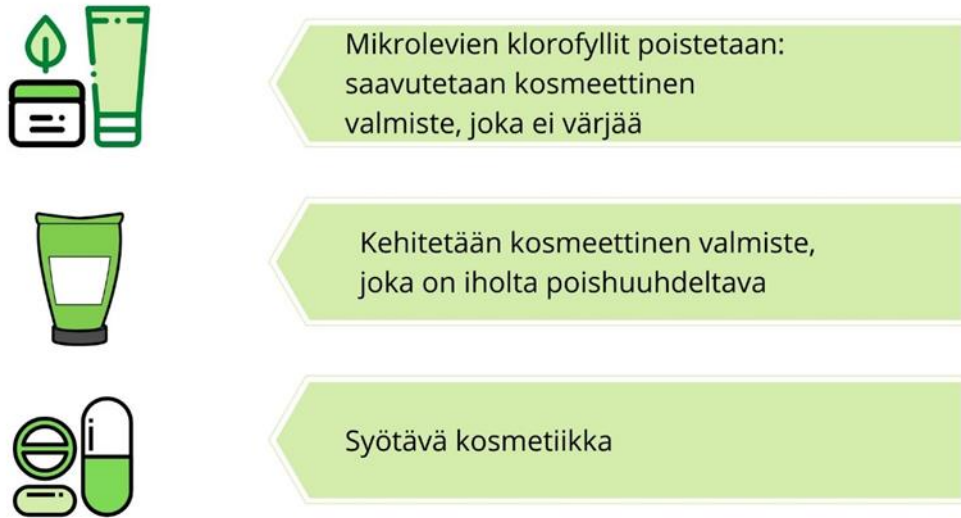
Henkilöllä oli lääkekuurin aiheuttamia erittäin kuivia ja hilseileviä alueita kasvoilla. Henkilölle annettiin testiin vedetön ihovoide, jossa oli osana vahaestereitä sisältävää uuttotuotetta *E. gracilis* -mikrolevästä. Testihenkilö piti tuotteen koostumuksesta sekä koki samoja tunteita tuotteen ihoa värjäävästä ominaisuudesta kuin testihenkilö 1. Henkilö piti sävystä, jonka voide iholle toi. Hän kuvaili sitä ”kuin olisi laittanut itseruskettavaa voidetta iholle”. Mutta testipäivien kuluessa henkilö huomasi, että hänen petivaatteensa värjäytyi, kun laitto voide iltaisin ennen nukkumaanmenoa. Värjäytyneet kohdat petivaatteissa eivät pesujen jälkeen enää palautuneet alkuperäisen värisiksi. Testihenkilön kuiva ja karhea ihoalue oli testijakson jälkeen pehmeämpi ja kosteutetumman oloinen.

Yhteenvetona testihenkilöiden palautteista voidaan todeta testihenkilöiden kokeneen ihon olleen selvästi pehmeämpi käytön jälkeen, mikrolevää sisältänyt voide oli rauhoittanut atomia-alueetta sekä hoitanut lääkekuurin kuivattamaa ihoa. Tuotetestaajat kokivat mikroleviä sisältävät tuotteet miellyttävinä.

#### 7.4 Kehittämistyön tutkimustulosten yhteenveto ja kehitysideat

Tämän tutkimuksellisen kehittämistyön tavoitteena oli tutkia sivuvirtana tai sivuvirran kautta syntyvän raaka-aineen hyödyntämistä kosmetiikan osana ja testata uutta raaka-ainetta sekä tuotekehityksen kautta kehitellä monikäyttöinen kosmetiikkatuote, joka olisi mahdollisimman hyvin säilyvä sekä helppo ottaa mukaan esimerkiksi matkalle. Kosmetiikkalaboratoriossa valmistettiin prototyyppi vedettömästä ihovoiteesta sekä emulsiovoiteista, jotka sisälsivät toimeksiantajan raaka-ainenyhteitä. Tuotekehityksen edetessä koehenkilöt testasivat tuotenäytteitä. Tuotekehitysprosessin valmiina tuotoksina syntyivät kolme erilaista ihovoidetta, joista yksi oli vedetön ihovoide ja kaksi muuta erityyppisiä emulsioita. Tuotetestauksen seurauksena ilmeni ei-toivottuna ominaisuutena voiteiden värjäytyys. Tämän seurauksena kehitettiin jatkokehitysideoita mikrolevien käytölle.

Yhteenvetona kehittämistyön tutkimustuloksista voisi vetää jatkokehitysehdotuksena kolme erilaista kehitysideaa testikäytössä olleille mikroleville (kuviot 18). Yhtenä vaihtoehtoehdotuksena näille kehittämistyössä olleille mikroleville olisi mikrolevien uutteen jatkojalostus niin, että klorofyllit poistettaisiin raaka-aineesta. Klorofyllien poistamisen jälkeen olisi mahdollista valmistaa kosmeettinen valmiste, joka ei värjäisi. Toisena vaihtoehtona kehittämistyön lopputuloksista johdettuna ehdotuksena olisi iholta poishuuhdeltava kosmetiikka. Nämä tässä kehittämistyössä testauksessa olleet mikrolevät voisivat toimia hyvin ominaisuuksiensa puolesta iholta poishuuhdeltavien kosmeettisten valmisteiden osana. Iho hyötyisi mikrolevien hyvistä puolista, mutta kosmeettista valmistetta ei jätettäisi iholle, vaan huuhdeltaisiin pois, jolloin väriaineet eivät jäisi värjäämään tarpeettomasti. Tällainen kosmeettinen valmiste voisi olla kasvonaamio. Kolmantena kehittämistyön lopputuloksista johdettuna ehdotuksena olisi syötävä kosmetiikka. Syötävä kosmetiikka eli lisäravinteet, joilla voisi olla vaikutusta ihoon tai hiuksiin ovat kiinnostusta herättävä sekä mahdollisesti monen kosmetiikkasarjan kosmeettisten valmisteiden rinnalle tuleva lisämyynti tulevaisuudessa.



Kuvio 18: Kehittämistyön jatkokehitysideoita

Kehittämistyön tulosten yhteenvedona voidaan todeta näiden testissä olleiden mikrolevien olevan arvokas lisä kosmetiikkaan, joko kosmeettisen valmisteen osana tai syötävänä kosmetiikkana eli lisäravinteena. Testikäytössä olleiden mikrolevien koettiin tekevän hyvää iholle pehmentävien vaikutustensa ansiosta ja todettiin niiden säilyvän hyvänä kosmeettisen valmisteen osana sekä lisäsivät kosmeettisen valmisteen säilyvyyttä.

## 8 Johtopäätökset

Tämän tutkimuksellisen kehittämistyön tavoitteena oli uuden sivuvirrasta tuotetun raaka-aineen testaaminen sekä tuotekehityksen kautta tavoitteena oli kehitellä monikäyttöinen kosmetiikkatuote, joka olisi mahdollisimman hyvin säilyvä sekä helppo ottaa mukaan. Testauksen avulla oli tarkoitus tutkia sivuvirran kautta syntyneen raaka-aineen toimivuutta kosmetiikassa. Kehittämistyön tavoitteena oli myös tutkia teollisuuden sivuvirtana tai sivuvirran kautta syntyvän raaka-aineen aktiivisainepitoisuuksia sekä näiden hyötyjä. Kehittämistyön tarkoituksena oli lisätä tietoisuutta arvokkaista raaka-aineista, joilla on kestävä kehityksen mukainen lisäarvo. Tässä kehittämistyössä tutkittiin sivuvirtojen kautta hyödynnettävien raaka-aineiden käyttöä kosmetiikassa. Tutkimuksen kohteena olivat erityisesti toimeksiantajan toimittamat mikrolevät ja mitä arvokkaita ominaisuuksia kosmetiikkateollisuus voisi hyödyntää niistä.

Tässä tutkimuksellisessa kehittämistyössä käytettiin pääasiassa kvalitatiivisia tutkimusmenetelmiä. Opinnäytetyössä oli tuotekehitystyyppinen osuus, jossa hyödynnettiin myös aistinvaraista

arviointia. Aineistonkeruumenetelmänä opinnäytetyössä käytettiin dokumentointia, joka on yksi laadullisen tutkimuksen aineistonkeruumenetelmä (Kananen 2015, 81; Kananen 2019 28-29). Teoriapohjan synteessissä pyrittiin etsimään vastauksia mahdollisimman monesta eri lähteestä aiheisiin kestävästä kehityksestä, kiertotaloudesta, ekologisuudesta, teollisuuden sivuvirroista, raaka-aineiden bioaktiivisuudesta ja kaikesta tiedosta, mikä puoltaisi raaka-aineiden saantia kosmeettisiin tarkoituksiin teollisuuden sivuvirroista. Etsittiin vastauksia myös, mikä puoltaisi mikrolevien käyttöä kosmetiikassa ja vastaisi kysymykseen, miksi juuri näitä testattavina olleita raaka-aineita tulisi käyttää kosmetiikassa.

Kehittämistyössä testattiin kolmen mikrolevistä uutetun rasvaliukoisen fraktion (kemiallinen jakotisle) soveltuvuutta kosmetiikan raaka-aineksi. Helsingin yliopistossa näitä käytettäviä materiaaleja eli mikroleviä on kasvatettu mm. viljelmänä kiertovesikalankasvattamon jätevedessä. Jätevesi on kalankasvattamon sivuvirtaa. Kehittämistyössä tutkittiin, mitä hyötyjä ja mitä arvokkaita ominaisuuksia on sivuvirran kautta syntyneessä raaka-aineessa ja miten niitä saadaan kestävä kehityksen mukaisesti tuotettua. Raaka-aineen hiilijalanjäljen vähentämisen kautta voitaisiin tuottaa ympäristöystävällisempää kosmetiikkaa. Tehostamalla jätehuoltoa ja hyödyntämällä sivuvirtoja saadaan raaka-aineiden hiilijalanjälkeä vähennettyä (Dell'Acqua 2017). Tutkimusongelmana oli sivuvirtojen hyödyntäminen kosmeettisena raaka-aineena sivuvirrassa kasvatettujen mikrolevien muodossa. Tässä kehittämistyössä pyrittiin ratkaisemaan ongelmia raaka-aineen sopivuudesta kosmeettisen valmisteen osana ja sen kaupallistamisesta. Tässä kehittämistyössä tutkimusongelmista johdetut tutkimuskysymykset olivat mistä saadaan kestävä kehityksen mukaisesti tuotettuja raaka-aineita kosmetiikan kulutuksen lisääntymisen kautta syntyneeseen kosmetiikkateollisuuden raaka-aineiden lisääntyneeseen tarpeeseen sekä kuinka sivuvirroista tuotettu raaka-aine toimii (hyödyt, turvallisuus, saatavuus).

