

Petri Martikainen

# Kasviöljypohjaisen seostuotteen valmistaminen täysautomatisoidulla pakkauslinjalla

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kemiantekniikka

Insinöörityö

18.4.2017

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Petri Martikainen Kasviöljypohjaisen seostuotteen valmistaminen täysautoma- tisoidulla pakkauslinjalla 31 sivua + 3 liitettä 18.4.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kemiantekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Prosessien suunnittelu ja käyttö
Ohjaaja(t)	Tehdaspalvelupäällikkö Toni Oravakangas Lehtori Timo Seuranen
<p>Avena Kantvik Oy:ssä valmistetaan korkealaatuisia kotimaisia kasviöljyjä. Yrityksen tärkeimmät tuotteet ovat rypsiöljy, syväpaistoöljy, valkuaispuriste sekä ruokakaupoistakin löytyvät maustetut Neito-öljyt. Yrityksessä havaittiin markkinatutkimuksen perusteella tarve kasviöljypohjaiselle seostuotteelle ulkomaisilla markkina-alueilla. Avena Kantvik Oy:llä oli valmis resepti uudelle tuotteelle, jonka pohjalta insinööryötä lähdettiin suunnittelemaan.</p> <p>Insinööryön tarkoituksena oli suunnitella seostuotteelle toimiva tuotantolinjasto käyttäen nykyistä laitekantaa sekä suunnitella täysautomatisoitu valmistuslinja, jonka yritys voisi toteuttaa tulevaisuudessa. Työn ensimmäiseen vaiheeseen kuului prosessisuunnittelua, laboratorioskokeita, HACCP-menetelmän laatiminen, automaatiokuvauksen tekeminen ja tuotantotason kokeisiin osallistuminen. Työn toinen vaihe keskittyi prosessin jatkokehitysmenetelmiin. Käytännössä jälkimmäisessä vaiheessa suunniteltiin tulevia parannuksia, piirrettiin prosessin PI-kaavio sekä tehtiin tarjouspyyntöjä laitetoimittajille.</p> <p>Työn teoriaosassa käydään läpi kasviöljyjen valmistuksen tärkeimmät vaiheet. Osuudessa on käyty läpi yleisimmät menetelmät, joilla kasviöljy erotetaan siemenistä sekä öljyn puhdistuksessa käytettävät prosessit.</p> <p>Työn ensimmäisessä vaiheessa onnistuttiin tuottamaan nykyisellä laitteistolla puoliautoma- tisoidulla linjastolla hyvälaatuista seostuotetta asiakkaille. Jälkimmäisessä vaiheessa löydettiin jatkokehitykseen sopivia laitteita ja saatiin laitetoimittajilta tarjouksia. Prosessin PI-kaavio päivitettiin ajan tasalle ja mahdollisia tulevia parannuksia varten.</p>	
Avainsanat	kasviöljy, prosessisuunnittelu, HACCP, staattinen sekoitin

Author(s) Title Number of Pages Date	Petri Martikainen Production of vegetable oil-based mixture product on a fully automated packing line 31 pages + 3 appendices 18 April 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Chemical Engineering
Specialisation option	Process Design and Operation
Instructor(s)	Toni Oravakangas, Production Service Manager Timo Seuranen, Senior Lecturer
<p>Avena Kantvik Oy produces high quality domestic vegetable oils. The most important products of the company are canola oil, deep frying oil, expeller meals and Neito oil in various flavors which can be found in grocery stores. The company noticed in their market research that there is a need for vegetable oil-based mixture product in foreign market areas. Avena Kantvik Oy had a complete recipe for the new product, which served as basis for this thesis.</p> <p>The aim of this thesis was to design a fully functional production line for the mixture product using already existing equipment and to design a fully automated manufacturing line that could be implemented in future by the company. The first phase of the thesis project included process design, laboratory experiments, implementing HACCP, making an automation description and taking part in the production testing. The second phase of the project focused on designing future developments for the process. Practically, the last phase included designing future improvements, drawing a piping and instrumentation diagram and making requests for quotations to various equipment suppliers.</p> <p>The most important steps in the production of vegetable oils are explained in the theory part of the thesis. This includes the most common methods that are used to extract vegetable oil from the seed and processes that are used to refine the oil.</p> <p>A good quality mixture product was produced for the customers with the semi-automatic line in the first part of this project. Suitable equipment was found for the future development plans and quotations were received from some equipment suppliers. The process piping and instrumentation diagram was updated to match the current situation and to allow for possible future improvements.</p>	
Keywords	vegetable oil, process design, HACCP, static mixer

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Kasviöljyn valmistusprosessi	2
2.1	Siementen esikäsittely	2
2.2	Kasviöljyn erotusmenetelmät	3
2.2.1	Mekaaninen erotus	4
2.2.2	Liuotinuutto	5
2.3	Degumming-prosessi	6
2.4	Raffinointi	7
2.5	Valkaisu	9
2.6	Vahojen poisto	10
2.7	Hajunpoisto	11
3	Laboratoriotason kokeet	17
3.1	Prosessisuunnittelu	17
3.2	Putkiston huuhtelu	17
3.3	Seostuotteen sekoitus	18
4	Nykyisen laitteiston käyttöönotto	19
4.1	Säiliöiden ja putkien pesu	19
4.1.1	Pesuainejäämämittaukset	19
4.2	Pumppujen ja massavirtausmittarien testit	20
4.3	Muutokset tuotantolinjaan	21
4.4	Automaatio	22
5	HACCP-järjestelmän laatiminen	24
6	Täysautomatisoitu tuotantolinja	26
6.1	Prosessin jatkokehitys	26
6.1.1	Staattinen sekoitin	26
6.1.2	Staattisen sekoittimen valinta	27
6.1.3	Sekoituksen variaatiokerroin	28

6.1.4	Annostelupumppu	29
6.2	PI-kaavion päivitys	29
7	Johtopäätökset ja jatkokehitys	30
	Lähteet	31
	Liitteet	
	Liite 1. Lisäainepanoksen massavirtausmittari	
	Liite 2. Automaatiokuvaus	
	Liite 3. Kriittisten ohjauspisteiden määrittäminen (HACCP)	

## Lyhenteet

CIP	Clean-in-place. Suljetussa putkisto- ja toimilaitesysteemissä tehty pesuainepuhdistus.
HACCP	Hazard Analysis and Critical Control Points. Menetelmä, jolla pyritään etsimään ja hallitsemaan elintarvikehuoneiston terveysriskejä.
IBC	Intermediate bulk container. Uudelleenkäytettävä säiliö, jota käytetään aineiden siirtämiseen ja säilömiseen teollisuudessa.
FFA	Free fatty acids. Vapaat rasvahapot.

## 1 Johdanto

Avena Kantvik on Avena Nordic Grain Oy:n tytäryhtiö ja osa Apetit-konsernia. Yrityksen kasviöljypuristamo sijaitsee Kirkkonummen Kantvikissa (kuva 1). Yritys perustettiin vuonna 1958 nimellä Öljynpuristamo Oy. Yrityksen nimi vaihdettiin vuonna 1993 Mildola Oy:ksi samalla kun yritys muutti Helsingin Herttoniemestä Kirkkonummelle. Nykyinen nimi, Avena Kantvik Oy, otettiin käyttöön vuoden 2017 vaihteessa. Avena Kantvikin öljynerotus ja raffinointi perustuvat mekaaniseen prosessiin, joka on ympäristöystävällinen ja tuoteturvallinen.

Insinööriyön tekijä on ollut työharjoittelussa Avena Kantvikin pakkaamossa operaattoreina vuosina 2015 ja 2016. Insinööriyön aihe syntyi tarpeesta saada tuotettua yritykselle uutta kasviöljypohjaista seostuotetta. Seostuote haluttiin valmistaa pakkaamossa nykyisen kanisterien täyttölinjaston yhteydessä. Tuotetta haluttiin valmistaa vuoden 2016 puolella pieniä määriä ja kasvattaa tuotantoa vuodesta 2017 eteenpäin. Insinööriyö toteutettiin kahdessa vaiheessa, jotta saataisiin tehtyä tuotetta mahdollisimman nopeasti ja myöhemmin voitaisiin keskittyä projektin jatkosuunnitelmaan.

Ensimmäinen vaihe oli pitkälti käytännönvaihe, jossa haluttiin valmistaa tuotetta nykyisellä laitteistolla tai tehtaalta jo valmiiksi löytyvillä laitteilla tai materiaaleilla. Toisessa vaiheessa keskityttiin prosessin kehittämiseen, PI-kaavioiden piirtämiseen ja yhteydenottoihin laitetoimittajien kanssa. Seostuotteelle oli kehitelty jo valmis resepti yrityksen toimesta. Resepti haluttiin pitää yrityssalaisuutena, joten insinööriyössä seostuotteen komponentit ovat kasviöljy ja lisäaineet. Uusi tuote haluttiin pakata 10 litran kanistereihin, joihin Avena Kantvikin pakkaamossa suuri osa kasviöljyistä jo valmiiksi pakataan.



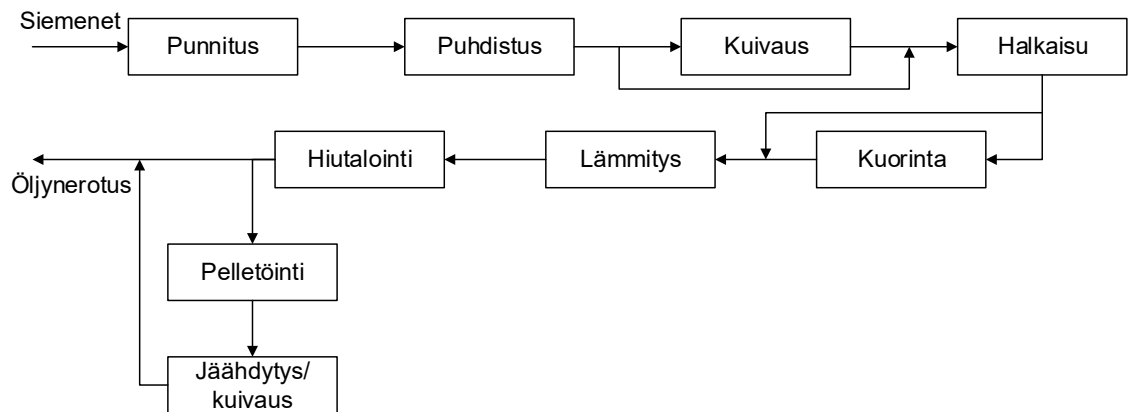
Kuva 1. Kasviöljypuristamo Avena Kantvik Oy, Kirkkonummi.

## 2 Kasviöljyn valmistusprosessi

### 2.1 Siementen esikäsittely

Kasviöljyä puristetaan muun muassa rypsin, rapsin, auringonkukan ja puuvillan siemenistä sekä soijapavuista. Siemenet sisältävät noin 20–50 % kasviöljyä, joka on tiukasti sitoutuneena solujen sisällä. Öljy erotetaan joko mekaanisesti puristamalla tai kemiallisesti liotinuutolla. Prosessin vaiheet vaihtelevat myös jonkin verran riippuen käytetystä siemenestä tai pavusta. [1, s. 6.]

Esikäsittelyllä valmistetaan siemenet öljynerotusprosessiin. Esikäsittely sisältää tyypillisesti prosesseja kuten siementen puhdistus ja kuorinta. Kuorintaa käytetään lähinnä puuvillan ja auringonkukan siemenissä. Puristuksessa siemenet rullataan hiutaleiksi, jolloin soluseinämä vääristyy ja helpottaa siten öljynerotusta. Hiutaleet ovat noin 0,30 mm:n paksuisia. Jos öljy halutaan erottaa siemenistä uuttamalla, niin puristuksen jälkeen siemenistä muodostetaan usein pellettejä. Tyypillinen esikäsittelyprosessi on esitetty lohkokkaaviona kuvassa 2. [1, s. 6–8.]

