

Opinnäytetyö (AMK)

Bio- ja elintarviketekniikka

Elintarviketekniikka

2014

Ville Jalo

# SOYGURT-TUOTTEIDEN HÄVIKIN SELVITTÄMINEN PROSESSISSA JA PAKKAUKSESSA



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Bio- ja elintarviketekniikka | Elintarviketekniikka

Syksy 2014 | 53 sivua

Tommi Laaksonen, Lehtori, Turun ammattikorkeakoulu

Anssi Oksanen, Tuotantosuunnittelija, Kavli Oy

Ville Jalo

# SOYGURT-TUOTTEIDEN HÄVIKIN SELVITTÄMINEN PROSESSISSA JA PAKKAUKSESSA

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää ja minimoida Soygurt-tuotteiden hävikin määrää valmistusprosessissa ja pakkauksessa. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Kavli Oy, jonka Turun tehtaan tiloissa opinnäytetyö suoritettiin. Turun tehtaalla valmistetaan soija-, kaura- ja riisipohjaisia elintarviketuotteita.

Kavli Oy osti Raisio Oyj:ltä soija-, kaura- ja riisipohjaisia elintarvikkeita valmistavan tehtaan keväällä 2013. Kavli Oy osti myös Raision Soygurt-brändin ja jatkoi näiden tuotteiden valmistusta tehtaalla. Soygurt on hapattamalla valmistettava soijapohjainen erikoistuote. Soygurt-tuotteet pyritään valmistamaan mahdollisimman samat ominaisuudet omaaviksi kuin maitopohjaiset jogurttituotteet. Osaan Soygurt-tuotteista lisätään hilloa lisäämään makua. Näitä tuotteita pakataan 750 millilitran kartonkipakkauksiin ja 150 gramman pikareihin. Soygurt-tuotteiden tuotanto- ja pakkaushävikkiä on seurattu pitkään ja todettu hävikin määrän olevan suhteellisen korkea kyseisillä tuotteilla.

Hävikin selvityksessä tutkittiin ja mitattiin säiliöihin jääviä tuotemääriä, testattiin vesi- ja tuotetyöntöjen toimivuutta, tutkittiin muita valmistusprosessissa tapahtuvia hävikkejä, sekä seurattiin pakkauskoneiden aiheuttamaa hävikkiä ja hävikin syitä. Hävikin selvityksen tulosten perusteella lähdettiin tutkimaan mahdollisuuksia hävikin pienentämiseen valmistusprosessin ja pakkauksen aikana.

Hävikkiä saatiin pienennettyä monien yksikköprosessien osalta. Kuitenkin osa selvitetystä hävikistä paljastui prosessin luonteen vuoksi pakolliseksi hävikiksi. Pakkaushävikin pienentäminen osoittautui vaikeaksi kartonkipakkauskoneen arvaamattomuuden vuoksi. Todettiin myös eräkokojen ja tuotevaihtojen vaikutuksen pakkaushävikkiin olevan merkityksellinen.

## ASIASANAT:

Soygurt, jogurtti, hapatettu, soija, hävikki, hävikkien minimointi, kuiva-aine, soijabaasi, tuotetyöntö, vesityöntö.

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Biotechnology and Food Technology | Food Technology

Fall 2014 | 53 pages

Tommi Laaksonen, Senior Lecturer, Turku University of Applied Sciences

Anssi Oksanen, Production Planner, Kavli Ltd

Ville Jalo

## LOSS OF SOYGURT PRODUCTS DURING PROCESS AND PACKAGING

The objective of this thesis was to investigate and minimize the loss of Soygurt products during the manufacturing process and packaging. Experimental work for this Bachelor's thesis was performed at the Turku factory of Kavli Ltd. The factory manufactures and packages rice, oat and soy based foods.

Kavli Ltd purchased the Turku factory from Raisio PLC in the spring of 2013 along with many product brands such as Soygurt. Kavli Ltd continued manufacturing Soygurt products as did Raisio PLC before. Soygurt is a soy based fermented product. Soygurt products are manufactured to resemble milk based yoghurts properties as well as possible. Different jams are added to some Soygurt products to improve their flavor. These products are packaged in 150 g plastic goblets and in 750 ml carton packages. The loss of Soygurt products has been monitored for a long time and has been determined to be relatively high compared to other products manufactured in the factory.

The investigation of loss consisted of surveying and measuring residues in tanks, testing the functionality of water and product pushes, as well as examining other causes of product loss during the manufacturing process. The investigation also comprehended the monitoring of loss caused by the packaging machines. The possibilities and theories of minimizing loss were based on these investigation results.

Product loss was successfully minimized in many parts of the manufacturing process but some of the investigated loss was determined necessary for the process. Minimizing the packaging loss turned out to be problematic due to the unpredictable behaviour of the carton packaging machine. It was also established that different batch sizes and the number of product changes did not affect the packaging loss in any way.