Kehittämistyössä tutkimuksen kohteena olivat erityisesti mikrolevien sisältämät yhdisteet ja mitä arvokkaita ominaisuuksia kosmetiikkateollisuus voisi hyödyntää niistä. Tuotekehitysprosessin tavoitteena oli kehitellä uusia ideoita kosmeettisista valmisteista tämän testattavana olleen uuden raaka-aineen ympärille. Lisäksi tutkimuskysymyksiä olivat kyseisen raaka-aineen mahdolliset vaikutukset käytettävässä kohteessa, tässä tapauksessa iholla. Tuotekehitysmenetelmän avulla löydettiin ratkaisu, millaisia mikroleviä sisältäviä kosmeettisia valmisteita valmistettiin kosmetiikkalaboratoriossa. Teollisuuden ja maatalouden sivuvirrassa on paljon arvokkaita ominaisuuksia jäljellä, joita voidaan hyödyntää kosmetiikan aktiiviaineina (Dell'Acqua 2017). Raaka-aineiden saatavuus kestävä kehityksen mukaisesti esimerkiksi sivuvirrasta, vie koko kosmetiikkateollisuuden toimintaa enemmän kohti kestävämpää kehitystä (Bom ym. 2019).

Kiertotalouden periaatteiden mukaan jätettä ei synny ollenkaan, vaan teollisuuden tuotannot suunnitellaan niin, että kaikki materiaalivirrat pystytään hyödyntämään. Kiertotalouden näemyksenä on, että ylijäämämateriaalit voivat toimia raaka-aineena muissa tuotannoissa. (Berg 2016, 3; Daae ym. 2018). Sivuvirran kautta tuotettu uusi raaka-aine ratkaisisi näitä ongelmia. Sivuvirtojen kautta syntyvissä raaka-aineissa on arvokkaita yhdisteitä jäljellä, kuten näissä tutkimusten kohteena olleissa toimeksiantajan toimittamissa uusissa raaka-aineissa. Sivuvirran jälkikäsitteilyllä saataisiin uutettua bioaktiivisia yhdisteitä kuten makroravinteita (proteiinit ja hiilihydraatit) sekä fytokeemikaaleja. Fytokeemikaaleihin luokitellaan mm. fenoliset yhdisteet ja karotenoidit. Monet erilaiset kasvit ovat tärkeä lipidien lähde. Kemialliselta termiltä kasviöljyt ovat triglyseridien yhdistelmää tyydyttyneitä tai tyydyttymättömiä rasvahappoja. (Zielinska & Nowak 2014; Lim, Singhal, Kachroo & Kachroo 2017; Michalak & Kiettyka-Dadasiewicz 2018; Coman ym. 2020.)

Kehittämistyön tutkimuksellisessa osassa tutkimusmateriaalina toimivat toimeksiantajan toimittamat raaka-ainenäytteet. Kehittämistyössä testattavat raaka-ainenäytteet olivat: ylikriittisellä hiilidioksidilla uutettu vahaestereitä sisältävä uutustuote *E. gracilis* -mikrolevästä sekä paineistetulla liuotinuutolla (etanoli) uutettu lipidifraktio *E. gracilis* - ja *Selenastrum sp.* -mikrolevistä. Mikrolevät sisältävät klorofyllejä, jotka tekevät raaka-aineelle voimakkaan vihreän värin. Mikrolevien tuottamat väriaineet hyödyntävät sekä elintarvike- että kosmetiikkateollisuutta luonnollisina väriaineina (Widianingsih ym. 2013; Joshi ym. 2018). Kehittämistyössä testattavina olleiden mikrolevien väriainemäärät olivat sen verran voimakkaita, että tuotekehitys muokkautui sen mukaan iholle laitettavien kosmeettisten valmisteiden kehittelyyn. Tavoiteltiin myös couperosalle iholle sopivaa ihovoidetta, jolloin klorofyllien vihreää väriainetta pystyi hyödyntää luomaan optisen harhan punertavaan ihoon vastaväriteorian mukaisesti. Mikroleviä sisältävät emulsiovoiteet toimivat tämän tavoitteen mukaisesti hyvin häivyttäen vihreän värinsä avulla couperosan punertavaa ihoa.

Kehittämistyön tutkimustuloksina voidaan todeta mikrolevien olevan arvokas lisä kosmetiikkaan. Testattavina olleiden mikrolevien monityydyttymättömät rasvahapot ja alfatokoferolipitoisuus ovat tärkeitä ominaisuuksia kosmetiikassa. Testattavina olleiden mikrolevien leväute toimisi juuri näiden sisältämiensä yhdisteiden puolesta erinomaisen hyvin kosmeettisten valmisteiden osana. Mikrolevät kestivät valmistuksessa ja säilyvyyskokeissa hyvin. Ne sulautuivat hyvin muiden raaka-aineiden sekaan ja pysyivät tasalaatuisina säilyvyyskokeiden aikana, kun reseptejä hieman tutkimustyön edetessä muokattiin. Pitkäaikaiskokeenkin jäljiltä mikroleviä sisältävät valmiit ihovoiteet olivat säilyttäneet koostumuksensa ja eivät olleet alkaneet hapettua. Mikrolevien alfatokoferolipitoisuuden vuoksi säilöntäaineen määrää olisi mahdollista pitää kosmeettisen valmisteen reseptissä pienempänä osuutena. Alfatokoferolilla on antioksidanttisia vaikutuksia ja antioksidanteilla on kyky hapettaa itsensä muiden molekyylien sijaan

(Lupo 2001; Costa & Santos 2017). Alfatokoferoli toimii vahvana antioksidanttina estäen vapaiden radikaalien toimintaa tuotteessa. Näin ollen kosmeettisen valmisteen säilyvyyttä pystytään parantamaan alfatokoferolien avulla.

Tuotekehityksen kautta syntyi ideoita erilaisista ihonhoitotuotteista ja valmistettaviksi kosmeettisiksi tuotteiksi valikoituivat erityyppiset ihovoiteet. Testausvaiheessa valmistettiin erilaisia emulsioita sekä nykyisen nousevan suuntauksen mukaisesti haluttiin myös testata mikroleviä vedettömässä kosmetiikassa. Vedetön kosmeettinen tuote toimi hyvin myös monikäyttötuotteena eli sama tuote toimi ihon lisäksi myös huulilla. Huulivoiteelle tyypillistä on rasvainen koostumus ja näin ollen rasvainen tuote jäisi hyvin suojaamaan huulia ulkoisten tekijöiden ärsykeiltä (tuuli, pakkanen, kuiva sisäilma). Monikäyttöiset kosmeettiset valmisteet ovat myös nouseva suuntaus kosmetiikkamarkkinoilla. Vedetöntä kosmetiikkaa haluttiin kehittää myös senkin vuoksi, koska kosmeettiset tuotteet, joissa mukana vettä ovat herkimpiä pilaantumaa ja näin ollen pystyttäisiin vähentämään säilöntäaineen määrää tuotteessa.

Tutkimustyön edetessä valmiiden testituotteiden testausvaiheeseen huomattiin mikrolevien ihoa hoitavien rasvahappojen toimivan hyvin atopiaan taipuvaisella iholla. Mikrolevien antibakteeristen vaikutusten vuoksi atopia-alueiden tulehdus rauhoittui. Mikrolevien hyvien rasvojen vaikutuksesta kuivan karhea ihoalue pehmeni. Rasvat pehmittävät ihoa sekä estävät kosteuden haihtumista iholta. Mikäli iholta puuttuu ihon omia luontaisia rasvoja, iho oireilee kuivumalla, hilseilemällä, mahdollisesti tulehtumalla sekä reagoimalla ärsykkeisiin voimakkaammin. (Zielinska & Nowak 2014; Michalak & Kiettyka-Dadasiewicz 2018.) Mikrolevistä uutettujen bioaktiivisten yhdisteiden avulla voidaan hoitaa vaurioitunutta ihoa ja estää tulehdusprosesseja. Mikrolevien uutteissa on erilaisia bioaktiivisia yhdisteitä, jotka nopeuttavat vaurioituneen ihon paranemisprosessia ja ylläpitää ihon kosteutta. (Mourelle ym. 2017; Joshi ym. 2018). Mikrolevät sisältävät alfatokoferolia, jolla on antioksidanttisia vaikutuksia ja toimii myös kosteuttavana aineosana (Lupo 2001). Mikrolevät ovat yleisesti hyvin siedettyjä raaka-aineita ja sopivat myös herkkä- ja kuivaihaisille testihenkilöille. Mikrolevillä on hyvin alhainen riski aiheuttaa allergioita (Apone ym. 2019).