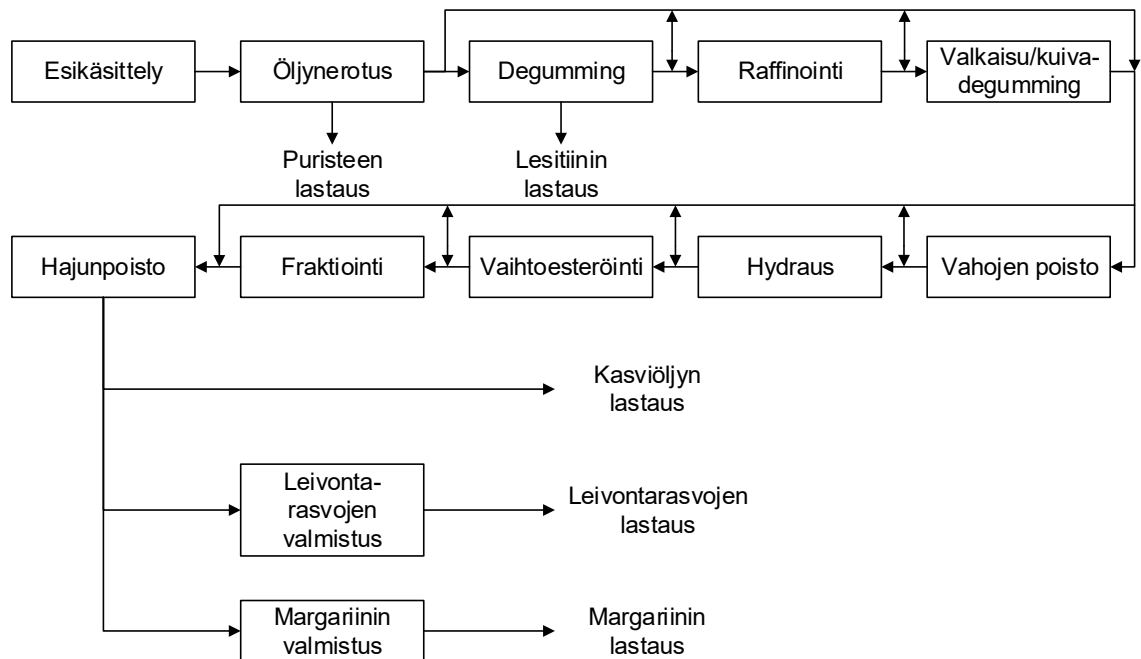


Kuva 2. Kasviöljyprosessin siementen esikäsittelyprosessi [1, s. 7].



## 2.2 Kasviöljyn erotusmenetelmät

Kasviöljyn erottamiseen siemenistä käytetään joko fysikaalista tai kemiallista erotusta. Tässä luvussa on kerrottu yleisellä tasolla molemmista erotusmenetelmistä. Muut prosessin vaiheet riippuvat käytettävän kasvin siemenistä ja kasviöljyn käyttötarkoituksesta. Kuvassa 3 on esitetty kasviöljyn kaikki valmistusvaiheet. Vaiheet voidaan luokitella kasviöljyn erotukseen, puhdistukseen ja modifiointiin. [2.]

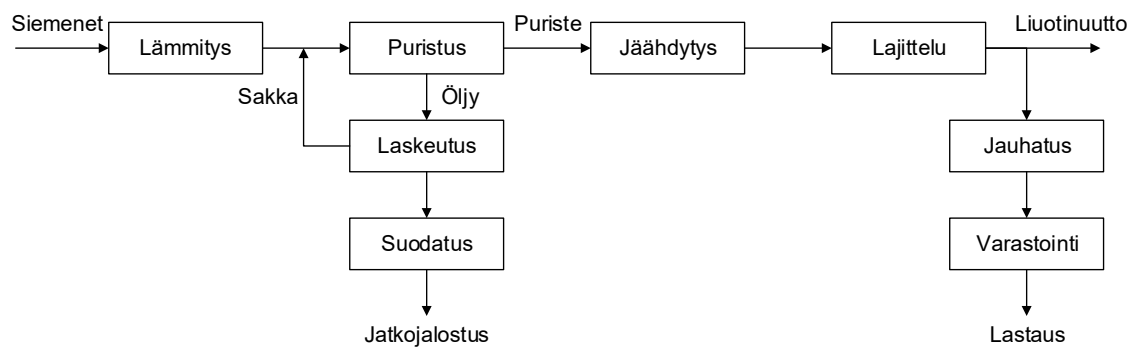


Kuva 3. Kasviöljyn valmistusprosessi [1, s. 3].

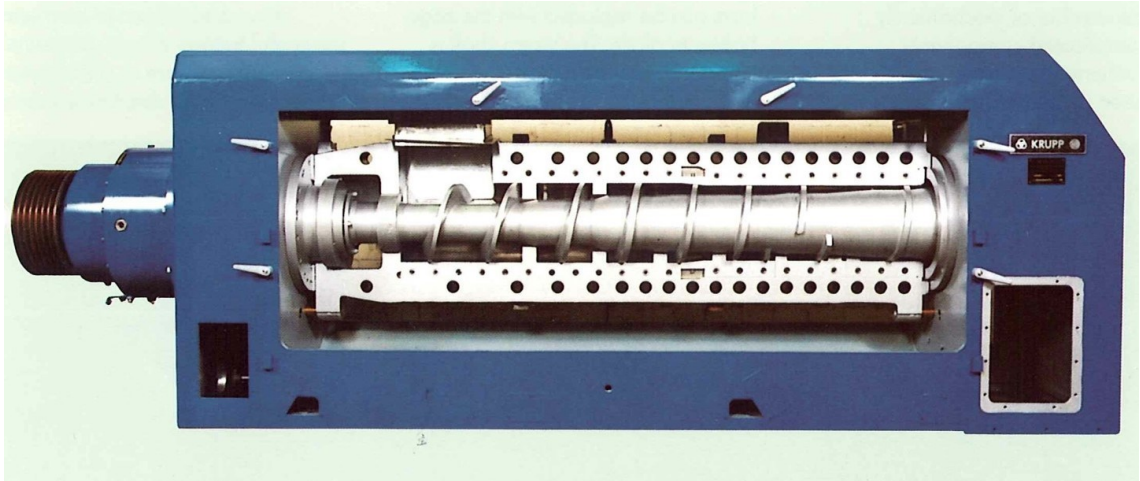
### 2.2.1 Mekaaninen erotus

Mekaaninen öljynerotus tapahtuu usein samassa rakennuksessa kuin siementen esikäsitteily. Puristamossa siemenet altistetaan korkeaan lämpötilaan ja paineeseen, joka pakottaa kasviöljyn ulos soluista. Puristusprosessi sisältää tyypillisesti lämmityksen, puristuksen, kakun jäädyttämisen ja viimeistelyn sekä öljyn suodatuksen. [1, s. 10.]

Erotusprosessi alkaa lämmityksellä, jonka yhteydessä siementen proteiinit denaturoituvat. Lämmityksen jälkeen kuumat siemenet päätyvät puristukseen, jossa niistä saadaan poistettua noin 60–90 % niiden sisältämästä öljystä. Poistetun öljyn kokonaisprosentti riippuu usein siitä, halutaanko loput kasviöljystä poistaa uuttamalla vai hyödynnetäänkö puriste sellaisenaan rehuna. Proteiinien denaturoituminen inaktivoi ureaasi-entsyymien luonnollisen toiminnan, jolloin puristetta voidaan käyttää ravintona. Puristuksesta saatava öljy sisältää usein suuria määriä sakkaa, joka suodatetaan pois ennen jatkojalostusta. Puristetun kasviöljyn laatu on prosessin tässä vaiheessa parempaa kuin uuttamalla saatu öljy, joka sisältää uuttamisen jälkeen vielä epäpuhtauksia kuten fosfolipidejä. Tiettyjen kasvien siementen öljy on puristuksen jälkeen valmista käytettäväksi sellaisenaan. Tyypillinen mekaaninen öljynerotusprosessi on esitetty kuvassa 4 ja kasviöljyn mekaanisessa puristuksessa käytettävä puristin kuvassa 5. [1, s. 10–12.]



Kuva 4. Kasviöljyn mekaaninen puristus [1, s. 11].

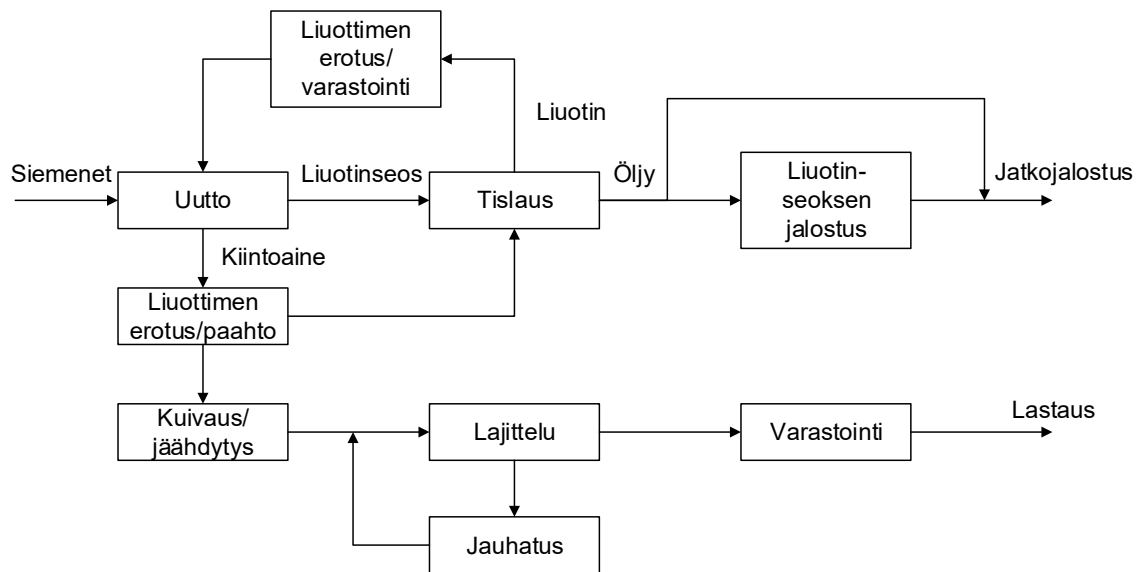


Kuva 5. Kasviöljyn mekaanisessa erotuksessa käytettävä puristin.

### 2.2.2 Liutinuutto

Liutinuutossa hiutaleiksi puristetut tai pelletöidyt siemenet siirretään rakennukseen, jossa liutinuutto tapahtuu. Liutinuuttoprosessi sisältää tyypillisesti uuttamisen, tislauksen ja nestefaasin talteenoton. Uuttamisesta jääneestä kiinteästä aineesta poistetaan ensin liuotin, jonka jälkeen kiintoaine paahdetaan, kuivataan ja jäädytetään ennen varastointia. Prosessissa käytetään usein helposti syttyvää liuotinta, josta syystä erotus tapahtuu yleensä eri rakennuksessa kuin siementen esikäsitteily. Liuottimena on yleisesti käytetty heksaania, mutta sen tulenarkuus, altistumisriskit ja ympäristövaikutukset ovat johtaneet vaihtoehtoisten liuottimien tutkimiseen. Vaihtoehtoisiksi liuottimiksi on kokeiltu muun muassa isopropyylialkoholia ja superkriittistä hiilidioksidia taloudellisesti huonoin tuloksin. [1, s. 12–14.]

Prosessissa käytetään jatkuvatoimista vastavirtauuttoa, jossa siemenet virtaavat vastakkaiseen suuntaan kuin liuotinseos. Vastavirtauutosta saatavasta liuotinseoksesta noin 25–30 % on kasviöljyä. Liuottimen ja kasviöljyn seos ajetaan erilaisten tisluslaitteiden läpi. Yleensä erotukseen käytetään sarjassa useampaa falling film -haihdutinta ja stripauskolonnia. Ensimmäinen haihdutin väkevöi liuotinseoksen öljypitoisuuden noin 28 %:sta 80 %:iin. Ensimmäisessä haihduttimessa putkipuolelta syötetään liuotinseos ja vaippapuolella hyödynnetään paahdosta saatua höyryä. Toinen haihdutin toimii usein atmosfäärisessä paineessa tai vakuumissa ja väkevöi seoksen 95–98 %:iin öljyä. Stripauskolonni, joka toimii lievässä ylipaineessa, erottaa suurimman osan jäljelle jääneistä haihtuvista aineista. Tisluslaitteissa erotettu liuotin palautetaan takaisin vastavirtauuttoon. Kuvassa 6 on esitetty tyypillinen liutinuuttoprosessi. [1, s. 14–16.]