### KEYWORDS:

soygurt, yoghurt, fermented, soy, loss, minimizing loss, dry matter, soy base, product push water, water push product,

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>7</b>
<b>2 KAVLI OY JA TURUN TEHDAS</b>	<b>9</b>
2.1 The Kavli Trust	9
2.2 Turun tehdas	10
<b>3 SOIJAPAPU</b>	<b>11</b>
3.1 Soijapavun koostumus	11
3.2 Soijapavun öljyt	11
3.3 Soijapavun hiilihydraatit	12
3.4 Soijapavun proteiinit	12
3.5 Soijapavun vitamiinit ja hivenaineet	13
3.5.1 Vitamiinit	14
3.5.2 Hivenaineet	15
<b>4 SOIJAPAVUN TERVEYSVAIKUTUKSET</b>	<b>17</b>
<b>5 SOYGURT-HAPATETTU SOIJAPOHJAINEN ERIKOISTUOTE</b>	<b>19</b>
5.1 Soygurt verrattuna maitopohjaisiin jogurtteihin	20
<b>6 ELINTARVIKEHÄVIKKI</b>	<b>23</b>
6.1 Suomen elintarviketeollisuuden tuotantohävikki	23
<b>7 SOYGURT-TUOTTEIDEN VALMISTUSPROSESSI</b>	<b>25</b>
7.1 Soijapohjan eli baasin valmistusprosessi	25
7.2 Lisäaineiden sekoitus, ilmanpoisto, homogenisointi ja pastörinti	26
7.3 Hapatus, hillonlisäys ja lopputuotteen pakkaus	27
<b>8 TUOTEVALMISTUKSEN HÄVIKKIEN SELVITYS PROSESSIVAIHEITTAIN</b>	<b>29</b>
8.1 Raaka-aineiden sekoitus	29
8.2 Tuotteen ilmanpoisto, homogenisointi ja pastörinti	32
8.3 Tuotteen hapatus	34
8.4 Tuotteen jäähditys ja siirto puskurisäiliölle	35
8.5 Tuotteen siirto puskurisäiliöltä pakkauslaitteelle	38
8.5.1 Putken puhdistusmenetelmä	40

8.6 Tuotteen pakkaus	41
8.6.1 Suurten eräkokojen vaikutus pakkaushävikkiin	44
8.6.2 Tuotevaihtojen määrän vaikutus pakkaushävikkiin	45
<b>9 TUOTEHÄVIKIN LASKEMINEN</b>	<b>46</b>
<b>10 TUOTEHÄVIKIN PIENENTÄMINEN</b>	<b>47</b>
10.1 Säiliöiden tuotejäämät	47
10.2 Vesi- ja tuotetyönnöt	48
10.3 Putken puhdistusmenetelmä	50
<b>11 YHTEENVETO</b>	<b>51</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>52</b>

## LIITTEET

Liite 1. Laskukaavat.

Liite 2. Veteen sekoittuneen tuotteen pienen määrän vaikutus säiliölliseen optimaalista tuotetta.

## KUVAT

Kuva 1. Kavli Group:n omistuskaavio. <sup>[4]</sup>	10
Kuva 2. Soijabaasin valmistuksen prosessikaavio.	25
Kuva 3. Putken puhdistusmenetelmä.	27
Kuva 4. Soygurt-tuotteiden valmistuksen prosessikaavio.	28
Kuva 5. Sekoitussäiliön pohjalle jäänyttä Soygurt-massaa.	30
Kuva 6. Säiliöön jäävän tuotemäärän mittauksessa käytetyt välineet.	30
Kuva 7. 5s3-kypsytyssäiliön purkuventtiilille kulkeva putki tuoteajon jälkeen.	38

## KUVIOT

Kuvio 1. Sekoitussäiliöiltä pastörintilalaitteistolle kulkevan linjan tuotetyönnöstä otettujen näytteiden kuiva-aineet työnnön aikana.	32
Kuvio 2. Sekoitussäiliöiltä pastörintilalaitteistolle kulkevan linjan vesityönnöstä otettujen näytteiden kuiva-aineet työnnön aikana luomusoijajuomaa valmistaessa.	33
Kuvio 3. Kypsytyssäiliöiltä puskurisäiliöille kulkevan tuotetyönnön näytteenottoajat ja näytteiden kuiva-aineet.	35

Kuvio 4. Eräkoon vaikutus pakkaushävikkiin.	44
Kuvio 5. Tuotevaihtojen lukumäärän vaikutus pakkaushävikkiin.	45