Kosmetiikassa myydään myös loppukäyttäjille mielikuvia. Useasti kosmeettisen valmisteen väriin lisäksi myös valmisteen tuoksu vaikuttaa ostopäätökseen. Leville tunnusomaisen tuoksun sai hyvin peitettyä kosmeettiseen valmisteeseen lisätyllä hajusteella. Yhteenvetona kehittämistyön tutkimustuloksista voidaan todeta näiden testissä olleiden mikrolevien olevan arvokas lisä kosmetiikkaan joko kosmeettisen valmisteen osana tai syötävänä kosmetiikkana eli lisäravinteena. Mikrolevien klorofyllien todettiin kuitenkin olevan haastavia, joten jatkokehitysehdotuksena ideoitiin kolme erilaista uutta vaihtoehtoa näille testikäytössä olleille mikroleville. Testikäytössä olleiden mikrolevien todettiin tekevän hyvää iholle ja säilyvän hyvänä kosmeettisen valmisteen osana sekä lisäsivät kosmeettisen valmisteen säilyvyyttä, joten ensimmäi-

senä jatkokehitysideana näille kehittämistyössä olleille mikroleville olisi mikrolevien uuttei- den jatkojalostus niin, että klorofyllit poistettaisiin raaka-aineesta. Mikrolevistä poistettuja väriaineita voisi hyödyntää kosmetiikan väriaineena, esimerkiksi osana ekokamppaajien käyttä- miä hiusvärejä, joissa tarvitaan luonnonmukaisia raaka-aineita sekä lisäksi elintarviketeolli- suus voisi hyödyntää klorofyllejä värjäämään elintarvikkeita. Esimerkkinä Fazerin Vihreän kuulan sisältämä väriaine on E141 eli klorofylli- ja klorofylliinikuparikompleksi, joka valmiste- taan klorofyllistä (Fazer; Ruokavirasto).

Toisena vaihtoehtona kehittämistyön lopputuloksista johdettuna ehdotuksena olisi iholta poishuuhdeltava kosmetiikka. Nämä tässä kehittämistyössä testauksessa olleet mikrolevät voi- sivat toimia hyvin ominaisuuksiensa puolesta iholta poishuuhdeltavien kosmeettisten valmis- teiden osana. Iho hyötyisi mikrolevien hyvistä puolista, mutta kosmeettista valmistetta ei jä- tettäisi iholle, vaan huuhdeltaisiin pois. Tällainen kosmeettinen valmiste voisi olla kasvonaa- mio. Näiden mikrolevien rasvahapot ja alfatokoferolit toimisivat kasvonaamiossa ihoa peh- mentävinä sekä kosteuttavina aineosina kuin myös antioksidanttisten vaikutustensa vuoksi li- säisivät myös valmiin kosmeettisen valmisteen säilyvyyttä. Lisätutkimuksia tarvittaisiin, että saataisiin arvioita siitä, paljonko pois huuhdeltavan kosmeettisen valmisteen raaka-aineiden hyödylliset ominaisuudet lopulta vaikuttaisivat ihoon. Jatkotutkimusehdotuksena valmistettai- siin sekä kasvonaamio että tässä tutkimustyössä valmistettu ihovoide. Lisäksi tarvittaisiin tuo- tetestaajien otos, jotka testaisivat molempia tuotteita. Testialue voisi olla käsivarressa, jol- loin toiseen käsivarteen käytettäisiin kasvonaamiota ja toiseen ihovoidetta. Testijaksoa ennen sekä testijakson jälkeen instrumentaalisin menetelmin ihon kosteusmittarin avulla voisi tutkia paljonko iho hyötyy mikrolevien vaikutuksesta ja vertailla näiden kahden testattavana olevan kohteen tuloksia keskenään. Tällaisen tutkimuksen seurauksena voisi tutkimustulosten perus- teella todeta onko näillä testinäyttemikrolevillä sellaisenaan ilman klorofyllien poistamista kaupallista kysyntää. Mikäli toivottavaa ja tavoiteltavaa vaikutusta iholle ei jäisi pois huuhdel- tavasta tuotteesta voisi olla paikallaan mikrolevien jatkokäsittely, jossa klorofyllit poistetta- siin.

Kolmantena kehittämistyön lopputuloksista johdettuna ehdotuksena olisi syötävä kosmetiikka. Syötävä kosmetiikka eli lisäravinteet, joilla voisi olla vaikutusta ihoon tai hiuksiin ovat kiin- nostusta herättävä sekä mahdollisesti monen kosmetiikkasarjan kosmeettisten valmisteiden rinnalle tuleva lisämyynti tulevaisuudessa. Mikrolevät sisältävät aiempien tutkimusten mukaan runsaan määrän elimistölle hyviä yhdisteitä. Mikrolevät sisältävät aminohappoja, hiilihydraat- teja, väriaineita, lipidejä, vitamiineja, antioksidantteja ja hivenaineita (mm. rauta, kupari ja sinkki) lajikkeesta riippuen. (Spolaore ym. 2006; Joshi ym. 2018, Koyande ym. 2019.) Syötävä kosmetiikka voisi olla kapseli, tabletti tai esimerkiksi muuhun nesteeseen sekoitettava tippa.

Jotta raaka-aine voisi kaupallistua lisäravinteena, joka luokitellaan elintarvikkeeksi, tulee sille tehdä turvallisuusselvitys ja lupahakemus. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen

(2015/2283) mukaan uuselintarvikkeen turvallisuus tulee arvioida ennen markkinoille pääsyä. Uuselintarvikkeesta tehdään hakemus komissiolle. Hakemuksen tulee sisältää selvityksen uuselintarvikkeen turvallisuudesta. Komissio pyytää elintarviketurvallisuusviranomaisen lausuntoa ennen kuin uuselintarvike saa hyväksynnän. Tämä koskee myös elintarvikkeita, jotka ovat tarkoitettu käytettäväksi ravintolisänä. Asetuksen mukaan uuselintarvikkeella tarkoitetaan elintarviketta, joka ei ole ollut käytössä merkittävässä määrin ihmisen ravintona ennen unionissa 15.5.1997. (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus... (EU) 2015/2283.) Uuden raaka-aineen saattaminen markkinoille kosmeettisena raaka-aineena vaatii myös turvallisuusselvityksen ennen kuin uusi raaka-aine voidaan hyväksyä kosmeettiseksi raaka-aineeksi (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus... (EY) N:o 1223/2009.)

Mikrolevät ovat lähes kaikkien vitamiinien ja välttämättömien rasvahappojen lähde (Spolaore ym. 2006; Koyande ym. 2019). Ravintolisävalmisteet voivat sisältää erilaisia vitamiineja ja rasvahappoja. Ravintolisävalmisteen terveystäiteet voivat olla sellaisia, jotka löytyvät hyväksytyjen terveystäiteiden luettelosta, jota ylläpidetään EU komission toimesta. Mikäli näistä mikroleväuutteista valmistettaisiin syötävää kosmetiikkaa, löytyy hyväksytyjen terveystäiteiden listalta suotuisia vaikutuksia ihon hyvinvoinnin ylläpitämiseen mikrolevien sisältämistä yhdisteistä mm. A-vitamiini, B2-vitamiini, biotiini ja C-vitamiini. Lisäksi löytyy näyttöä alfa-linoleenihapon terveystäiteuksista. (European Commission.)

Raaka-aineiden alkuperä, ekologisuus, eettisyys sekä tuotantomenetelmät kiinnostavat sekä herättävät kuluttajissa kysymyksiä (Barbulova ym. 2015). Kehittämistyön tutkimustuloksina voidaan todeta mikrolevien vastaavan kuluttajien tarpeeseen ja tietoisuuteen siitä, mistä raaka-aine on peräisin sekä raaka-aineen ekologisuuteen kuin myös ympäristötietoisuuteen. Mikrolevien kasvattaminen vaatii pinta-alaltaan huomattavasti vähemmän alaa kuin jokin toinen luonnonraaka-aine ja mikrolevät tuottavat satoa runsaasti nopealla tahdilla niin kasvattamalla kuin luonnonvesissäkin (Wang ym. 2015). Testattavina olleiden mikrolevien moniyydyttymättömät rasvahapot ja antioksidanttiset vaikutukset ovat tärkeitä ominaisuuksia kosmetiikassa.

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että kehittämistyön tavoite ja tarkoitus saavutettiin. Yhteenvetona voidaan todeta sivuvirrasta tai sivuvirran kautta tuotetun raaka-aineen toimivan kosmetiikan raaka-aineena. Kosmetiikkateollisuus saisi sivuvirran kautta luonnosta peräisin olevia arvokkaita raaka-aineita.



## 9 Pohdinta

Kosmeettisten raaka-aineiden alkuperä herättää kiinnostusta yhä enemmän. Ekologisuus, eettisyys sekä kestävä kehitys mukainen toiminta ovat osa huomioon otettavia seikkoja hyvinvointiteollisuuden parissa. Tutkimuksia kuitenkin tarvitaan, jotta nykytoiveiden mukaiset kosmeettiset raaka-aineet olisivat toimivia kosmetiikan osana. Kehittämistyön aihe oli ajankohtainen ottaen huomioon nykysuuntauksen sekä tulevaisuusnäkökulmat. Kehittämistyön tarkoituksena oli lisätä tietoisuutta arvokkaista teollisuuden sivuvirran kautta syntyvistä raaka-aineista, joilla on kestävä kehitys mukainen lisäarvo sekä tavoitteena oli tutkia teollisuuden sivuvirran hyödyntämistä kosmetiikassa ja testata sivuvirrassa kasvatettujen mikrolevien toimivuutta osana kosmeettista valmistetta. Ongelmana on raaka-aineiden saatavuus luonnon raaka-aineita loppuun kuluttamatta sekä kestävä kehitys mukaisesti tuotetut raaka-aineet ja niiden hyödyt, lisäksi toimivuus ja säilyvyys kosmetiikan osana. Tässä kehittämistyössä tutkimusongelmista johdetut tutkimuskysymykset olivat mistä saadaan kestävä kehitys mukaisesti tuotettuja raaka-aineita sekä kuinka sivuvirroista tuotettu raaka-aine toimii (hyödyt, toimivuus, säilyvyys). Tutkimusongelmaan haettiin ratkaisua tietoperustan sekä kehittämistyön tutkimuksellisen osan kautta. Tutkimuksessa testattiin toimeksiantajan raaka-ainenäytteitä, miten ne toimivat kosmeettisen valmisteen osana ja miten koehenkilöt kokivat mikrolevää sisältävät kosmeettiset valmisteet sekä mitkä ovat arvokkaita mikrolevien sisältöjä kosmetiikalle ja miksi. Kehittämistyölle asetettuihin tutkimuskysymyksiin saatiin vastaus tämän kehittämistyön tuloksien kautta.