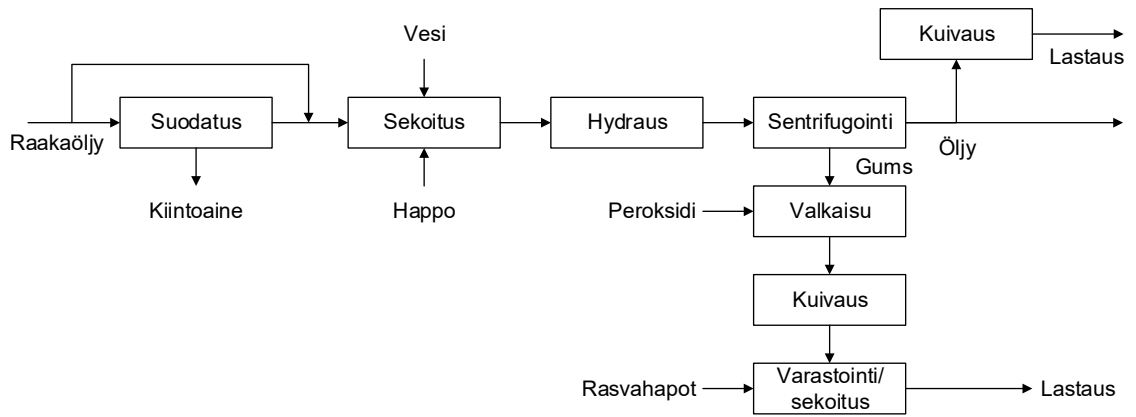
Kuva 6. Kasviöljyn liutinuutto [1, s. 13].

### 2.3 Degumming-prosessi

Kasviöljyn puristuksen tai liuottamisen yhteydessä syntyy niin sanottuja gumseja. Ne koostuvat pääosin fosfolipideistä ja muodostuvat öljyn absorboidessa vettä. Vesi hydraa osan fosfolipideistä, mikä tekee niistä samalla öljyyn liukenemattomia. Soijan, maissin ja auringonkukan siemenet sisältävät erityisen paljon kyseisiä fosfolipidejä. [1, s. 17; 3.]

Degumming-prosessi viittaa kyseisten gumsien erotukseen öljystä. Erotus voidaan tehdä erikseen puristetulle tai liuotetulle raakaöljylle jalostusprosessin alussa, mutta voidaan toteuttaa myös prosessin muiden vaiheiden yhteydessä. Tietyissä prosesseissa voi olla parempi erottaa gumsit esimerkiksi sentrifugoinnin yhteydessä, sillä se saattaa parantaa sentrifugoinnin tulosta. Tyypillisessä gumsien erotusprosessissa öljyyn sekoitetaan ensin sopiva määrä pehmenettyä vettä ja sekoitetaan perusteellisesti. Hydrauksen annetaan tapahtua säiliössä, jossa gumsit agglomeroituvat ja alkavat erottua öljystä. Säiliöstä seos syötetään sentrifugiin, jossa varsinainen erottelu tapahtuu. [1, s. 17–18.]

Kuivattamalla kyseisiä gumseja saadaan lesitiiniä, jonka systemaattinen nimi on 1,2-dia-syyli-sn-glysero-3-fosfatidyylikoliini. Lesitiiniä käytetään esimerkiksi teollisuudessa emulgointiaineena, voiteluaineena ja pinta-aktiivisena aineena. Kuvassa 7 on esitetty tyypillinen degumming-prosessi. [1, s. 18; 3; 4.]



Kuva 7. Degumming-prosessi ja lesitiinin valmistus [1, s. 19].

## 2.4 Raffinointi

Raffinoinnilla tarkoitetaan usein kasviöljyjen valmistusprosessissa vapaiden rasvahappojen erottamista öljystä. Termi sisältää toisinaan myös fosfolipidien, metalli-ionien, väripigmenttien ja muiden epäpuhtauksien erottamisen. Raffinointitapoja on kemiallisia ja fysikaalisia. [1, s. 22; 5.]

Fysikaalinen raffinointi yhdistetään yleisesti degumming-prosessiin, valkaisuun ja hajunpoistoon. Kemiallinen raffinointi on vanhempi prosessi, jolla saadaan poistettua myös fosfolipidejä, mikäli degumming-prosessi ei ole ollut täydellinen tai jos se on haluttu jättää kokonaan pois. Natriumhydroksidi on tavallisesti öljyn kemiallisessa raffinoinnissa käytetty emäs. Ennen varsinaista raffinointia öljyn sekaan lisätään usein happoa ja seoksen annetaan sekoittua säiliössä useamman tunnin ajan. Happo helpottaa fosfolipidien erottamista, mutta se täytyy neutralisoida emäksellä ennen jatkokäsittelyä. Kemiallinen raffinointi vaatii myös vapaiden rasvahappojen kvantitatiivisen määrittämisen, jotta öljyyn saadaan lisättyä emästä sopiva määrä. Esimerkiksi natriumhydroksidia lisätään vapaiden rasvahappojen neutralisoimiseen tarvittava määrä sekä hieman ylimääräistä epäpuhtauksien poistamiseksi. Emäksen ja vapaiden rasvahappojen välillä tapahtuu saippuointireaktio, josta syntyvä saippua on helppo sentrifugoida pois öljystä. Natriumhydroksidin tarvittava määrä ilmoitetaan suhteessa öljyvirran määrään ja voidaan laskea kaavalla: [1, s. 22–24, 172–174; 5.]

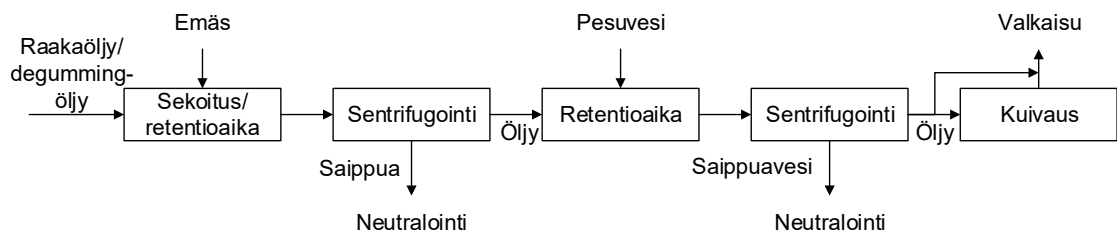
$$\text{massaprosentti}_{\text{NaOH}} = \frac{(0,142 \cdot \text{FFA}) + \text{ylimäärä}}{c_{\text{NaOH}}/100} \quad (1)$$

missä

$\text{FFA} = \text{vapaiden rasvahappojen prosentti öljyssä}$

$c_{\text{NaOH}} = \text{natriumhydroksidin konsentraatio } \left(\frac{\text{mol}}{\text{l}}\right)$

0,142 saadaan natriumhydroksidin ja oleiinihapon moolimassojen suhteesta. Ylimäärä vaihtelee öljyn ominaisuuksien ja käytettävän prosessin mukaan. Kuvassa 8 on esitetty tyypillinen kemiallinen raffinointi. [1, s. 174.]



Kuva 8. Kemiallinen raffinointi [1, s. 23].

## 2.5 Valkaisu

Valkaisulla tarkoitetaan adsorptioprosessia, jossa öljystä poistetaan väripigmenttejä ja muita vähäisiä epäpuhtauksia. Vaikka öljyn väri on näistä helpommin erottuva ominaisuus, niin epäpuhtauksien poistolla on kuitenkin huomattavasti merkittävämpi vaikutus. Epäpuhtaudet vaikuttavat öljyn makuun, säilyvyyteen ja hapettumiskestävyyteen. [1, s. 27, 190; 6.]

Adsorbenttina käytetään valkaisumaata tai -savea, joka poistaa muun muassa jäännökset saippuasta ja peroksiedeista. Kemiallisen raffinoinnin jälkeen öljy sisältää 20–70 ppm saippuajäännöksiä eivätkä valkaisun jälkeen jäännökset ole enää mitattavissa normaeleilla analyttisillä menetelmillä. [1, s. 190.]

Adsorptio on pintailmiö, joka on riippuvainen adsorbentista ja adsorbaatista. Freundlichin isotermi kuvaa adsorption matemaattista mallia tietyssä lämpötilassa: [1, s. 195.]

$$\frac{x}{m} = K \cdot c^n \quad (2)$$

missä

$x$  = adsorboituneen aineen massa

$m$  = adsorbentin massa

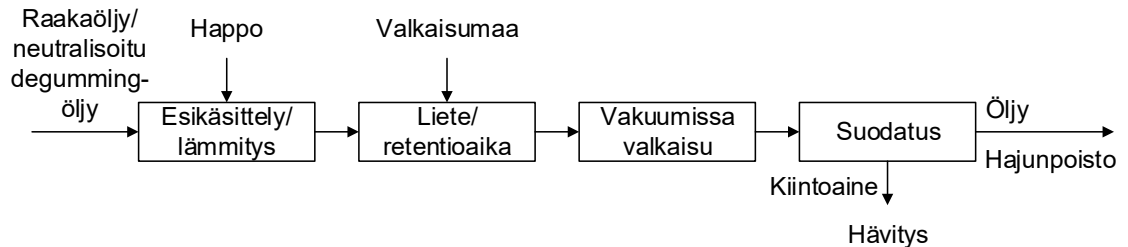
$c$  = adsorboituvan aineen tasapainokonsentraatio liuoksessa

$K$  ja  $n$  ovat adsorbentille ja adsorbaatille ominaiset vakiot tietyssä lämpötilassa. [1, s. 195.]

Isotermi on myös linearisoitavissa seuraavasti:

$$\log \frac{x}{m} = \log K + n \cdot \log c \quad (3)$$

Freundlichin yhtälöä voidaan käyttää öljyn värin määrittelyssä eri määrillä adsorbenttia, jos määrittelyssä käytetyt yksiköt ovat yhteensopivia ja suhteessa väripigmenttien konsentraatioon. Kuvassa 9 on esitetty tyypillinen valkaisu prosessi. [1, s. 195.]



Kuva 9. Kasviöljyn valkaisu [1, s. 28].

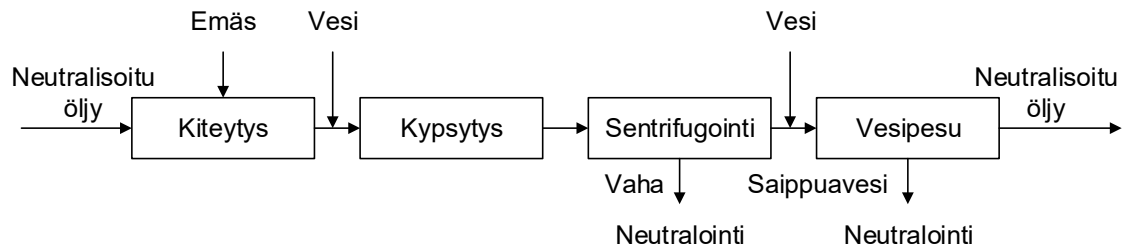
## 2.6 Vahojen poisto

Vahoja esiintyy tietyissä kasviöljyissä, kuten auringonkukkaöljyssä ja rypsiöljyssä. Ne eivät varsinaisesti vaikuta negatiivisesti öljyn laatuun tai toiminnallisuuteen. Vahojen poistaminen takaa öljyn selkeyden, vaikka öljy säilytettäisiin jääkaappilämpötiloissa [1, s. 31; 6.]

Prosessissa kasviöljy jäähdytetään vähitellen 5–8 °C:seen ja kylmän öljyn sekaan lisätään suodatusapuaineita. Jäähdytyksen jälkeen öljy joko siirretään sekoitussäiliöön, jossa vahasta muodostuu kiteitä tai vahat suodatetaan suoraan pois. Vahojen suoraan suodattaminen vaatii nopeamman jäähdytyksen, mutta se on todettu myös tehokkaaksi keinoksi vahojen poistossa. Varsinainen kakku poistetaan molemmissa tapauksissa erikseen painelehtisuodattimessa. [1, s. 31–32; 6.]

Vaihtoehtoinen menetelmä vahojen poistoon on sentrifugointi ja saippuointireaktion hyödyntäminen. Kasviöljyyn lisätään sopiva määrä emästä, jolloin saadaan saippuaista liettä. Sekoitussäiliössä vahakiteet agglomeroituvat saippuan pinnalle. Toisessa säiliössä sekaan sekoitetaan hieman jäähdytettyä vettä ja annetaan kiteiden muodostua. Lopuksi liete pumpataan laminaarivirtauksena putkilämmönvaihtimien läpi, jossa sen lämpötilaa kasvatetaan ennen varsinaista sentrifugointia. Sentrifugointi poistaa suurimman osan syntyneestä massasta. Saippuan jämät pestään öljystä vielä erikseen sentrifugin jälkeen. Kyseinen menetelmä on esitetty lohkokaaavana kuvassa 10. [1, s. 32.]





Kuva 10. Vahojen poisto sentrifugoimalla [1, s. 33].

## 2.7 Hajunpoisto

Hajunpoisto perustuu kasviöljyn ja ei-haluttujen aineiden eroon höyrynpaineissa. Ei-haluttuja ovat aineet, jotka vaikuttavat negatiivisesti öljyn makuun, hajuun, väriin tai hapettumiskestävyyteen. Prosessi on ensisijaisesti aineensiirtoprosessi, jossa aineet haihtuvat kasviöljystä tietyssä lämpötilassa. Lämpötila pidetään kuitenkin sen verran alhaisena, että kasviöljy ei vahingoitu. Erottamista helpotetaan tekemällä se mahdollisimman alhaisessa paineessa. Vakuumi helpottaa erotusta ja vähentää tarvittavan kaasun määrää sekä suojelee kasviöljyä ilman aiheuttamalta hapettumiselta. Haihdutuksessa komponentit, joilla on suuri höyrynpaine, haihtuvat ensin. Jos systeemin painetta lasketaan, niin järjestys pysyy samana, mutta höyrystyminen tapahtuu pienemmässä lämpötilassa. [1, s. 343–345.]

Käytännössä riittävän höyrynpaine-eron luomiseksi diasyyloglyserolin ja ei-haluttujen komponenttien välillä kasviöljy täytyy lämmittää 200–275 °C:seen. Systeemin paineen tulee olla alle 1 kPa ja strippaushöyryn määrä vaihtelee noin 0,5 %:n ja 5 %:n välillä riippuen menetelmästä. Hajunpoistossa täytyy myös ottaa huomioon kasviöljyn jäähdytys- ja lämmitysmenetelmät, jotta öljy ei hapetu liuenneesta ilmasta. Ennen lämmitystä öljyssä saa olla korkeintaan 0,05 % liuennutta happea, joka voidaan saavuttaa esimerkiksi ruiskuttamalla esilämmitetty öljy vakuumiasiaan. [1, s. 344.]

Hajunpoisto on kasviöljyn puhdistuksessa viimeinen vaihe ja on hyvin riippuvainen alkupään käsittelystä. Hajunpoiston jälkeen öljyssä tulisi olla alle 3 ppm fosfolipidejä ja 1 ppm rautaa. Vapaat rasvahapot ovat pääkomponentteja hajunpoistossa, ja niitä on tyypillisesti 0,1–0,5 % kemiallisesti raffinoidussa öljyssä ja 0,5–5 % fysikaalisesti raffinoidussa. Muita hajunpoistossa poistettavia tai inaktivoitavia komponentteja ovat aldehydit, alko-

holit, hiilivedyt, ketonit, sterolit sekä tietyt aineet, jotka muodostuvat peroksidien ja pigmenttien lämpöhajoamisen yhteydessä. Myös hydraus voi aiheuttaa makua tuovia aineita, jotka poistetaan prosessin lopussa. Hajunpoisto erottaa kasviöljystä myös hyödyllisiä tokoferoleja, jotka toimivat hapettumisenestoaineina. [1, s. 344–345.]

Hajunpoistoprosessia suunniteltaessa on tärkeää arvioida prosessiin syötettävän ja sieltä poistuvan vapaiden rasvahappojen moolimäärät sekä tarvittava määrä strippaushöyryä. Raoultin lain mukaan seoksen komponentin höyrynpaine on sen höyrynpaine puhtaana kerrottuna komponentin mooliosuudella. Myös hajunpoistossa kasviöljy ja haihtuvat epäpuhtaudet noudattavat Raoultin lakia. Koska hajunpoistossa poistettavien vapaiden rasvahappojen moolimäärä suhteessa öljyn moolimäärään on hyvin pieni, niin Raoultin laki voidaan kirjoittaa muodossa: [1, s. 345–346.]

$$p_i = p_i^0 \cdot \frac{n_i}{n_o} \quad (4)$$

missä

$p_i$  = aineen *i* höyrynpaine öljyssä

$p_i^0$  = aineen *i* höyrynpaine puhtaana

$n_i$  = aineen *i* moolimäärä

$n_o$  = öljyn moolimäärä

Daltonin lain mukaan syntyvän höyryn komponenttien moolisuhde tietyllä hetkellä on sama kuin niiden osapaineiden suhde: [1, s.346.]

$$\frac{dn_s}{dn_i} = \frac{p_s}{p_i'} \quad (5)$$

missä

$n_s$  = höyryn moolimäärä

$n_i$  = aineen  $i$  moolimäärä

$p_s$  = höyryn todellinen osapaine

$p_i'$  = aineen  $i$  osapaine höyryssä

Koska aineen  $i$  osapaine on hyvin pieni suhteessa höyryn todelliseen osapaineeseen, niin  $p_s$  lähestyy kokonaispainetta  $p_{tot}$ . Yhtälö (5) voidaan kirjoittaa siis muodossa: [1, s.346.]

$$\frac{dn_s}{dn_i} = \frac{p_{tot}}{p_i'} \quad (6)$$

missä

$p_{tot}$  = kokonaispaine  $p_i + p_s$

Haihdutustehon,  $E$ , määrittämisessä käytetään kaavaa:

$$E = \frac{p_i'}{p_i} \quad (7)$$

Haihdutusteho kertoo, kuinka hyvin öljyn läpi menevä höyry kyllästyy haihtuvilla aineilla.  
[1, s.346–347.]

Whitmanin kaasun absorptio kaksoisfilmitheorian mukaan tietyllä hetkellä haihtuvien komponenttien siirtonopeus öljystä höyrykuplaan on sama kuin kuplan kyllästyspaineen ja todellisen paineen erotus, kerrottuna kuplan pinta-alalla ja aineille ominaisella vakiolla:  
[1, s.347.]

$$\frac{dp_{v'}}{dt} = k \cdot A \cdot (p_i - p_{i'}) \quad (8)$$

missä

$t$  = höyrykuplan ja öljyn kontaktiaika

$k$  = kaasun diffuusiovakio

$A$  = Höyrykuplan pinta – ala

Integroimalla yhtälö (8) saadaan:

$$A \cdot k \cdot t = \ln\left(\frac{p_i}{p_i - p_{i'}}\right) = \ln\left(\frac{1}{1 - \frac{p_{i'}}{p_i}}\right) = \ln\left(\frac{1}{1 - E}\right) \quad (9)$$

$$E = 1 - e^{-A \cdot k \cdot t} \quad (10)$$

Haihdutusteho kasvaa siis höyrykuplan pinta-alan ja kontaktiajan kasvaessa. Yhdistämällä yhtälöt (4) ja (7): [1, s.347.]

$$p_{i'} = \frac{E \cdot p_i^0 \cdot n_i}{n_o} \quad (11)$$

Yhtälöistä (6) ja (11) saadaan:

$$\frac{dn_s}{dn_i} = \frac{p_{tot} \cdot n_o}{E \cdot p_i^0 \cdot n_i} \quad (12)$$

Integroimalla vielä yhtälö (12):

$$n_s = \frac{p_{tot} \cdot n_o}{E \cdot p_i^0 \cdot \left[ \ln \left( \frac{n_{i_1}}{n_{i_2}} \right) \right]} \quad (13)$$

Yhtälöt pätevät ainoastaan kasviöljyn ja siinä olevien epäpuhtauksien laskemiseen ideaaliliuoksena. Todellinen haihdutusteho on poikkeamasta riippuen hieman suurempi tai pienempi. Tutkimukset ovat kuitenkin osoittaneet, että tarkempia tuloksia yhtälöllä on saatu tehokkuuskertoimilla, jotka ovat välillä 0,7 ja 0,99. Yhtälöön on sisällytetty aktiivisuuskertoimen A, jolloin yhtälö (13) kirjoitetaan muodossa: [1, s.347–348.]

$$n_s = \frac{p_{tot} \cdot n_o}{E \cdot p_i^0 \cdot A \left[ \ln \left( \frac{n_{i_1}}{n_{i_2}} \right) \right]} \quad (14)$$

tai

$$\ln\left(\frac{n_{i_1}}{n_{i_2}}\right) = \frac{n_s \cdot E \cdot p_i^0 \cdot A}{p_{tot} \cdot n_o} \quad (15)$$

Missä  $n_{i_1}$  on haihtuvien aineiden moolimäärä öljyssä lähtötilanteessa ja  $n_{i_2}$  lopputilanteessa. [1, s.348.]

### 3 Laboratoriotason kokeet

#### 3.1 Prosessisuunnittelu

Suunnitteluvaiheessa haluttiin ensin kokeilla, kuinka prosessin tietyt vaiheet toimivat laboratoriotason laitteistolla. Insinööriyön ohjaajan kanssa pidetyssä palaverissa ongelmakohtiksi päätyivät putkiston huuhtelu ja seostuotteen sekoitus. Tuotteen ei haluttu vaikuttavan muiden tuotteiden makuun tai hajuun ja myös sekoituksen tuli olla riittävä, jotta lisäaineiden konsentraatio kasviöljyssä olisi mahdollisimman tasainen.

#### 3.2 Putkiston huuhtelu

Prosessissa käytettävää putkistoa käytetään myös muiden kasviöljypohjaisten tuotteiden pakkaukseen. Tästä syystä oli tärkeää varmistaa, ettei putkistoon jää kertymiä seostuotteesta käytettävistä lisäaineista. Päädyttiin miettimään kahta eri vaihtoehtoa putkiston puhdistamiseen. Helpoin vaihtoehto putkiston puhdistamiselle oli huuhtelu kasviöljyllä tuotteenvaihdon yhteydessä. Toinen vaihtoehto oli käyttää clean-in-place-puhdistusjärjestelmää. CIP-järjestelmässä putkistosta ja toimilaitteista muodostetaan suljettu piiri, jossa pesuainetta kierrätetään systeemin läpi ja huuhdellaan lopuksi vedellä.

Alustavat huuhtelutestit toteutettiin pienessä mittakaavassa laboratoriossa. Kasviöljyhuuhtelukokeet tehtiin syöttämällä ensin puhdasta kasviöljyä metallisen suppilon läpi ja sen jälkeen valmiiksi tehtyä seostuotetta saman suppilon läpi dekanterilasiin. Kasviöljyä ja seostuotetta pyrittiin kaatamaan suppiloon mahdollisimman suurelle pinta-alalle luotettavan tuloksen saamiseksi. Seostuotteen annettiin vaikuttaa suppilossa muutaman minuutin ajan ja sen jälkeen suppilon läpi kaadettiin kasviöljyä dekanterilasiin makutestiä varten. Tämä vaihe toistettiin, kunnes saatiin viisi näytettä makutestiä varten. Aistinvaraiset arvioinnit tehtiin, jotta pystyttiin päättelemään, onko putkiston huuhteleminen kasviöljyllä riittävä ja kuinka monta huuhtelukertaa varsinaisessa putkistossa tarvitaan.

Aistinvaraiseen arviointiin osallistui Avena Kantvikin laboratoriohenkilökunta. Arviointiin osallistunut raati on suorittanut arviointikoulutuksen ja on hyvin kokenut vastaavanlaisissa arvioinneissa.

Osa raadista erotti hieman makueroa normaaliin kasviöljyyn ensimmäisessä ja toisessa näytteessä. Näytteitä verrattiin puhtaaseen kasviöljyyn. Arvioinnin tulokset on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Laboratoriohenkilökunnan suorittaman aistinvaraisen arvioinnin tulokset.