Luotettavan tutkimustuloksen varmistamiseksi tutkittavaa kohdetta lähestyttiin monin eri menetelmin. Tarkasteltuna tutkimustyön luotettavuuden validiteettia tässä työssä nousee se esiin sekä alun teoriapohjan synteessissä, että kokeellisessa osassa. Tutkimuksessa on keskitytty niihin asioihin, jotka ovat oleellisia eli valideja (päteviä) tutkimustulosten kannalta ja hyödyttävät kokonaisuutena tutkimustulosten analysoinnissa. Tarkasteltuna puolestaan tutkimustyön luotettavuuden reliabiliteettia, jolla tarkoitetaan pysyvyyttä eli tutkimustulosten ja väitteiden luotettavuutta, voidaan todeta, että tutkimustulos ei ole vain sattumaa vaan toiminnallisessa tutkimusvaiheessa tutkimustulosta toistettiin, jotta saatiin useamman kerran sama lopputulos. Tutkimustuloksissa saturaatio saavutettiin.

Tutkimusotteilla pyrittiin vastaamaan tutkimusongelmaan ja tutkimuskysymyksiin. Opinnäyte-työssä valikoitui tutkimusotteen menetelmälliseksi ratkaisuksi laadullinen (kvalitatiivinen) tutkimus. Määrällisin (kvantitatiivisin) tutkimusmenetelmin oli tavoitteena saada tutkimustuloksia valmiiden testituotteiden testaajilta. Lopulta tuotetestaajia oli vain kaksi, johtuen tutkimuksissa ilmenneestä tuloksesta; kosmeettisen valmisteen värjäävyydestä, joten sen vuoksi saturaatio määrällisessä tutkimuksessa ei toteutunut.

Laadullisen tutkimustyön perustassa olivat dokumentit aiemmista vastaavista tutkimuksista, jotka hyödyttivät antamalla vastauksia tutkimusongelmaan. Tämän kehittämistyön lähestymistapa oli konstrukttiivinen. Konstrukttiivinen lähestymistapa sopi tähän kehittämistyöhön, sillä tavoitteena oli konkreettisen tuotoksen luominen, joka on tyypillistä konstrukttiiviselle tutkimukselle. Konstrukttiivisessa tutkimuksessa on lähestymistapansa puolesta piirteitä myös innovaatioiden tuottamisesta ja tavoitteena tässä kehittämistyössä oli innovoida uusien raaka-aineiden käyttöä kosmetiikassa. Konstrukttiivinen lähestymistapa ei rajaa pois mitään tutkimusmenetelmiä, vaan konstrukttiivisessa tutkimuksessa menetelmät voivat olla monipuolisia. Konstrukttiivisen prosessin vaiheet olivat; ongelma, tiedonhankinta, ratkaisujen laatiminen (tuotekehitys), toimivuuden testaukset (kokeellinen osa kehittämistyötä), uutuusarvon osoittaminen sekä ratkaisun tarkastelu. Tässä kehittämistyössä tämä prosessi toteutui kaikkine vaiheineen. Konstrukttiivinen tutkimusote sijoittuu laadullisen ja määrällisen tutkimuksen väli- maastoon. Konstrukttiivinen tutkimus oli suunnittelua, prototyypin mallintamista, valmiin mallin toteutusta sekä testaamista. Tämän tyyppinen tutkimusmuoto toimi hyvin, koska ongelmanratkaisuun tarvittiin käytännön lisäksi teoreettista tietopohjaa. Yhteistyö toimeksiantajan kanssa korostui konstrukttiivisessa tutkimuksessa, jotta saavutettiin hyödyntäjän sekä toteuttajan välinen kommunikointi kehittämistyön edistämiseksi.

Tuotekehitystä menetelmällisenä ratkaisuna hyödynnettiin tämän kehittämistyön kokeellisessa osassa. Tuotekehityksellä tavoiteltiin toimintaa, jonka tarkoituksena oli uuden tuotteen kehittäminen sekä uuden raaka-aineen testaaminen. Tuotekehitys piti sisällään monivaiheisen prosessin. Prosessin lähtökohtana oli tuoteidean etsiminen sekä markkinoiden ja kehityssuuntien seuranta. Lisäksi vertailevan tutkimuksen avulla pyrittiin ratkaisemaan, millaisia kosmeettisia valmisteita aloitettaisiin valmistamaan sekä millaisia mikroleviä sisältäviä kosmeettisia valmisteita oli jo markkinoilla. Osa kosmeettisen valmisteen tuotekehitystä olivat säilyvyyskokeet ja koeasetelma, joita seurasi aistinvarainen arviointi. Testattavina olleita raaka-aineita ja testituotteita arvioivat aistinvaraisesti kehittämistyöntekijä sekä -ohjaaja, jolla oli pitkä kokemus aiemmista tutkimuksistaan aistinvaraisesta arvioinnista. Lisäksi tuotekehitysprosessin tärkeänä osana olivat myös käyttäjättestit, testihenkilöiden haastattelut sekä heiltä saatu palaute, joiden avulla tuotekehitys edistyi sekä syntyivät jatkokehitysideat.

Ymmärrystä tutkittavaan aiheeseen oli syntynyt jo opinnäytetyön tekijän aiemmasta osaamisesta ja kokemuksesta kuin myös Estenomi YAMK-opinnoissa kerääntyneistä tiedoista sekä taidoista. Aiheen ymmärtämisen alulle laittajana oli työskentely Laurea-ammattikorkeakoulun Lukos-selvityshankkeessa. Konstrukttiivisen tutkimuksen yksi vaiheista on innovaatiovaihe, jossa Lukos-selvityshankkeella oli iso rooli. ”Luonnon raaka-aineet kosmetiikkateollisuudessa” selvityshanke toimi erinomaisena taustatiedon kasvattajana kuin myös nostatti kiinnostusta kosmetiikan raaka-aineita kohtaan sekä toimi innoittajana. Toimiminen selvityshankkeessa tutkimusavustajana herätti kiinnostuksen vahvemmin kestäväen kehityksen mukaiseen toimintaan, kiertotalouteen sekä sivuvirtoihin, joita tämän opinnäytetyön teoriapohjan synteessissä

kosmetiikan näkökulmasta käsiteltiin. Opinnäytetyön tietoperustaan kerääntyi materiaalia myös Lukos-selvityshankkeessa työskentelyn aikana. Tietoperustaan haettiin tietoa enimmäkseen tieteellisistä artikkeleista, mutta myös kirjallisuudesta. Tietoa kerääntyi myös Estenomi YAMK-opiskelujen sekä Lukos-selvityshankkeen aikana, kun pääsi aktiivisesti osallistumaan yritysvierailuihin sekä erilaisiin kosmetiikan ja kemian alan tilaisuuksiin niin kotimaassa kuin ulkomailla. Tutkittavan ilmiön ymmärrys laajeni kaiken tämän yhteissummuna. Innovaatiovaiheessa syntyi myös ajatus tulevaisuuden kosmetiikkatuotteen kehittämisestä, joka olisi uudentyyppinen, ekologinen ja hyvin säilyvä.

Konstruktivisessa tutkimuksessa seuraavana oli ratkaisumallin konstruoiminen eli tuotekehitysvaihe. Tuotekehitysvaiheessa löydettiin sopivat reseptit testituotteille, joita lähdettiin valmistamaan kosmetiikkalaboratoriossa. Työn edetessä tuotekehitystä tehtiin lisää matkan varrella havaittujen tutkimustulosten pohjalta. Säilyvyyskokeiden kautta paljastui tuotekoostumuksissa tuloksia, jotka johtivat reseptien muokkaamiseen. Tämän tutkimusvaiheen onnistuminen oli tuloksen kannalta edellytys. Toiminnallista tutkimustyötä kosmetiikkalaboratoriossa oli yhteensä kahdeksan viikkoa. Aika otoksena oli riittävä, jotta tuloksia voitiin arvioida luotettavasti sekä laadullisesti. Tuona aikana valmistettiin varsinaiset testituotteet sekä niille verrokkituotteet, lisäksi näille ja yksittäisille raaka-aineille tehtiin koeasetelman mukaiset säilyvyyskokeet. Säilyvyyskokeessa hyödynnettiin aistinvaraista arviointia. Konstruktivisessa tutkimuksessa tuloksen synnyttyä sen toimivuus testattiin. Säilyvyyskokeita jatkettiin pitkäaikaiskokeella (vähintään 11 kuukautta), jotta voitiin vielä varmistua testituotteiden säilyvyydestä loppukuluttajalla kotioloissa.

Tietoperustan pohjalta tarkasteltuna mikrolevien ominaisuudet kosmeettisena raaka-aineena ovat vertaansa vailla. Helsingin yliopistolta saadut testinäytteet ja niiden analyysit osuivat yhteen tutkimustuloksiin, joita tietoperustassa ilmeni muiden tieteellisten artikkeleiden pohjalta. Kehittämistyön arviona voidaan todeta, että työn tavoite ja tarkoitus saavutettiin. Yleisesti mikrolevillä on laajasti hyviä ominaisuuksia, joita kosmeettiselta raaka-aineelta vaaditaan. Mikrolevien sisältämät vitamiinit, antioksidantit, proteiinit ja rasvahapot ovat eduksi kosmeettisessa valmisteessa joko itse tuotteen kannalta tai kohteen eli tässä tapauksessa ihon kannalta. Opinnäytetyössä keskityttiin tarkastelemaan mikrolevien antioksidanttisia vaikutuksia, niistä erityisesti alfatokoferolia sekä rasvahappoja, sillä näitä ominaisuuksia oli toimeksiantajan toimesta analysoitu mikrolevien testinäytteissä.

Alfatokoferoli osoittautui tutkimuksessa erittäin hyödylliseksi erityisesti itse valmisteiden kannalta. Alfatokoferoli toimii antioksidanttisen vaikutustensa vuoksi säilöntäaineena kosmeettisessa valmisteessa. Näiden testattavien mikrolevien korkea alfatokoferolipitoisuus havaittiin hyväksi säilyvyyskokeessa, jossa huomioitiin, että mikrolevä raaka-aineena ei alkanut hapatua säilyvyyskokeen aikana lämpökaapissa eikä pitkäaikaiskäilytyksessä (11 kuukautta). Kasvi-peräiset öljyt ovat yleensä hapettumisherkkiä, tällaiseksi osoittautui myös mustaherukkaöljy

säilyvyyskokeen aikana. Mustaherukkaöljyn tuoksu muuttui hyvin nopeasti hapettumisen seurauksena jo säilyvyyskokeen alkuvaiheessa ilman säilöntäainetta. Perinteisesti kasvipärisiä öljyjä pidetäänkin huonosti säilyvinä. Mikrolevistä saatava öljyuute osoittautui säilyvyyskokeissa hyvin säilyväksi. Mikroleviä voisi mahdollisesti ajatella hoitavien ominaisuuksiensa lisäksi myös erityisesti säilyvyyttä parantavana raaka-aineena kosmeettisessa valmisteissa. Mikrolevien sisältämät antioksidantit puoltavat tätä tulosta.

Valloillaan oleva nouseva kehityssuuntaus luonnonmukaisemmasta ja kestävän kehityksen mukaisesti tuotetusta raaka-aineesta oli yksi tämän opinnäytetyön tarkastelun kohde. Otettaessa huomioon tämä ajankohtainen nouseva kehityssuuntaus mikrolevät pärjäsivät tässä tarkastelussa hyvin. Näitä testinäytteitä mikrolevistä oli kasvatettu kalankasvattamossa syntyvässä jätevedessä eli kalankasvattamon sivuvirrassa. Veden käyttö puhuttaa paljon kestävän kehityksen mukaisessa ajattelussa ja ennustetaankin puhtaan veden loppuvan jossain kohtaa. Tässä kohtaa merkitykselliseksi nousikin kalankasvattamossa käytetyn veden kierrättäminen uusiokäyttöön. Kalankasvattamon jätevedessä oli ravintoaineita, joita mikrolevät pystyvät hyödyntämään kasvatusvaiheessa. Vaikka tarkasteltavat mikrolevät itsessään eivät olleet sivuvirtaa, mutta vastasivat hyvin ratkaisuna tutkimusongelman kysymykseen, miten sivuvirtana syntyviä raaka-aineita voitaisiin hyödyntää kosmetiikassa.

Vesi on tärkeä myös kosmeettisen valmisteen osana ja eettisyyden nimissä puhutaankin siitä, minne veden käyttöä tulisi ohjata. Maailman vesivarantojen ehtyminen syyllistää osittain myös kosmetiikan valmistajia, vaikka kosmetiikan valmistuksessa käytettävä vesi onkin vain kulutuksessaan murto-osa käytetystä vedestä. Vedettömän kosmetiikan merkitys nousee myös esiin myös lentomatikustajilla. Kun tuote ei sisällä vettä se ei ole luokiteltavissa käsimatkatavaroissa nesteeksi. Lisäksi vesi myös pilaantuu herkästi, joten näiden edellä mainittujen ajatusten seurauksena syntyi innostus pyrkiä myös valmistamaan vedetöntä kosmetiikkaa, jolla olisi myös uutuusarvoa. Kyseinen kosmeettinen valmiste luotiin monikäyttötuohteeksi eli tuotetta voisi monipuolisesti käyttää sekä iholla että huulissa, eikä näin ollen tarvitsisi olla erikseen kahta eri tuotetta. Kaiken kaikkiaan toiminnallinen osuus tutkimustyössä oli onnistunut ja tulokset tukivat tietoperustassa olleita väitteitä.

Itsearviointina opinnäytetyöprosessista voitaisiin todeta sen olleen itsenäisesti ja vastuullisesti tuotettu sekä pitkäjänteisesti eteenpäin viety. Luovuutta ja ongelmanratkaisukykyä vaadittiin myös toiminnallisessa tuotekehitysvaiheessa, kun tutkimustulokset eivät olleet eivät aluksi olleet toivotun laiset, mutta tutkimuksen piti kuitenkin edetä. Opinnäytetyö on hyvin työelämälähtöinen, toimeksianto tuli työelämästä ja heidän tarpeistaan. Työskentely selvityshankkeessa ja yhteistyö toimeksiantajan kanssa veivät suunnittelu- ja orientaatiovaihetta eteenpäin. Tutkimusavustajan työn edetessä mukaan tulivat myös Lukos-selvityshankkeen kautta saadut yhteistyökumppanit, joiden avulla myös raaka-aineiden saanti laboratorioissa työskentelyyn helpottui. Verkostoituminen osoittautui merkitykselliseksi. Verkostoituminen oli

suureksi hyödyksi testituotteiden muiden raaka-aineiden valikoitumisen jälkeen, koska kaikkien raaka-aineiden saatavuus ei ollut helppoa. Verkostoitumisen kautta sai myös opinnäytetyötä hyödyttävää tietopohjaa alan toimijoilta monipuolisesti. Teoria- ja toteutusvaiheet vuorottelivat ja viimeisenä oli koko opinnäytetyön koonnin aika. Kehittämistyön toimeksiantajaan oltiin yhteydessä tutkimuksen aikana, yhteistyö toimi sujuvasti ja kokeellisen osan tuloksia esiteltiin toimeksiantajalle. Työn toiminnallisessa vaiheessa yhteistyö työelämän ja muiden toimijoiden kanssa oli tiivistä ja vuorovaikutteista.

Estenomi YAMK-opintojen aikana suoritettujen tulevaisuuksien tutkimisen opinnot avasivat ajatusta etsimään mikä oli ajankohtaista ja miten tulevaisuusajattelua pystyi hyödyntämään tässä opinnäytetyössä. Kosmeettisten valmisteiden tuotekehittelyssä tarvitaan tulevaisuusmyönteistä ajattelua, jotta osaisi poimia niitä signaaleja, mitkä mahdollisesti vaikuttaisivat kosmeettisen tuotteen kysyntään.

Kehittämistyön tuloksena saatiin hyödynnettävää tietoa mikrolevien osuudesta kosmeettisena raaka-aineena sekä luotiin ideoita testattavina olleiden mikrolevien käytöstä. Kehittämistyöprosessi eteni vaiheissa, jotka olivat tiedonhankinta, kokeellinen osa sekä dokumentointi. Vaiheet etenivät välillä vuorotellen, kun tutkimustuloksia varten tarvittiin lisää tietoa. Tämän kehittämistyön tuloksista syntyi erilaisia jatkotutkimusehdotuksia. Yksi jatkotutkimusehdotuksista olisi jatkaa kokeellista osaa kosmetiikkalaboratoriossa ja tutkia näiden testattavina olleiden mikrolevien toimivuutta iholta poishuuhdeltavan kosmetiikan osana. Sellaisenaan tämä edellä mainittu vaihtoehto olisi helpoiten toteutettavissa. Muina ideoina mainittakoon klorofyllien poistamisen testattavina olleista mikrolevistä, jonka seurauksena nämä mikrolevät toimisivat monipuolisemmin erilaisten kosmeettisten valmisteiden osana sekä vaihtoehtoisesti yksi idea olisi hyödyntää mikroleviä syötävänä kosmetiikkana eli hyödynnettäisiin sisäisesti lisäravinteina mikrolevien sisältämät arvokkaat yhdisteet.

Oman oppimisen kannalta kehittämistyön tekeminen oli merkityksellinen ja oppiminen kehittämistyön tekemisen kautta oli laajaa. Oppimista tuli runsaasti alun perin jo monipuolisen tutkimusavustajan työn kautta, jossa pääsi käsittelemään hyvin ajankohtaisia asioita. Tutkimusavustajan työ poiki opinnäytetyöaiheen, jossa sai jatkaa oman osaamisen kehittämistä laajasti. Omat kiinnostuksen kohteet saivat vahvistusta kehittämistyön tekemisestä sekä motivoivat työn tekemisessä. Haasteena kehittämistyön tekemisessä oli ajankäyttö. Työelämän ohella tekemisessä tuli haasteelliseksi löytää aikaa kirjoittaa, mutta toisaalta vauhtiin päästessä sekään ei ollut mahdotonta. Huomattavaa oli myös, että sisäistääkseen kunnolla oman kehittämistyön sisällön, riittävän pitkä aika työn parissa oli tärkeää. Oppimistavoitteet, mitä oli asettanut itselleen Estenomi YAMK-opintojen alussa, saivat lisää vahvistusta kehittämistyöstä. Kehittämistyö tarjosi mahdollisuuden kehittää omaa asiantuntijuuttaan monipuolisesti samalla, kun saadut kehittämistyön tulokset hyödyttävät työn toimeksiantajaa. Toimeksiantaja oli hyvin tyytyväinen tuloksiin ja työ antoi toimeksiantajalle arvokasta tietoa mikrolevien

soveltuvuudesta kosmetiikkaan. Toimeksiantajan mukaan opinnäytetyöprosessissa mukana oleminen lisäsi Levätehdas-hankkeen tutkijoiden osaamista ja ymmärrystä arvoyhdisteiden käytöstä kosmetiikassa sekä kosmetiikan tuotekehitysprosessista.