Arvioija	Näyte 1	Näyte 2	Näyte 3	Näyte 4	Näyte 5
1	Vahvempi maku	Vahvempi maku	Ei makueroa	Ei makueroa	Ei makueroa
2	Ei makueroa	Ei makueroa	Ei makueroa	Ei makueroa	Ei makueroa
3	Vahvempi maku	Ei makueroa	Ei makueroa	Ei makueroa	Ei makueroa

Makutestin perusteella pääteltiin, että putkisto täytyy huuhdella kasviöljyllä kolmesti tuotteenvaihdon yhteydessä, jotta makuhaittaa ei synny seuraavaan tuotteeseen.

### 3.3 Seostuotteen sekoitus

Avenan pakkaamon lisäainesäiliöissä on käytössä niin sanottu ”hullunkierto”, jossa tuote sekoitetaan kierrättämällä sitä säiliön pohjasta putken kautta säiliön huipulle. Koska työn ensimmäisessä vaiheessa oli tarkoitus selvittää mahdollisimman pitkälle tuotteen valmistamisessa käytämällä tehtaan nykyisiä laitteita, niin haluttiin kokeilla, onko kierrätystyyppinen sekoitus riittävä uudelle tuotteelle. Laboratoriossa pyrittiin simuloimaan tilannetta kaatamalla kasviöljyä ja lisäaineita dekanterilasista toiseen.

Koe aloitettiin punnitsemalla aineet samassa suhteessa kuin ne olisivat prosessissa käytettävässä sekoitussäiliössä. Punnitsemisen jälkeen aineet kaadettiin dekanterilasiin, josta aineet kaadettiin jälleen toiseen dekanterilasiin. Vaihe toistettiin, kunnes sekoitus oli tehty yhteensä 20 kertaa. Sekoituksen jälkeen todettiin silmämääräisesti lisäaineiden liunneen kasviöljyyn. Kokeesta voitiin päätellä, että kierrätystyyppinen sekoitus olisi riittävä sekoitussäiliöön.



## 4 Nykyisen laitteiston käyttöönotto

### 4.1 Säiliöiden ja putkien pesu

Uuden tuotteen valmistamiseen käytettävissä säiliöissä ja putkissa oli vanhaa öljyä, joka oli pestävä pois ennen käyttöönottoa. Pesu päädyttiin tekemään emäksisellä Ecolab P3-mip-SP -pesuaineella, joka soveltuu erityisesti rasva- ja proteiinijäämien sekä muun orgaanisen lian poistoon. Pesuaineesta laimennettiin 3-prosenttinen liuos, jonka annettiin vaikuttaa säiliöissä ja putkistossa 60 minuutin ajan ja huuhdeltiin sen jälkeen huolellisesti pois.

#### 4.1.1 Pesuainejäämämittaukset

Haluttiin varmistaa vielä, että säiliöihin tai putkistoon ei ollut jäänyt jäämiä pesuaineesta. Mittaus tehtiin käyttämällä Aboatox 1243-50 BioTox™ -pesuainejäämättestiä. Menetelmä perustuu *Aliivibrio fischeri* -bakteerin tuottaman bioluminesenssin mittaamiseen luminometrillä. *Aliivibrio fischeri* on bakteeri, joka elää tyypillisesti merissä ja tuottaa sinivihreää valoa lusiferaasientsyymin katalysoimassa reaktiossa: [7.]



Testi toteutettiin ottamalla kyvetiin kontrollinäyte puhtaasta pesuvedestä sekä kolme näytettä pesuvedestä, jota oli käytetty säiliön huuhtelemiseen. Jokaiseen kyvetiin oli pipetoitu 300 µl bakteerisuspensiota. Pesuveden annettiin vaikuttaa viisi minuuttia ja sen jälkeen mitattiin luminometrillä näytteen luminesenssi. Luminesenssiero kontrollinäytteen ja pesuvesinäytteiden välillä indikoi pesuainejäämistä. Suhteellinen valontuotto kertoo huuhtelun riittävydestä ja se lasketaan kaavalla: [8.]

$$\text{Suhteellinen valontuotto (\%)} = 100 \cdot \frac{IT_5}{IC_5}$$

missä

$IT_5$  = näytteen suhteellinen valoyksikkö (RLU) 5 minuutin vaikutusajan jälkeen

$IC_5$  = kontrollin suhteellinen valoyksikkö (RLU) 5 minuutin vaikutusajan jälkeen

Kontrollista ja näytteistä saatiin seuraavanlaiset tulokset:

Taulukko 2. Pesuainejäämämittauksen tulokset.

	<b>Suhteellinen valoyksikkö (RLU)</b>	<b>Suhteellinen valontuotto (%)</b>
Kontrolli	398	-
Näyte 1	362	91
Näyte 2	340	85
Näyte 3	345	87

Mikäli suhteellinen valontuotto näytteen ja kontrollin välillä on alle 50 %, näytteessä on huomattavan paljon jäämiä pesuaineesta. Jos suhteellinen valontuotto on välillä 50–80 %, näytteessä on vähäisiä jäämiä pesuaineesta. Yli 80 % tulokset ylittävät luminometrin havaitsemisrajan, jolloin myös pesutulosta voidaan pitää riittävän hyvänä. [8.]

Saaduista tuloksista kaikki näytteet ylittivät 80 % rajan, joten pesutulokseen oltiin tyytyväisiä. Putkisto ja säiliöt huuhdeltiin kuitenkin vielä kasviöljyllä pesun jälkeen.

#### 4.2 Pumppujen ja massavirtausmittarien testit

Automaation käyttöönottoa varten haluttiin selvittää nykyisen massavirtausmittarin ja kalvopumpun tarkkuus. Testiä varten pumpattiin hieman alle 10 kg kasviöljyä kahden säiliön välillä. 10 kg kasviöljyä vastaa massaltaan ja ominaisuuksiltaan hyvin yhtä lisäaineseospanosta. Jälkimmäisestä säiliöstä kasviöljy valutettiin kanisteriin ja kasviöljyn paino punnittiin 100 mg:n tarkkuudella. Painoa verrattiin massavirtausmittarin ilmoittamaan arvoon. Koe toistettiin yhteensä kuusi kertaa. Kahdella viimeisellä kerralla tarkasteltiin ainoastaan virtausmittarin kokonaismassan muutosta pumpun ja venttiilien sulkemisen jälkeen. Ennen ensimmäistä koetta säiliöstä valutettiin käytännössä kaikki kasviöljy, joka ei jäänyt säiliön seiniin kiinni. Testien yhteydessä todettiin 30 minuutin riittävän kasviöljyn valuttamiseen, jonka jälkeen öljy valui säiliöstä hyvin hitaasti. Valuttamiseen päätettiin käyttää jokaisessa testissä sama 30 minuutin aika, jotta tulokset olisivat vertailukelpoisia.

Massavirtamittarin todettiin vastaavan riittävän tarkasti punnittua tulosta ja massojen erotukset olivat jokaisessa testissä riittävän lähellä toisiaan. Kokeiden yhteydessä huomattiin massavirtausmittarin läpi menevän virtauksen myös jatkuvan jonkin aikaa venttiilien ja pumpun sulkemisen jälkeen. Sulkemisen jälkeen siirtynyt massa oli kuitenkin jokaisessa kokeessa lähes yhtä suuri (liite 1). Todettiin myös, että massavirtauksen jatkumisen kannalta ei ollut väliä, suljettiinko pumpu vai venttiilit ensin. Viive oli todennäköisesti siis ainoastaan massavirtausmittarin ilmoittamassa arvossa. Automaatioon täytyi tästä viiveestä johtuen syöttää noin 7 % alhaisempi arvo mihin todellisuudessa pyritään.

Sekoitussäiliön ja täyttökoneen välissä olevan massavirtausmittarin nopeutta tarkkailtiin myös ennen uuden tuotteen käyttöönottoa. Prosessi on osittain panostyyppinen ja haluttiin varmistaa, pystytäänkö kokoonpanolla täyttämään kannuja ilman taukoja. Massavirtauksen todettiin vaihtelevan melko paljon. Kasviöljyn sekaan epäiltiin sekoittuvan jonkin verran ilmaa, joka hidastaa virtausta ajoittain. Avena Kantvikin pakkaamossa on käytössä kaksi muuta sekoitussäiliötä, joihin on tehty pieniä muutoksia ilman minimoimiseksi virtauksessa. Syöttöputket on sijoitettu lähemmäs säiliön pohjaa, jonka on huomattu vähentävän ilman pääsyä kasviöljyn sekaan. Vastaavanlaisia muutoksia suunniteltiin myös seostuotteen sekoittamisessa käytettävään säiliöön. Päätöstä päätettiin kuitenkin lykätä prosessin jatkokehitysmenetelmiin perehtymisen jälkeiselle ajalle.

#### 4.3 Muutokset tuotantolinjaan

Avenan pakkaamon putkistossa oli käyttämättömänä yksi magneettipumppu sekä putkilinja sitä varten. Päätettiin hyödyntää kyseistä putkilinjaa, jotta tuotteen pakkaamisessa käytetty putkisto jakaisi mahdollisimman pienen pinta-alan muiden kasviöljyjen pakkaamisen käytettävän putkiston kanssa. Oma putkilinja vähentäisi putkiston huuhtelemiseen käytettävän kasviöljyn tarvetta. Putkilinjaa oli aikaisemmin käytetty 1000 litran IBC-konttien täyttämiseen, joten päädyttiin hieman muokkaamaan putkistoa. Linja katkaistiin lopusta ja siihen hitsattiin kokonaan uusi putki, joka yhtyi täyttöruiskuihin vievän putkiston kanssa.

Nykyisen laitteiston sekoitus todettiin laboratoriossa alustavasti riittäväksi. Haluttiin kuitenkin varmistaa sekoituksen riittävyys, joten lisäainesäiliöön lisättiin varmuuden vuoksi

vielä erillisen sekoitin. Tehtaalta löytyi valmiiksi säiliöön sopiva vinosiipinen aksiaaliturbiini (kuva 11), joten päätettiin käyttää sitä sekoituksessa avuksi. Sekoituksen riittävyttä suunniteltiin analysoitavaksi myöhemmässä vaiheessa kvantitatiivisesti kaasukromatografilla.



Kuva 11. Lisäaineiden sekoittamisessa käytettävä sekoitussäiliö ja sekoitin.

#### 4.4 Automaatio

Automaation ohjelmointi päätettiin työn alussa ulkoistaa automaatio-ohjelmoijalle, joka on alun perin suunnitellut ja ohjelmoinut suuren osan Avenan pakkaamon automaatiosta. Insinööriyöhön päätettiin sisällyttää automaation ohjelmointiin tarvittava suunnitelma, toimintakuvaus ja ohjelmoijan opastaminen prosessiin liittyvissä asioissa. Automaatio-ohjelmoinnissa logiikkaohjelmana oli Beckhoffin Windows-pohjainen TwinCAT. Automaation toimintakuvaus on liitteessä 2.

PI-kaaviossa olevan virheen takia automaatiota ei voitu toteuttaa täysin kuvauksen mukaan. Kaaviossa olevaa putkilinjaa, joka yhdisti öljysäiliön ja sekoitussäiliön ei ollut toteutettu, joten sitä ei voitu käyttää prosessissa. Ongelma ratkaistiin kiertämällä öljy toista putkilinjaa pitkin säiliöön, mikä vaatii yhden käsiventtiilin sulkemisen tuotteen ajamisen

alkaessa ja automaation avaamaan erillisen automaattiventtiin sekoitussäiliön täytön yhteydessä. Automaation toteuttamisen yhteydessä kokeiltiin vielä erikseen lisäainesäiliön ja sekoitussäiliön välisessä putkessa olevan massavirtausmittarin viive. Automaation toteuttamisen jälkeisessä testiajossa otettiin näytteitä tasaisin väliajoin aistinvaraisia arviointeja varten, jotka tehtiin ennen tuotteen lähettämistä asiakkaalle.

## 5 HACCP-järjestelmän laatiminen

HACCP-järjestelmä on elintarviketeollisuudessa ja -huoneistoissa käytetty omavalvontajärjestelmä, jolla pyritään parantamaan hygieniää ja ehkäisemään terveys- ja turvallisuusriskien syntymistä ja tapahtumista. Järjestelmän nimi HACCP tulee sanoista Hazard Analysis and Critical Control Points, eli vaarojen arviointi ja kriittiset hallintapisteet. Menettelyllä koitetaan löytää prosessista kohtia, joihin voi liittyä erilaisia terveysriskejä ja määrittää riskeille todennäköisyys ja riskin vakavuus. Todennäköisyyden ja riskin vakavuuden mukaan valitaan kriittiset hallintapisteet. Jotta prosessin vaihe voidaan todeta kriittiseksi hallintapisteeksi, on terveysriskin oltava todettavissa ja sen vähentämisen oltava mahdollista tai estäminen ja eteneminen hallittavissa. [9.]

Menettelyyn valitaan HACCP-ryhmä, joilla on asiantuntemusta ja kokemusta prosessin kaikista vaiheista. Toisinaan terveysriskin määrittämiseen ja sen hallintakeinoihin tarvitaan ulkopuolista asiantuntemusta. HACCP-ryhmän jäsenet tulee kouluttaa menetelmän toteuttamiseen vaativalla koulutuksella. [9.]

HACCP-ohjelma laaditaan seitsemän HACCP-periaatteen mukaan, joita noudattamalla saadaan kokoon HACCP-järjestelmä. Ennen järjestelmän luomista ryhmä aloittaa menetelmän kuitenkin laatimalla mahdollisimman yksityiskohtaisen kuvauksen valmistettavasta tuotteesta ja tekee vuokaavion, josta käy ilmi prosessin jokainen vaihe tapahtumajärjestyksessä. Vuokaaviossa on myös tuoteturvallisuuden kannalta tärkeitä fysikaalisia ja kemiallisia suureita. [9.]

Järjestelmän laatimisessa käytetyt HACCP-periaatteet ovat seuraavat:

- HACCP periaate 1: Vaarojen arviointi.
- HACCP periaate 2: Kriittisten hallintapisteiden määrittäminen.
- HACCP periaate 3: Kriittisten rajojen määrittäminen.
- HACCP periaate 4: Kriittisten hallintapisteiden seurantakäytäntöjen laatiminen.
- HACCP periaate 5: Korjaavien toimenpiteiden määrittäminen.
- HACCP periaate 6: Todentamiskäytäntöjen laatiminen ja HACCP-ohjelman validointi.
- HACCP periaate 7: HACCP-asiakirjat ja -tallenteet. [9.]

Seostuotteen HACCP-ohjelman laatiminen aloitettiin pitämällä palaveri insinööriyön ohjaajan Toni Oravakankaan sekä Avena Kantvikin laatupäällikön Kari Kylä-Nikkilän kanssa. Palaverissa käsiteltiin HACCP-järjestelmän perusteita ja keskusteltiin järjestelmän aikaisemmasta käytöstä Avenassa. Palaverissa sovittiin, että HACCP-ryhmään osallistuvat palaverissa mukana olleiden henkilöiden lisäksi myös varastopäällikkö Raimo Niemelä sekä tuotantopäällikkö Silja Kyöstiö.

Palaverin jälkeen seostuotteen valmistamiseen liittyvistä vaiheista tehtiin yksityiskohtainen vuokaavio, jonka avulla seostuotteen valmistus esiteltiin kaikille HACCP-ryhmän jäsenille. Kaikista tuotteen valmistamiseen ja pakkaamiseen liittyvistä vaiheista tehtiin erillinen lohkokaaavio (liite 3), jonka pohjalta voitiin arvioida tuotteen elinkaareen liittyviä riskejä myös esimerkiksi raaka-aineiden, pakkausmateriaalien, kuljetusten ja toimintatapojen osalta.

Ennen seostuotteen valmistamista vuokaavio ja lohkokaaavio käytiin läpi laatupäällikön kanssa ja tehtiin alustavat arviot mahdollisista vaaroista. HACCP-ryhmän kanssa prosessin kaikki vaiheet pisteytettiin (liite 3) riskien todennäköisyyden ja vakavuuden mukaan sekä mietittiin hallintakeinoja riskien minimoimiseksi. Riskin todennäköisyys ja vakavuusarvio ei ylittänyt missään vaiheessa kriittisen hallintapisteen rajaa, mutta onnistuttiin kehittämään toimintamenetelmiä, joiden avulla riskientilanteiden tapahtumisen mahdollisuus voitiin minimoida. Laatupäällikkö kirjasi HACCP-dokumentit Avenan laatu-järjestelmään ja huolehtii niiden päivityksestä. Insinööriyön liitteessä 3 on mainittu seostuotteen kannalta suurimmat riskitekijät ja niiden hallintakeinot.

## 6 Täysautomatisoitu tuotantolinja

### 6.1 Prosessin jatkokehitys

Jatkokehitysmenetelmiin perehdyttiin tarkemmin yhdessä insinööryön ohjaajan kanssa. Staattinen sekoitin todettiin parhaaksi vaihtoehdoksi lisäaineiden ja kasviöljyn sekoittamiseen, jolloin ei tarvita erillistä sekoitussäiliötä ja lisäaineet voidaan pumpata suoraan päävirtaan. Pumppuina suunniteltiin käytettäväksi annostelupumppuja, jotka mahdollistavat pumppauksen suoraan lisäainetoimittajien omista pakkauksista.

Täysautomatisoidun tuotantolinjan tarkoituksena on vähentää työntekijöiden kuormittamista tehtävillä, jotka voidaan toteuttaa helposti laitehankinnoilla ja kasvattaa tuotantokapasiteetti mahdollisimman korkeaksi.

#### 6.1.1 Staattinen sekoitin

Staattinen sekoitin on laite, jota käytetään putken sisäiseen sekoittamiseen. Laite ei sisällä lainkaan liikkuvia osia. Fluidit virtaavat putken sisällä olevien kiinteiden sekoituselementtien läpi, joka aiheuttaa fluidien sekoittumisen. Kiinteät elementit voivat jakaa, yhdistää ja pyörittää virtausta myötäpäivään/vastapäivään sekä aiheuttaa turbulenttisia pyörteitä, jotka vuorovaikuttavat toisiinsa. Virtauksen muutokset riippuvat paljolti siitä, onko virtaus laminaari vai turbulenti. Sekoittimen malli vaikuttaa myös vahvasti muodostuvaan virtaukseen. Sekoittumisen energiana toimii kiinteiden osien aiheuttama painehäviö. Energian systeemiin tuovat syöttöpumput. [10, s. 682–684.]

Tunnetuimpiin staattisten sekoittimien valmistajiin kuuluvat Chemineer Kenics, Sulzer Chemtech, Ross sekä Komax Mixer. Sekoittimen valmistajalta saadaan mitoitusäännöt ja kertoimet, joita tarvitaan muun muassa painehäviöiden ja kiinteiden sekoituselementtien tarvittavan määrän määrittelemisessä. [10, s. 682, 684.]

Staattisen sekoittimen käyttöä rajoittavat tietyt tekijät. Sekoitus rajoittuu lähes ainoastaan radiaaliseen virtaukseen eikä laite pysty kompensoimaan ajoittaisia konsentraatioeroja. Sekoitin aiheuttaa myös painehäviöitä, varsinkin jos sekoituselementtejä on paljon. Lyhyt viipymäaika on rajoittava tekijä monille reaktioille. [10, s. 684.]



Staattisissa sekoittimissa on kuitenkin myös huomattavia hyötyjä verrattuna esimerkiksi sekoitussäiliössä sekoittamiseen. Hankinta-, käyttö- ja huoltokustannukset ovat pienempiä, eikä se sisällä kuluvia osia kuten laakereita tai tiivisteitä. Se vaatii myös pienemmän tilan, ja vuotojen tapahtuminen on hyvin harvinaista. Takaisinsekoittumisen riski on minimaalinen sekä viipymäaikajakauma on kapeampi. Energian ja leikkausnopeuden jakautuminen on tasaisempaa. Staattisella sekoittimella sekoitusprosessi on myös aina jatkuvatoimista. Se sopii kaikille virtausnopeuksille sekä laajasti erilaisille lämpötiloille, paineille ja kemikaaleille. [10, s. 685.]

### 6.1.2 Staattisen sekoittimen valinta

Staattisen sekoittimen valinta kannattaa aloittaa määrittelemällä sekoitusprosessilta haettava tulos. Tulos voi olla esimerkiksi homogeeninen konsentraatio tai lämpötila. Seuraavaksi on suositeltavaa kerätä mahdollisimman paljon tietoa käytettävien aineiden ja koko prosessin ominaisuuksista. Tärkeitä parametreja ovat muun muassa virtausnopeus, viskositeetti, tiheys, faasit ja staattisen sekoittimen suurin sallittu painehäviö. Sekoitusprosessia varten täytyy myös laskea virtaukselle Reynoldsin luku sekä virtaus- ja viskositeettisuhde. Reynoldsin luku on dimensioton korreloiva parametri ja lasketaan kaavalla: [10, s. 685–686.]

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D_h}{\mu} \quad (16)$$

missä

$\rho =$  fluidin tiheys ( $kg/m^3$ )

$v =$  virtauksen nopeus ( $m/s$ )

$D_h =$  hydraulinen halkaisija ( $m$ )

$\mu =$  dynaaminen viskositeetti ( $Pa \cdot s$ )

Putkivirtauksessa muutos laminaarisesta virtauksesta turbulenttiseen tapahtuu, kun Reynoldsin luku on noin 2100. Staattisen sekoittimen avulla vastaava luku voi olla jopa 100. Staattisen sekoittimen valinnassa viimeisenä tehdään valinta sekoittimesta ja sen

mallista. Sekoittimen valinta sisältää sekoittimien tarvittava määrä, malli, fluidien syöttötapa, sekoittimen mitat, sekoitustehokkuus ja sekoittimesta aiheutuvat painehäviöt. Oikean sekoittimen valinta kannattaa jättää staattisten sekoittajien laitetoimittajille mahdollisimman luotettavan tuloksen saamiseksi. [10, s. 685.]

Tämän projektin tapauksessa putkessa kulkeva kasviöljyvirtaus on laminaarista, jolloin staattisen sekoittimen valinnassa on suositeltavaa käyttää virtausta jakavia elementtejä.

### 6.1.3 Sekoituksen variaatiokerroin

Variaatiokerrointa käytetään kuvaamaan sekoitettavien fluidien homogeenisyyttä. Variaatiokerroin on määritelty seuraavasti: [11.]

$$CoV = \frac{\sigma}{c_{ave}} = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (c_i - c_{ave})^2}{n - 1} \right]^{0,5} \cdot \frac{1}{c_{ave}} \quad (17)$$

missä

$\sigma$  = havaintojen keskihajonta

$c_i$  = havainnon  $i$  konsentraatio

$c_{ave}$  = havaintojen keskiarvo

$n$  = otosten lukumäärä

Variaatiokerroin kuvaa paikallisten konsentraatioiden hajontaa putken tietyssä poikkileikkauksessa. Alhainen variaatiokerroin kertoo hyvästä sekoituksesta. Sekoituslaatu on prosessikohtainen, mutta yleensä arvot välillä 0,01–0,05 ovat hyviä ohjearvoja. [11.]

#### 6.1.4 Annostelupumppu

Seostuotteen valmistamisessa käytettävien lisäaineiden massavirtaukset ovat melko pieniä ja aineiden viskositeetit ovat hyvin eri tyyppisiä, mikä täytyy ottaa huomioon annostelupumpun valinnassa. Letkupumput ja kalvopumput ovat sopivia pumppuja aineille, joiden viskositeetti on alhainen tai korkeintaan keskitasoa. Korkeamman viskositeetin aineille parempia voivat olla esimerkiksi ruuvipumput tai hammaspyöräpumput.

Pumpun hankinnassa tarvittavia tietoja ovat pumpattavan aineen viskositeetti käytettävissä lämpötiloissa, tiheys, putkiston vastapaine, tarvittava nostokorkeus sekä tilavuusvirta tai massavirta. Jos pumppu halutaan liittää myös automaatioon, niin on tärkeää tietää myös käytettävissä olevat ohjausmuodot.

#### 6.2 PI-kaavion päivitys

Avena Kantvikin pakkaamosta oli olemassa valmis PI-kaavio, josta tehtiin kaksi päivitettyä versiota. Ensimmäiseen versioon lisättiin jo valmiiksi tehdyt muutokset ja jälkimmäiseen versioon lisättiin prosessin jatkokehittämisessä käytettävät venttiilit, putkistot, pumput ja sekoittimet. Päivitykset toteutettiin Autodesk Inc.:in AutoCAD:llä.