Tämän lisäksi tutkimustulokset ovat siirrettävissä laajemmin muita vastaavan alan toimijoita hyödyttäväksi. Kehittämistyön tulosten hyödyn saajina ovat myös Laurea-ammattikorkeakoulun Luonnon raaka-aineet kosmetiikkateollisuudessa -selvityshankkeen kautta verkostoituneet tahot eli kosmetiikka- ja elintarviketeollisuus, yleisesti myös kosmetiikka-alan toimijat sekä kiertotaloudesta kiinnostuneet tahot. Mielenkiintoa varmasti herättää, miten sivuvirrasta tuotettu raaka-aine voisi vastata yritysten sekä yksityishenkilöiden tarpeeseen ja tietoisuuteen siitä, mistä raaka-aine on peräisin sekä raaka-aineen ekologisuuteen kuin myös ympäristötietoisuuteen. Sivuvirrasta tai sivuvirran kautta saadut raaka-aineet toimisivat kosmetiikan raaka-aineena.

## Lähteet

Aitoluonto.fi. Viitattu 2.12.2019. <http://www.aitoluonto.fi/tutkimus-ja-kehittaminen/hanke-rekisteri/hankerekisteri/luonnon-raaka-aineet-kosmetiikkateollisuudessa--lukos/>

Aittomäki, E., Eerikäinen, T., Leisola, M., Ojamo, H., Suominen, I. & Weymarn, N. 2002. Bioprosessiteknikka. Porvoo: WSOY

Akyol, H., Riciputi, Y., Capanoglu, E., Caboni, M.F. & Verardo, V. 2016. Phenolic Compounds in the Potato and Its Byproducts: An Overview. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(6), 835 (1-19). <https://doi.org/10.3390/ijms17060835>

Antolli, P.G & Liu, Z. 2011. *Bioreactors: Design, Properties and Applications*. New York: Nova Science Publishers, Inc.

Ameer, K., Shahbaz, H.M. & Kwon, J.-H. 2017. Green Extraction Methods for Polyphenols from Plant Matrices and Their Byproducts: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(2), 95-315. doi:10.1111/1541-4337.12253

Apone, F., Barbulova, A. & Colucci, M. 2019. Plant and Microalgae Derived Peptides Are Advantageously Employed as Bioactive Compounds in Cosmetics. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1-8. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00756>

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*, 2(2), 82-92. <https://doi.org/10.3390/cosmetics2020082>

Berg, J. 2016. ETL:n jäte- ja sivuvirtaselvitys 2016. Elintarviketeollisuusliitto. Viitattu 8.12.2019. [http://www.etl.fi/media/aineistot/raportit-ja-katsaukset/etl-jate\\_ja\\_sivuvirtaselvitys\\_2016.pdf](http://www.etl.fi/media/aineistot/raportit-ja-katsaukset/etl-jate_ja_sivuvirtaselvitys_2016.pdf)

Bilal, M., Mehmood, S. & Iqbal, H.M.N. 2020. The Beast of Beauty: Environmental and Health Concerns of Toxic Components in Cosmetics. *Cosmetics*, 7(1), 1-18. <http://dx.doi.org/10.3390/cosmetics7010013>.

Bom, S., Jorge, J., Ribeiro, H.M. & Marto, J. 2019. A step forward on sustainability in the cosmetics industry: A review. *Journal of Cleaner Production*, 225, 270-290. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.255>.

Chew, K.W., Yap, J.Y., Show, P.L., Hui Suan, Ng., Juan, J.C., Ling, T.C., Lee, D-J. & Chang, J-S. 2017. Microalgae biorefinery: High value products perspectives. *Bioresource Technology*, 229, 53-62. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.01.006>.

Chisti, Y. 2007. Biodiesel from microalgae. *Biotechnology Advances*, 25(3), 294-306.

<https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2007.02.001>

Cholewski, M., Tomczykowa, M. & Tomczyk, M. 2018. A Comprehensive Review of Chemistry, Sources and Bioavailability of Omega-3 Fatty Acids. *Nutrients*, 10, 1662.

<https://www.mdpi.com/2072-6643/10/11/1662>

Coman, V., Teleky, B-E., Mitrea, L., Martău, G.A., Szabo, K., Călinoiu, L-F. & Vodnar, D. C. 2020. Bioactive potential of fruit and vegetable wastes. *Advances in Food and Nutrition Research*, 91, 157-225. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2019.07.001>.

Costa, R. & Santos, L. 2017. Delivery systems for cosmetics - From manufacturing to the skin of natural antioxidants. *Powder Technology*, 322, 402-416. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2017.07.086>

Daae, J., Chamberlin, L. & Boks, C. 2018. Dimensions of Behaviour Change in the context of De-signing for a Circular Economy. *The Design Journal*, 21(4), 521-541.

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14606925.2018.1468003>

D'Amato, D., Veijonaho, S. & Toppinen, A. 2020. Towards sustainability? Forest-based circular bioeconomy business models in Finnish SMEs. *Forest Policy and Economics*, 110, 101848.

<https://doi.org/10.1016/j.forpol.2018.12.004>.

Dell'Acqua, G. 2017. Garbage to Glamour: Recycling Food by-products for Skin Care. *Cosmetics and Toiletries*. February 6, 2017. Viitattu 7.4.2020. <https://www.cosmeticsandtoiletries.com/research/methodsprocesses/Garbage-to-Glamour-Recycling-Food-by-products-for-Skin-Care-412910643.html>

Enamala, M.K., Enamala, S., Chavali, M., Donepudi, J., Yadavalli, R., Kolapalli, B., Aradhyula, T.V., Velpuri, J. & Kuppam, C. 2018. Production of biofuels from microalgae - A review on cultivation, harvesting, lipid extraction, and numerous applications of microalgae. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 94, 49-68. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.05.012>

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus kemikaalien rekisteröinnistä, arvioinnista, lupamennettelyistä ja rajoituksista (REACH), Euroopan kemikaaliviraston perustamisesta, direktiivin 1999/45/EY muuttamisesta sekä neuvoston asetuksen (ETY) N:o 793/93, komission asetuksen (EY) N:o 1488/94, neuvoston direktiivin 76/769/ETY ja komission direktiivien 91/155/ETY, 93/67/ETY, 93/105/EY ja 2000/21/EY kumoamisesta (EY) N:o 1907/2006. Euroopan unionin virallinen lehti. L 136/3. Viitattu 24.3.2020. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:136:0003:0280:FI:PDF>



Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus kosmeettisista valmisteista esitettävien väittämien perustelemista koskevien yhteisten kriteerien vahvistamisesta (EU) N:o 655/2013. Euroopan unionin virallinen lehti. L 190/31. Viitattu 4.5.2020. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013R0655&from=FI>

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus kosmeettisista valmisteista (EY) N:o 1223/2009. Euroopan unionin virallinen lehti. L 342/59. Viitattu 8.2.2020. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:342:0059:0209:fi:PDF>

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus uuselinvarvikkeista (EU) 2015/2283. Euroopan unionin virallinen lehti. L 327/1. Viitattu 24.3.2020. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R2283&from=EN>

Faria-Silva, C., Ascenso, A., Costa, A. M., Marto, J., Carvalheiro, M., Ribeiro, H. M. & Simões, S. 2020. Feeding the skin: A new trend in food and cosmetics convergence. *Trends in Food Science & Technology*, 95, 21-32. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.11.015>.

Fazer. Viitattu 30.5.2020. <https://www.fazer.fi/tuotteet-ja-asiakaspalvelu/1504/fazer-vihreita-kuulia-500g-marmeladeja/>

Fiore, A., Cigic, B. & Verardo, V. 2019. Bioactive Compounds from Food Byproducts. *Journal of Food Quality*, Volume 2019, Special Issue, Article ID 6213792. <https://doi.org/10.1155/2019/6213792>

Fonseca-Santos, B., Corrêa, M A & Chorilli, M. 2015. Sustainability, natural and organic cosmetics: consumer, products, efficacy, toxicological and regulatory considerations. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences* 51(1), 17-26. <http://www.scielo.br/pdf/bjps/v51n1/1984-8250-bjps-51-01-00017.pdf>

Geng, Y., Sarkis, J. & Bleischwitz, R. 2019. How to globalize the circular economy. *Nature Comment*, 565, 153-155. [https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10066528/7/Bleischwitz\\_Combine.pdf](https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10066528/7/Bleischwitz_Combine.pdf)

Gmelin, H. & Seuring, S. 2014. Achieving sustainable new product development by integrating product life-cycle management capabilities. *International Journal of Production Economics*, 154, 166-177. [https://shop.tarjomeplus.com/UploadFileEn/TPLUS\\_EN\\_1591.pdf](https://shop.tarjomeplus.com/UploadFileEn/TPLUS_EN_1591.pdf)

Grabenhofer, R. 2018. 6 New Trends in Cosmetic Technology. *Cosmetics and Toiletries*. April 17, 2018. Viitattu 3.4.2020. <https://www.cosmeticsandtoiletries.com/networking/eventcoverage/6-New-Trends-in-Cosmetic-Technology--480082253.html>

Gupta, P.L., Lee, S. & Choi, H. 2015. A mini review: photobioreactors for large scale algal cultivation. *World J Microbiol Biotechnol*, 31, 1409-1417. <https://doi.org/10.1007/s11274-015-1892-4>

Halla, N., Fernandes, I., Heleno, S., Costa, P., Boucherit-Otmani, Z., Boucherit, K., Rodrigues, A., Ferreira, I. & Barreiro, M. 2018. Cosmetics Preservation: A Review on Present Strategies. *Molecules*, 23(7), 1571, <http://dx.doi.org/10.3390/molecules23071571>

Hamed, I., Özogul, F. & Regenstein, J.M. 2016. Industrial applications of crustacean by-products (chitin, chitosan, and chitooligosaccharides): A review. *Trends in Food Science & Technology*, 48, 40-50. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.11.007>.