## 7 Johtopäätökset ja jatkokehitys

Insinööriyön ensimmäisessä osassa onnistuttiin tuottamaan asiakkaille tarvittava määrä seostuotetta puoliautomatisoidulla tuotantolinjalla. Tarvittavat muutokset tuotantolinjaan ja automaatioon saatiin tehtyä suhteellisen vaivattomasti. Suurimpana ongelmana tässä puoliautomatisoidussa tuotantolinjassa voidaan pitää lisäaineiden annostelua. Annostelu on hankalaa muun muassa lisäaineiden korkean viskositeetin ja suuren pakkausvuoksi. Myös tuotantokapasiteetti on hieman alhaisempi kuin muilla tuotteilla.

Täysautomatisoidulla tuotantolinjalla voitaisiin ratkaista edellä mainitut ongelmat. Annostelupumppujen avulla annostelu voitaisiin toteuttaa suhdeseäädöllä helposti suoraan toimittajan pakkauksista. Staattinen sekoitin puolestaan mahdollistaisi tuotantokapasiteetin kasvattamisen muiden tuotteiden tasolle.

Tarjouspyynnöt sopivista annostelupumpuista ja staattisesta sekoittimesta on välitetty laitehankinnoista vastaavalle henkilölle, ja hän vie asiaa eteenpäin yrityksessä. Alustavien suunnitelmien pohjalta hankinnat ja kehitysehdotukset tullaan toteuttamaan lähitulevaisuudessa. Kasviöljypohjainen seostuote, joka on ollut insinööriyön perustana, on nyt myös lisätty Avena Kantvik Oy:n tuotevalikoimaan.

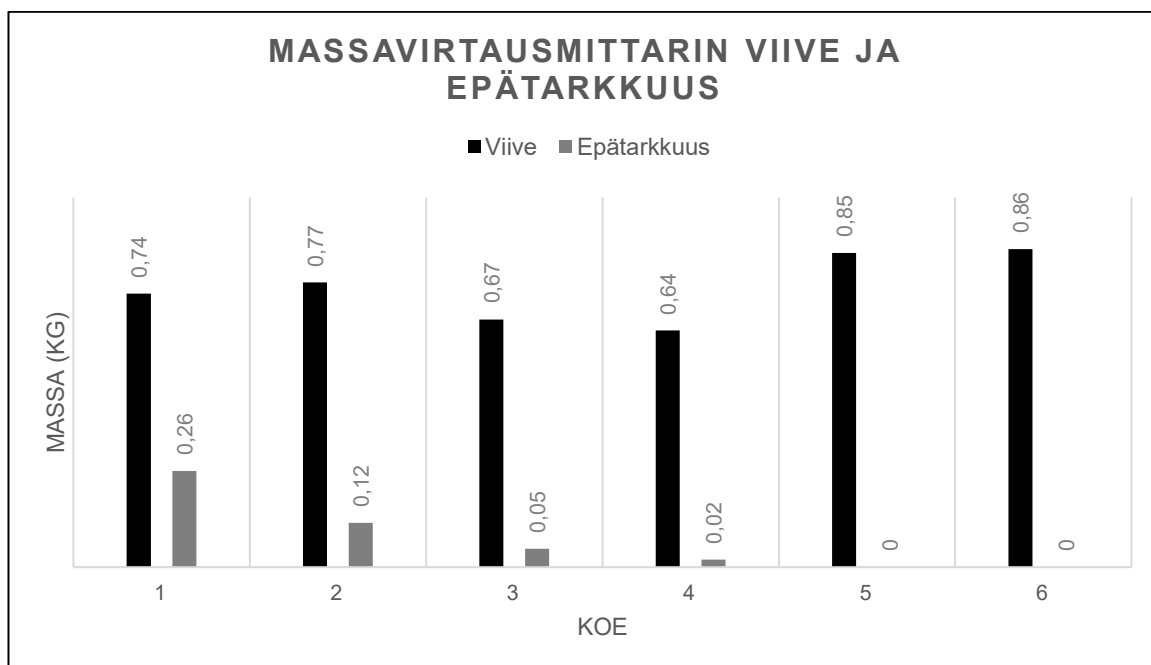
Tulevaisuudessa annostelupumppuja ja staattista sekoitinta olisi mahdollista hyödyntää nykyisistä tuotteista myös syväpaistoöljyn ja siinä käytettävien lisäaineiden sekoittamisessa. Annostelupumppujen käyttöä voisi myös harkita käytettäväksi nykyisten IBC-konttien lisäaineiden annosteluun. Lisäaineita voisi myös tiedustella toimittajilta nykyisiä kanistereita suuremmissa konteissa, jos annostelupumppujen läheisyyteen saataisiin tehtyä sopiva tila niiden käyttöä varten.

## Lähteet

- 1 Edited by Y.H. Hui 1996. Bailey's Industrial Oil & Fat Products, Volume 4, Edible Oil & Fat Products: Processing Technology. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- 2 Edible Oil Processing, AOCS Lipid Library. Verkkodokumentti. Updated January 27<sup>th</sup>, 2014. <<http://lipidlibrary.aocs.org/OilsFats/content.cfm?ItemNumber=40318>>. Luettu 6.2.2017.
- 3 Edible Oil Processing: Introduction to Degumming, AOCS Lipid Library. Verkkodokumentti. Updated February 20, 2011. <<http://lipidlibrary.aocs.org/OilsFats/content.cfm?ItemNumber=40325>>. Luettu 7.2.2017.
- 4 1,2-Distearoyl-sn-glycero-3-phosphocholine, Sigma-Aldrich. <<http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sigma/p6517?lang=fi&region=FI>>. Luettu 7.2.2017.
- 5 Alkali Refining, Edible Oil Processing, AOCS Lipid Library. Verkkodokumentti. Updated January 19, 2012. <<http://lipidlibrary.aocs.org/OilsFats/content.cfm?ItemNumber=40319>>. Luettu 9.2.2017.
- 6 Oil Refining, Frying Oils, AOCS Lipid Library. Verkkodokumentti. Updated February 20, 2011. <<http://lipidlibrary.aocs.org/OilsFats/content.cfm?ItemNumber=39212>>. Luettu 12.2.2017.
- 7 Jeffrey L. Bose – Unmi Kim – Wojciech Bartkowski – Robert P. Gunsalus – Ashley M. Overley – Noreen L. Lyell – Karen L. Visick – Eric V. Stabb 2007. Molecular Microbiology 65(2), 538–553, Bioluminescence in *Vibrio fischeri* is controlled by the redox-responsive regulator ArcA. Verkkodokumentti. <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2958.2007.05809.x/full>>. Luettu 26.11.2016.
- 8 Aboatox, Luminescent Detection of Detergent Residuals, Application Note 201C. Verkkodokumentti. <<http://www.aboatox.com/wp-content/uploads/2015/11/Application-Note-Microamp-2.pdf>>. Luettu 26.11.2016.
- 9 HACCP, Elintarvikevirasto. Muokattu 6.3.2017. <<https://www.evira.fi/yhteiset/omavalvonta/haccp/>>. Luettu 16.3.2017.
- 10 Albright, Lyle Frederick 2009. Albright's Chemical Engineering Handbook. Boca Raton: CRC Press 2009.
- 11 Statiflo International, Coefficient of Variation (CoV), Verkkodokumentti. <<http://www.statiflo.com/en/about-static-mixing/mixture-quality/145-coefficient-of-variation-cov>>. Luettu 20.2.2016.

**Liite 1: Lisäainepanoksen massavirtausmittari**

Koe	$m_{\text{pysäytys}}$ (kg)	$m_{\text{loppu}}$ (kg)	$m_{\text{loppu}} - m_{\text{pysäytys}}$ (kg)	$m_{\text{vaaka}}$ (kg)	$m_{\text{loppu}} - m_{\text{vaaka}}$ (kg)
1	8,75	9,49	0,74	9,75	0,26
2	8,81	9,58	0,77	9,70	0,12
3	8,73	9,40	0,67	9,45	0,05
4	8,87	9,51	0,64	9,53	0,02
5	8,80	9,65	0,85	-	-
6	8,87	9,73	0,86	-	-



**Liite 2: Automaatiokuvaus****Toimilaitteet, säiliöt yms.:****Pumput:**

kalvopumppu	SL07P01
keskipakopumppu	SL09P01

**Venttiilit:**

automaattiventtiilit	SS06V01
	SS06V02
	SL07V08
	SL07V11
	SS01V09
	SS01V01
	SS01V03
	SL08F01
	SL06V03
	SL08V04
SL06V05	
VL01V02	
käsiventtiilit	SL07V04
poistiventtiili	

**Sekoittimet:**

sekoitin	SS01M01
säiliön SS06 sekoitin	-----

**Säiliöt:**

1250 l sekoitussäiliö	SS01
120 l säiliö	SS06
565 l säiliö	SL08S01

**Anturit:**

virtausmittari	FIQ SL07
pinnankorkeusanturi	LS SS01
	LS SL08S01 (H & L)

**Suodattimet:**

suodatin	SL09F01
----------	---------

**120 I säiliön täyttö ja sekoitus:**

Jos säiliön SS06 massa on alle 20 kg, avaa venttiili SS06V02. Sulje venttiili SS06V02, kun säiliön SS06 massa on 60 kg. ilmoita ruudulla lisäaineiden lisäämisestä säiliöön. ”Kuittaa blendi” -painikkeella hyväksytään lisäaineet ja avataan venttiili SS06V02. Sulje venttiili SS06V02, kun säiliön SS06 massa on 92 kg ja pyydä käyttäjää avaamaan sekoittimen käsiventtiili. Avaa venttiili SS06V01 ja pumppu SL07P01. Sulje venttiili SS06V01 ja pumppu SL07P01, kun pumppu on ollut päällä 60 sekuntia.

Ehto: venttiili SL07V07 on kiinni (pumppu SL0701 ei ole käynnissä) ja valitun tuotteen pakkaus on käynnissä.

**1250 I säiliön täyttö:**

Jos säiliön SS01 massa on alle 100 kg ja pumppu SL09P01 on kiinni, niin pyydä käyttäjää sulkemaan käsiventtiili SL11V02. Kuittauksen jälkeen avaa venttiili SS01V04. Sulje venttiili SS01V04, kun säiliön SS01 massa on 450 kg ja nollaa virtausmittari FIQ SL07, avaa venttiilit SS06V01, SL07V08, SS01V09 ja käynnistä pumppu SL07P01 (lisää lisäaineet säiliöstä SS06). Sulje edellä mainitut venttiilit ja pumppu, kun virtausmittari FIQ SL07 näyttää lukemaa 14,5 kg ja avaa venttiili SS01V04 (täyttää säiliön kasviöljyllä). Sulje venttiili SS01V04, kun säiliöön SS01 on lisätty 900 kg kasviöljyä.

Ehto: säiliön SS06 massa on yli 20 kg, sekoitin säiliössä SS06 ei ole käynnissä ja valitun tuotteen pakkaus on käynnissä.

**565 I säiliön täyttö:**

Kopioidaan aiemmin käytetystä koodista.

**10 I kannujen täyttö:**

Kopioidaan aiemmin käytetystä koodista.