Helsinki.fi. Helsingin yliopisto. Tiedote 8.10.2018. Monipuolisten ja arvokkaiden mikrolevien kasvatuksessa voitaisiin hyödyntää jätevesiä. Viitattu 5.12.2019. <https://www.helsinki.fi/fi/uutiset/elamantieteet/monipuolisten-ja-arvokkaiden-mikrolevien-kasvatuksessa-voitaisiin-hyodyntaa-jatevesia>

Herrero, M., Mendiola, J. A., Plaza, M. & Ibañez, E. 2013. Screening for bioactive compounds from algae. In J.W. Lee (ed.). *Advanced Biofuels and Bioproducts*. New York: Springer.

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2015. Tutki ja kirjoita. 20. painos. Helsinki: Tammi.

Hoyer, W., Chandy, R., Dorotic, M., Krafft, M. & Singh, S. 2010. Consumer Cocreation in New Product Development. *Journal of Service Research* 13(3) 283-296. <https://bib.irb.hr/datoteka/556668.CocreationJSR.pdf>

John, R.P., Anisha, G.S., Nampoothiri, K.M. & Pandey, A. 2011. Micro and macroalgal biomass: A renewable source for bioethanol. *Bioresource Technology*, 102(1), 186-193. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.06.139>.

Jokinen, T. 2010. Tuotekehitys. Helsinki: Aalto-yliopisto

Joshi, S., Kumari, R. & Upasani, V. N. 2018. Applications of Algae in Cosmetics: An Overview. *International Journal of Innovative Research in Science: Engineering and Technology*, 7(2), 1269-1278. [http://www.ijirset.com/upload/2018/february/38\\_Applications.pdf](http://www.ijirset.com/upload/2018/february/38_Applications.pdf)

Kalan kiertovesikasvatus. Luke Luonnonvarakeskus. Viitattu 15.3.2020.

<https://www.luke.fi/tietoa-luonnonvaroista/kalat-ja-kalatalous/kalanviljely/kalan-kiertovesikasvatus/>

- Kananen, J. 2015. Opinnäytetyön kirjoittajan opas: Näin kirjoitan opinnäytetyön tai pro gradun alusta loppuun. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.
- Kananen, J. 2019. Opinnäytetyön ja pro gradun pikaopas: Avain opinnäytetyön ja pro graduun kirjoittamiseen. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.
- Katsikeas, C.S., Leonidou, C.N. & Zeriti, A. 2016. Eco-friendly product development strategy: antecedents, outcomes, and contingent effects. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 44, 660-684. <https://doi.org/10.1007/s11747-015-0470-5>
- Kemikaalien rekisteröinti - REACH-asetus. Euroopan unionin virallinen verkkosivusto. Viitattu 25.3.2020. [https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/chemicals/registering-chemicals-reach/index\\_fi.htm](https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/chemicals/registering-chemicals-reach/index_fi.htm)
- Kemikaalit/kosmetiikka. Turvallisuus ja kemikaalivirasto Tukes. Viitattu 8.2.2020. <https://tukes.fi/kemikaalit/kosmetiikka>
- Kiertotalous - Kiertotalous on Suomelle mahdollisuus. Maa- ja metsätalousministeriön virallinen verkkosivusto. Viitattu 20.4.2020. <https://mmm.fi/kiertotalous>
- Kiertotalous - Kohti kiertotaloutta. Euroopan unionin virallinen verkkosivusto. Viitattu 19.4.2020. [https://ec.europa.eu/commission/priorities/jobs-growth-and-investment/towards-circular-economy\\_fi](https://ec.europa.eu/commission/priorities/jobs-growth-and-investment/towards-circular-economy_fi)
- Kiertotalous - Mitä kiertotalous on ja miksi sillä on merkitystä? Euroopan parlamentin virallinen verkkosivusto 2018. Viitattu 20.4.2020. <https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/economy/20151201STO05603/mita-kiertotalous-on-ja-miksi-silla-on-merkitysta>
- Killham, S., Kreeger, D., Lynn, S., Goulden, C. & Herrera, L. 1998. COMBO: a defined freshwater culture medium for algae and zooplankton. *Hydrobiologia*, 377(1), 147-159. DOI: 10.1023/A:1003231628456
- Kim, H., Hsu, S-H., Han, S-I, Thapa, H., Guzman, A., Browne, D., Tatli, M., Devarenne, T., Stern, D. & Han, A. 2017. High-throughput droplet microfluidics screening platform for selecting fast-growing and high lipid-producing microalgae from a mutant library. *Plant Direct*, 1-13. <https://doi.org/10.1002/pld3.11>
- Kim, S-K. 2012. *Marine Cosmeceuticals: Trends and Prospects*. Boca Raton: Taylor & Francis Group. <https://www.taylorfrancis.com/books/9780429065675>
- Korhonen, J., Honkasalo, A. & Seppälä, J. 2018. Circular Economy: The Concept and its Limitations. *Ecological Economics*, 143, 37-46. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041>.

- Kostik, V., Memeti, S. & Bauer, B. 2013. Fatty Acid Composition of Edible Oils and Fats. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 4, 112-116.  
<http://eprints.ugd.edu.mk/id/eprint/11460>
- Koyande, A., Chew, K., Rambabu, K., Tao, Y., Chu, D-T & Show, P-L. 2019. Microalgae: A potential alternative to health supplementation for humans. *Food Science and Human Wellness*, 8:1, 16-24. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2019.03.001>
- Kumar Gupta, S., Malik, A. & Bux, F. 2017. *Algal Biofuels: Recent Advances and Future Prospects*. Cham: Springer International Publishing.
- Lim, G-H., Singhal, R., Kachroo, A. & Kachroo, P. 2017. Fatty Acid- and Lipid-Mediated Signaling in Plant Defense. *Annual Review of Phytopathology*, 55, 505-536. <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-phyto-080516-035406>
- Luonnon raaka-aineet kosmetiikkateollisuudessa. Laurea-ammattikorkeakoulu. Viitattu 2.4.2020. <https://www.laurea.fi/hankkeet/l/lukos---luonnonraaka-aineetkosmetiikkateollisuudessa/>
- Lupo, M. P. 2001. Antioxidants and vitamins in cosmetics. *Clinics in Dermatology*, 19(4), 467-473. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0738081X01001882?via%3Dihub>
- Lüdeke-Freund, F., Gold, S. & Bocken, N.M.P. 2019. A Review and Typology of Circular Economy Business Model Patterns. *Journal of Industrial Ecology*, 23:1, 36-61.  
<https://doi.org/10.1111/jiec.12763>
- Michalak, M., & Kiettyka-Dadasiewicz, A. 2018. Oils from fruit seeds and their dietetic and cosmetic significance, *Herba Polonica*, 64(4), 63-70. doi: <https://doi.org/10.2478/hepo-2018-0026>
- Mourelle, L.M., Gómez, C. P. & Legido, J. L. 2017. The Potential Use of Marine Microalgae and Cyanobacteria in Cosmetics and Thalassotherapy. *Cosmetics*, 4(4), 1-14.  
<https://doi.org/10.3390/cosmetics4040046>
- Ojasalo, K., Moilanen, T. & Ritalahti, J. 2015. *Kehittämistyön menetelmät. Uudenlaista osaamista liiketoimintaan*. 3.-4. painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.
- Porananond, D. & Thawesaengskulthai, N. 2014. Risk Management for New Product Development Projects in Food Industry. *Journal of Engineering, Project, and Production Management*, 4(2), 99-113. <https://DOI:10.32738/JEPPM.201407.0005>

- Pulkkinen, M. Tulevaisuuden valkuaisrehu: levää lehmille. Maaseudun tulevaisuus. 29.04.2016. Viitattu 3.12.2019. <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/suomalainen-maaseutu/tulevaisuuden-valkuaisrehu-levää-lehmille-1.144714>
- Pulz, O. & Gross, W. 2004. Valuable products from biotechnology of microalgae. *Microbiol Biotechnol* 65, 635-648. <https://doi.org/10.1007/s00253-004-1647-x>
- Ramos-e-Silva, M., Ribeiro Celem, L., Ramos-e-Silva, S. & Fucci-da-Costa, A. 2013. Anti-aging cosmetics: Facts and controversies. *Clinics in Dermatology*, 31(6), 750-758. <https://doi.org/10.1016/j.clindermatol.2013.05.013>
- Rampelotto, P. H. & Trincone, A. 2018. *Grand Challenges in Marine Biotechnology*. Cham: Springer International Publishing.
- Ruokavirasto. Viitattu 30.5.2020. <https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/elintarvikeala/valmistus/yhteiset-koostumusvaatimukset/elintarvikeparanteet/lisaaineet/e-koodit/e141/>
- Sathasivam, R., Radhakrishnan, R., Hashem, A. & Abd\_Allah, E.F. 2019. Microalgae metabolites: A rich source for food and medicine. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(4), 709-722. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.11.003>
- Schueller, R. & Romanowski, P. 2003. *Beginning Cosmetic Chemistry*. 2. painos. Illinois: Allured Business Media
- Seppälä, J., Sahimaa, O., Honkatukia, J., Valve, H., Antikainen, R., Kautto, P., Myllymaa, T., Mäenpää, I., Salmenperä, H., Alhola, K., Kauppila, J. & Salminen, J. 2016. Kiertotalous Suomessa - toimintaympäristö, ohjauskeinot ja mallinnetut vaikutukset vuoteen 2030. Viitattu 8.12.2019. <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79586/Kiertotalous%20Suomessa.pdf?sequence=1>
- Sivuvirta - Selvitys marjojen ja marjasivuvirtojen hyödyntämispotentiaalista Suomessa. 2007. Sitra & VTT. Viitattu 20.4.2020. <https://media.sitra.fi/2017/02/27173257/VTTn20marjaselvitys20b-2.pdf>
- Sivuvirta - VTT kehittää marjansiementen käyttöä kosmetiikassa. VTT Info. Viitattu 20.4.2020. <https://news.cision.com/fi/vtt-info/r/vtt-kehittaa-marjansiementen-kayttoa-kosmetiikassa,c2322579>
- Spolaore, P., Joannis-Cassan, C., Duran, E. & Isambert, A. 2006. Commercial Applications of Microalgae. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 101(2), 87-96. [https://pdfs.semanticscholar.org/e1b9/6d80e424f4a1976f4abd07eabef6fa52afc7.pdf?\\_ga=2.18616892.445538117.1584278622-248548843.1583407722](https://pdfs.semanticscholar.org/e1b9/6d80e424f4a1976f4abd07eabef6fa52afc7.pdf?_ga=2.18616892.445538117.1584278622-248548843.1583407722)

Stahel, W. R. 2016. Circular Economy. *Nature*, 531(7595), 435-438. [https://www.nature.com/news/polopoly\\_fs/1.19594!/menu/main/topColumns/topLeftColumn/pdf/531435a.pdf](https://www.nature.com/news/polopoly_fs/1.19594!/menu/main/topColumns/topLeftColumn/pdf/531435a.pdf)

Stuart, E. 2019. These are the Top 10 Consumer Trends You Need to Know for 2019. *Cosmetics and Toiletries*. April 23, 2019. Viitattu 4.12.2019. <https://www.cosmeticsandtoiletries.com/marketdata/consumers/These-are-the-Top-10-Consumer-Trends-You-Need-to-Know-for-2019-504547511.html>

Terra Soares, A., Cristina da Costa, D., Vieira, A. & Filho, N. 2019. Analysis of major carotenoids and fatty acid composition of freshwater microalgae. *Heliyon*, 5(4), 1-20. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844019313295>

Tuorila, H. & Appelbye, U. (toim.) 2016. *Elintarvikkeiden aistinvaraiset tutkimusmenetelmät. 3. painos*. Helsinki: Gaudeamus.

Tossavainen, M. 2018. Microalgae - Platform for conversion of waste to high value products. Viitattu 23.2.2020. <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/243959/Microalg.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Tossavainen, M., Katyal Chopra, N., Kostia, S., Valkonen, K., Sharma, A. K., Sharma, S., Ojala, A. & Romantschuk, M. 2018. Conversion of biowaste leachate to valuable biomass and lipids in mixed cultures of *Euglena gracilis* and chlorophytes. *Algal Research*, 35, 76-84. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2018.08.007>

Tossavainen, M., Lahti, K., Edelmann, M., Eskola, R., Lampi, A., Piironen, V., Korvonen, P., Ojala, A. & Romantschuk, M. 2019. Integrated utilization of microalgae cultured in aquaculture wastewater: wastewater treatment and production of valuable fatty acids and tocopherols. *Journal of Applied Phycology*, 31, 1753-1763. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10811-018-1689-6.pdf>

Varfolomeeva, S. D. & Wasserman, L. A. 2011. Microalgae as Source of Biofuel, Food, Fodder, and Medicines. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 47(9), 789-806. <https://doi.org/10.1134/S0003683811090079>

Vecino, X., Cruz Freire JM., Moldes, A. & Rodrigues, L. 2017. Biosurfactants in cosmetic formulations: trends and challenges. *Critical Reviews in Biotechnology*, 37(7), 911-923. DOI: 10.1080/07388551.2016.1269053

Virtanen, A. 2006. *Ammattikasvatuksen aikakauskirja*. Helsinki: Ammattikoulutuksen tutkimusseura.

Wang, H., Chen, C., Huynh, P. & Chang, J. 2015. Exploring the potential of using algae in cosmetics. *Bioresource Technology* 184(2015), 355-362.

<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.12.001>

Wells, M.L., Potin, P., Craigie, J.S., Raven, J.A, Merchant, S.S, Helliwell, K.E, Smith, A.G, Camire, M.E. & Brawley, S.H. 2016. Algae as nutritional and functional food sources: revisiting our understanding. *Journal of Applied Phycology*, 29, 949-982.

<https://doi.org/10.1007/s10811-016-0974-5>

Widianingsih, W., Hartati, R., Endrawati, H. & Mamuj, J. 2013. Fatty acid composition of marine microalgae in Indonesia. *Journal of tropical biology and conservation*, 10, 75-82.

[https://www.researchgate.net/publication/319187763\\_Fatty\\_Acid\\_Composition\\_of\\_Marine\\_Microalgae\\_in\\_Indonesia](https://www.researchgate.net/publication/319187763_Fatty_Acid_Composition_of_Marine_Microalgae_in_Indonesia)

Zielinska, A. & Nowak, I. 2014. Fatty acids in vegetable oils and their importance in cosmetic industry. *Chemik*, 68:2, 107-110. [https://pdfs.semanticscholar.org/3a1e/020bc567fc14ff4fc67f6ee2817ddf5ce7c7.pdf?\\_ga=2.29124284.1688231205.1583749343-248548843.1583407722](https://pdfs.semanticscholar.org/3a1e/020bc567fc14ff4fc67f6ee2817ddf5ce7c7.pdf?_ga=2.29124284.1688231205.1583749343-248548843.1583407722)

Zielinska, A. & Nowak, I. 2014. Fatty acids in vegetable oils and their importance in cosmetic industry. *Chemik*, 68:2, 107-110. [https://pdfs.semanticscholar.org/3a1e/020bc567fc14ff4fc67f6ee2817ddf5ce7c7.pdf?\\_ga=2.29124284.1688231205.1583749343-248548843.1583407722](https://pdfs.semanticscholar.org/3a1e/020bc567fc14ff4fc67f6ee2817ddf5ce7c7.pdf?_ga=2.29124284.1688231205.1583749343-248548843.1583407722)

Zink, T. & Geyer, R. 2017. Circular Economy Rebound. *Journal of Industrial Ecology*, 21:3, 593-602. <https://doi.org/10.1111/jiec.12545>

Julkaisematon lähde

Tossavainen, M. & Edellman, MM. Helsingin yliopisto: Elintarvike- ja ravitsemustieteiden osasto (Edellman), Ekosysteemit ja ympäristö tutkimusohjelma (Tossavainen). Tiedoksiäntona 2019.

## Kuviot

Kuvio 1: Kosmeettisen tuotteen elinkaari vrt. kestävä kehitys (mukaillen Bom ym. 2019) .....	8
Kuvio 2: Lineaarinen talous vrt. kiertotalous (mukaillen D'Amato ym. 2020) .....	9
Kuvio 3: Kiertotalouden ydin (mukaillen Zink, Geyer 2017).....	10
Kuvio 4: Kiertotalousmalli (mukaillen Stahel 2016).....	12
Kuvio 5: Sivuvirtojen hyödyntäminen .....	13
Kuvio 6: Rasvahappotyypit (mukaillen Zielinska & Nowak 2014; Michalak & Kiettyka-Dadasiewicz, 2018) .....	15
Kuvio 7: Elintarviketeollisuuden sivutuotteesta kosmetiikan osaksi (mukaillen Faria-Silva ym. 2020) .....	23
Kuvio 8: Tuotekehitystyö prosessina .....	24
Kuvio 9: Fotobioreaktori (mukaillen Chisti 2007; Varfolomeeva & Wasserman 2011) .....	28
Kuvio 10: Mikrolevän biomassan sisältämiä yhdisteitä (mukaillen Koyande ym. 2019).....	29
Kuvio 11: Mikrolevien mahdollisia tehtäviä kosmetiikassa (mukaillen Mourelle ym. 2017).....	32
Kuvio 12: Kehittämisasetelma .....	35
Kuvio 13: Tutkimusongelmasta ratkaisuun (mukaillen Kananen 2019) .....	36
Kuvio 14: Tutkimusongelman ratkaisumenetelmät (mukaillen Kananen 2015) .....	38
Kuvio 15: Laadullisen ja määrällisen tutkimuksen alamuotoja (mukaillen Kananen 2015; Kananen 2019).....	39
Kuvio 16: Konstruktiivisen tutkimuksen vaiheet (mukaillen Virtanen 2006) .....	41
Kuvio 17: Opinnäytetyön prosessi.....	43
Kuvio 18: Kehittämistyön jatkokehitysideat .....	59

## Kuvat

Kuva 1: Jätteestä arvotuotteeksi (Helsingin yliopisto) .....	33
Kuva 2: Helsingin yliopiston fotobioreaktori (Varicon Aqua) (Helsingin yliopisto) .....	34
Kuva 3: Mikrolevät, vahamainen .....	46
Kuva 4: Testituotteen koostumus iholla .....	47
Kuva 5: Mikrolevä (vahamainen) valmistuote .....	48
Kuva 6: Mikrolevä (vahamainen) valmistuote iholla .....	48
Kuva 7: Valmis vertailutuote kylmäsekoitusemulsio .....	49
Kuva 8: Öljyisen mikrolevän värintestausta iholle .....	50
Kuva 9: Mikrolevä valmistuote sekä verrokkituote.....	50
Kuva 10: Testinäytteet emulsioista lämpökaapissa 1,5 viikkoa.....	51



Kuva 11: Valmiiden mikroleviä sisältävien voiteiden testinäytteet.....	52
Kuva 12: Kolme erilaista mikrolevää sisältävää voidetta säilyvyyskokeen jälkeen .....	52
Kuva 13: Tuotekehitysprosessin valmiit tuotteet .....	53
Kuva 14: Tuotekehitysprosessin tuotos: vedetön ihovoide .....	54
Kuva 15: Tuotekehitysprosessin tuotos: emulsio 1.....	55
Kuva 16: Tuotekehitysprosessin tuotos: emulsio 2.....	56

## Taulukot

Taulukko 1: Helsingin yliopiston mikrolevien näytetiedot (Tiedoksianto: Edelman & Tossavainen) .....	42
--	----