**Prosessikuvaus:**

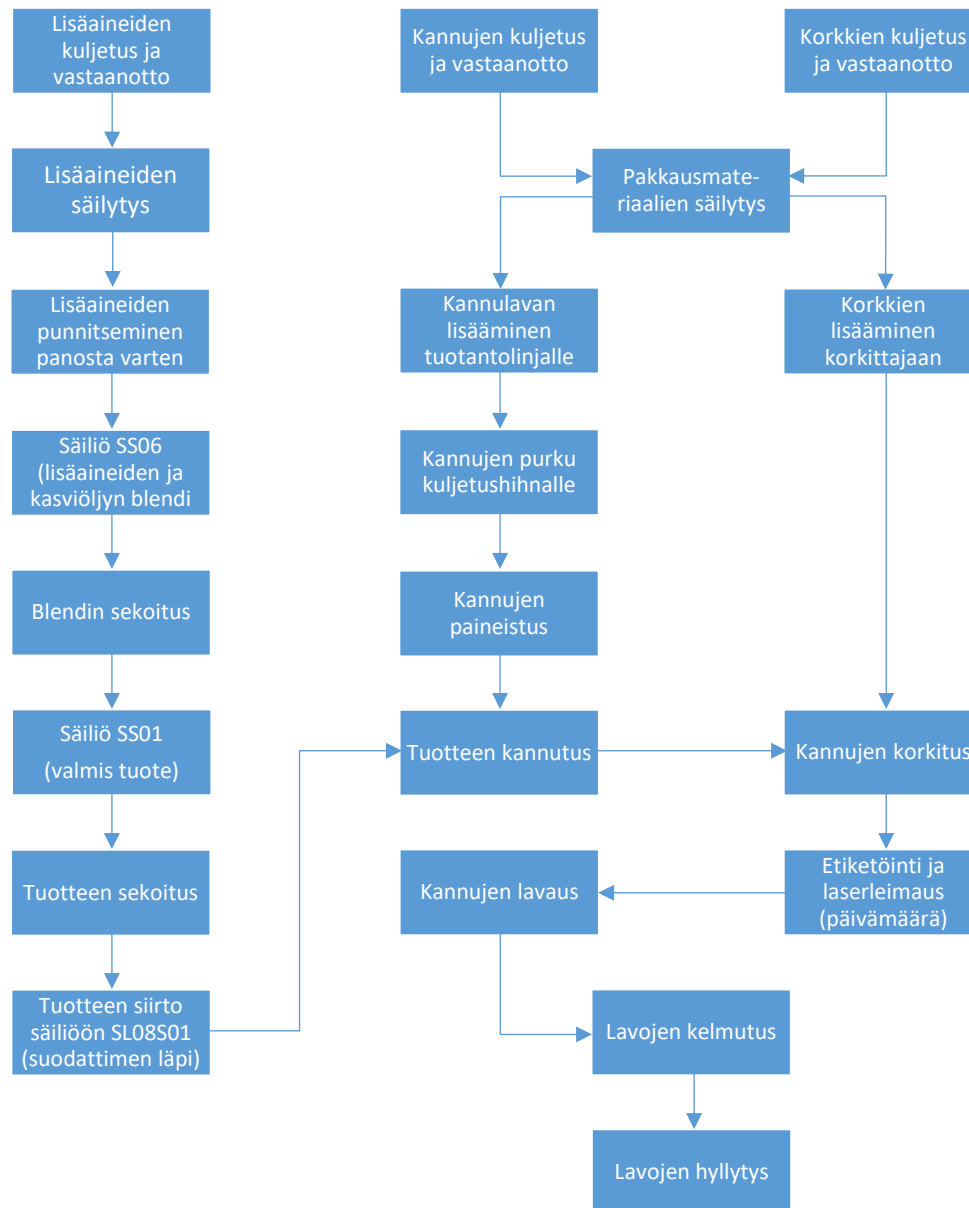
Kun säiliössä SS06 on alle 20 kg öljyä, niin automaatio lisää sinne 60 kg kasviöljyä. Säiliöön SS06 syötetään käsin lisäaineet ja kuitataan tietokoneelta. Kuittauksen jälkeen automaatio avaa venttiilin SS06V02 ja pumpun SL07P01, joka pumppaa säiliöön SS06 öljyä, kunnes säiliön massa on 92 kg ja pyytää käyttäjää avaamaan sekoittimen käsiventtiilin. Kun säiliön SS06 massa on 92 kg, niin automaatio käynnistää "hullunkierron" 60 sekunniksi.

Kun säiliö SS01 saavuttaa alarajan massalle (100 kg) ja pumppaus säiliöön SL08S01 ei ole käynnissä, niin automaatio pyytää käyttäjää sulkemaan käsiventtiilin SL11V02, jos käsiventtiiliä ei ole aikaisemmin kuitattu. Kuittauksen jälkeen automaatio nolaa lisäaineiden annosteluun käytettävän virtausmittarin FIQ SL07, käynnistää pumpun SL07P01 sekä avaa venttiilit SS06V01, SL07V08 ja SS01V09. Säiliön SS06 massan on oltava yli 20 kg ja lisäaineiden sekoitukseen käytettävän sekoittajan on oltava ollut käynnissä 60 sekuntia, ennen kuin automaatio avaa edellä mainitut venttiilit ja pumpun. Kyseiset venttiilit ja pumppu suljetaan, kun virtausmittari FIQ SL07 saavuttaa arvon 14,5 kg. Tämän jälkeen venttiili SS01V04 aukeaa ja säiliöön pumpataan kasviöljyä, kunnes massa saavuttaa ylärajan (900 kg), jolloin venttiili SS01V04 suljetaan.

Kun öljy saavuttaa pinnankorkeusanturin alarajan säiliössä SL08S01, niin automaatio avaa venttiilit SS01V01, SS01V03 ja käynnistää pumpun SL09P01. Ennen venttiilien ja pumpun avaamista automaatio varmistaa, että pumppu SL07P01 ei ole päällä. Säiliöön pumpataan öljyä, kunnes se saavuttaa pinnankorkeusanturin ylärajan säiliössä SL08S01 tai tuotetilauksesta asetettu öljymäärä on saavutettu.

# KRIITTISTEN OHJAUSPISTEIDEN MÄÄRITTÄMINEN

## HACCP-työskentelyn dokumentointi



# KRIITTISTEN OHJAUSPISTEIDEN MÄÄRITTÄMINEN

Liite 3

## HACCP-työskentelyn dokumentointi

2 (6)

Vaaran esiintymistiheys / todennäköisyys toimittaa asiakkaalle virheellinen tuote, A = 1piste: 1x / 5v / erittäin epätodennäköistä, että virhettä ei huomata, 3pistettä: 1x/v /alhainen todennäköisyys, 5 pistettä: 1x / kk / kohtalainen todennäköisyys, 7 pistettä: 1x / vko / suuri todennäköisyys toimittaa virheellinen tuote, 10 pistettä: 1x / pv / virhettä ei havaita ennen toimitusta.

Vaaran vakavuus, B= 1 piste: vaara ei aiheuta havaittavaa vaikutusta, 3 pistettä: pieni asiakkaan / kuluttajan tyytymättömyys, 5 pistettä: jonkin verran asiakkaan / kuluttajan tyytymättömyyttä, 7 pistettä: riskin toteutuessa tuotetta ei voi käyttää, 10 pistettä: turvallisuusriski / ei täytä lain vaatimuksia

Y = A\*B (jos Y ≥ 49 pistettä, vaihetta on mahdollista valvoa, vaara on mahdollista eliminoida / vähentää hyväksyttävälle tasolle, eli vaihe on CCP, kriittinen piste).

Käsittelyvaihe	Vaaratekijät	Riskin todennäköisyys ja vakavuusarvio, A · B	A	B	CCP	Hallintakeinot
Pakkausmateriaalin ja lisäaineiden vastaanotto/kuljetus	Fysikaaliset:					
	<ul style="list-style-type: none"><li>Kontaminoituneen materiaalin saapuminen (Salmonella, Escherichia coli, Listeria monocytogenes, Staphylococcus aureus)</li></ul>	3	1	3	Vastaanottotarkistus.	
	Biologiset:					
	<ul style="list-style-type: none"><li>Reikä pakkauksessa/sineti</li></ul>	1	7	7	Vastaanottotarkistus. Myös sinetin oltava ehjä.	
	Kemialliset:					
	<ul style="list-style-type: none"><li>Väärä tuote</li></ul>	3	1	3	Todennäköisissä vaara on, että käytetään väärää lisäainetta. Ei ole tuoteturvariski.	

# KRIITTISTEN OHJAUSPISTEIDEN MÄÄRITTÄMINEN

## HACCP-työskentelyn dokumentointi

Liite 3

3 (6)

Käsittelyvaihe	Vaaratekijät	Riskin todennäköisyys ja vakavuusarvio, $A \cdot B$	A	B	CCP Y	Hallintakeinot
	Biologiset:					
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vastaanotettavan kannulavan kaatuminen</li> </ul>	3	1	3	Kannulavat ovat vastaanotettaessa käärittynä muoviin. Tarkastettava että säilyvät ehjinä.	
Pakkausmateriaalin ja lisäaineiden säilytys	Kemialliset:					
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lisäaine vaatii kylmäsäilytyksen</li> </ul>	7	3	21	Hommittava jääkaapit pakkaamon toimiston yläkertaan.	
Putkien ja säiliön pesu tuotannon jälkeen	Kemialliset:					
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pesuaineiden pääsy väärään putkistoon (vuotavat venttiilit)</li> </ul>	1	1	1	Käytetään kasviöljyä putkiston ja säiliön pesuun.	
Lisäaineiden punnitseminen panosta varten	Kemialliset:					
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lisäaineiden yliannostus</li> </ul>	3	1	3	Ei ole määritelty annostuksen yläraja lainsäädännössä. Vakavuus ei suuri, koska mittakaava on pieni (käsin punnittavia).	

# KRIITTISTEN OHJAUSPISTEIDEN MÄÄRITTÄMINEN

## HACCP-työskentelyn dokumentointi

Liite 3

4 (6)

Käsittelyvaihe	Vaaratekijät	Riskin todennäköisyys ja vakavuusarvio, $A \cdot B$	A	B	CCP Y	Hallintakeinot
Lisäaineiden lisäys säiliöön	Fysikaaliset: <ul style="list-style-type: none"> <li>Vierasesineen putoaminen säiliöön</li> </ul>	3	1	3	Suodatin /25 mikronia, säiliön jälkeen.	
Sekoitus	Fysikaaliset: <ul style="list-style-type: none"> <li>Sekoittajan mekaanisten osien hajoaminen ja irtoavien osien pääsy tuotteeseen</li> </ul> <p>Kemialliset:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Vaihdemoottorin voiteluöljyn pääseminen tuotteeseen</li> </ul>	1	1	1	Suodatin /25 mikronia, säiliön jälkeen.	
Kasviöljyn lisääminen SS01 säiliöön	Fysikaaliset: <ul style="list-style-type: none"> <li>Kasviöljy tulee säiliöstä 817 säiliöön SS01 ilman suodatusta</li> </ul>	3	1	3	Tuote suodatetaan vielä ennen pakkausta.	

**KRIITTISTEN OHJAUSPISTEIDEN MÄÄRITTÄMINEN**  
**HACCP-työskentelyn dokumentointi**

Liite 3

5 (6)

Käsittelyvaihe	Vaaratekijät	Riskin todennäköisyys ja vakavuusarvio, $A \cdot B$	A	B	CCP Y	Hallintakeinot
Kasviöljyn lisääminen SS01 säiliöön	Kemiaalliset: <ul style="list-style-type: none"> <li>Vääränlaatuisen tuotteen lisääminen SS01-säiliöön</li> </ul>	1	1	1	Automaatio ohjaa tuotantoa. Väärä öljy ei ole tuoteturvallisuuden kannalta riski.	
Siirto säiliöön SL08S01	Biologiset: <ul style="list-style-type: none"> <li>Kontaminaatio suodattimen vaihdon yhteydessä</li> </ul> Fysikaaliset: <ul style="list-style-type: none"> <li>Kontaminaatio suodattimen vaihdon yhteydessä</li> </ul>	3	1	3	Hygieniaohjeistus/-käytännöt olemassa.	
		3	1	3	Hygieniaohjeistus/-käytännöt olemassa.	

**KRIITTISTEN OHJAUSPISTEIDEN MÄÄRITTÄMINEN**  
**HACCP-työskentelyn dokumentointi**

Liite 3

6 (6)

Käsittelyvaihe	Vaaratekijät	Riskin todennäköisyys ja vakavuusarvio, $A \cdot B$	A	B	CCP Y	Hallintakeinot
	Fysikaaliset:					
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suodatin reikäntyy</li> </ul>		1	5	5	Täyttöpillin läpi ei mahdu 3 mm:ä suurempaa palasta (ei tukehtumisvaaraa).
Kannulavan lisääminen tuotantolinjalle	Biologiset:					
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kannulavan kaatuminen =&gt; kannujen ulkokierteet voi likaantua</li> </ul>		3	3	9	Isompi lika näkyy kannuista => vaihdetaan. Pieni riski ulkokierteiden mikrobiologiselle kontaminaatiolle. Hyvällä tuotantohygienialla estetään vaarallisimpien mikrobien pääsy tilaan.