## TAULUKOT

Taulukko 1. Soijapavun keskimääräiset aminohappopitoisuudet ja terveelle ihmiselle suositellut proteiineista saatavat päiväannokset. <sup>[9]; [11]</sup>	13
Taulukko 2. Soijapavun vitamiinisisältö verrattuna aikuisen ihmisen suositeltuihin päiväannoksiin. <sup>[8]; [12]</sup>	14
Taulukko 3. Soijapavun hivenaineet ja niiden pitoisuudet verrattuna aikuisen ihmisen suositeltuun päiväannokseen. <sup>[8]; [12]; [13]</sup>	15
Taulukko 4. Maustamattoman Soygurtin ravintoarvot verrattuna kilpailevien tuotteiden keskiarvoon. <sup>[8]</sup>	19
Taulukko 5. Maustamattoman Soygurtin lisäaineet ja niiden tehtävä tuotteessa. <sup>[10]; [17]; [18]; [19]</sup>	20
Taulukko 6. Maustamaton Soygurt verrattuna maitopohjaisiin jogurteihin. <sup>[8]</sup>	22
Taulukko 7. Sekoitussäiliöiden pohjalle jäävät tuotemäärät valmistettaessa eri tuotteita.	31
Taulukko 8. Pastörintilaitteistolta kypsytyssäiliöille kulkevien tuote- ja vesityönnön näytteenottoajat ja näytteiden kuiva-aineet.	34
Taulukko 9. Kypsytyssäiliöiden pohjalle jäävät tuotemäärät valmistettaessa Soygurt-tuotteita.	37
Taulukko 10. Puskurisäiliöiden pohjalle jäävät tuotemäärät valmistettaessa Soygurt-tuotteita.	39
Taulukko 11. Pakkauslinjan ohi viemäriin ajamat määrät tuotetta ja vettä aloituksissa, tuotevaihtoissa ja lopetuksissa.	41
Taulukko 12. Kartonkipakkauskoneella syntyvän hävikin seuranta.	43

# 1 JOHDANTO

Soijaa on viljelty Aasiassa jo yli 5000 vuotta. Monissa Aasian maissa se on ollut ravinnon kasviproteiinin päälähde jo vuosituhansia. Länsimaihin soija rantautui 1700-luvulla. Monille kasvissyöjille soijatuotteet toimivat ravinnon pääproteiinilähteenä ja täten lihan korvikkeena. Soijapohjaiset hapatetut erikoistuotteet, kuten tässä opinnäytetyössä käsiteltävät Soygurt-tuotteet, sopivat hyvin sellaisten ihmisten ruokavalioon, jotka eivät terveydellisistä tai muista syistä pysty käyttämään maitotuotteita.<sup>[1]</sup>

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Kavli Oy, jonka Turun tehtaalla valmistetaan soija-, kaura- ja riisituotteita. Tehtaalla valmistettavat Soygurt-tuotteet ovat jogurttien kaltaisia maidottomia hapatettuja soijapohjaisia tuotteita. Soygurt-tuotteiden valmistusprosessiin kuuluu raaka-aineiden sekoitus, homogenisointi, pastörinti, hapatus, jäähditys ja pakkaus. Soygurt-tuotteita pakataan 1,5 dl:n pikareihin ja 750 ml:n kartonkipakkauksiin. Pakkauksen aikana varmistetaan tuotteen säilyvyys ottamalla tuotteita pakkauslinjastolta mikrobiologisia säilyvyystestejä varten.

Soygurt-tuotteista on suoritettu hävikkiseurantaa ja todettu hävikin olevan suhteellisen suuri niin valmistusprosessissa kuin pakkauksessakin verrattaessa muihin tehtaalla valmistettaviin tuotteisiin. Soijapohjaisten hapatettujen erikoistuotteiden valmistusprosessi on monimutkaisempi kuin esimerkiksi tehtaalla valmistettavan kaurajuoman, johon ei kuulu ollenkaan hapatusta ja sen jälkeistä jäähdytystä. Luonnollisesti monimutkaisemmassa valmistusprosessissa on enemmän kriittisiä pisteitä hävikin kannalta.

Opinnäytetyössäni tutkin ja tunnistin Soygurt-tuotteiden valmistusprosessin ja pakkauksen hävikin kriittisiä pisteitä, sekä pyrin vähentämään hävikin määrää. Hävikin kartoituksessa tutkin tuotelinjojen vesi- ja tuotetyöntöjen toimivuutta ottamalla kuiva-ainenäytteitä linjojen viemäröinneistä. Tulosten perusteella vesi- ja tuotetyöntöjen pituudet tullaan optimoimaan hävikin pienentämiseksi. Muuta

valmistusprosessissa tapahtuvaa hävikkiä pyrin vähentämään mm. prosessiyksiköiden ajoarvojen muutoksilla.

Suoritin seurantaan pakkaushävikin muodostumisesta eri häiriötilanteissa. Tutkin myös pakkaushävikin määrän yhteyttä eräkokoihin, sekä tuotevaihtojen määrään. Hävikin tutkintaan ei kuulu soijabaasin valmistus, vaan kaikki työvaiheet raaka-aineiden sekoituksesta tuotteen varastointiin asti.



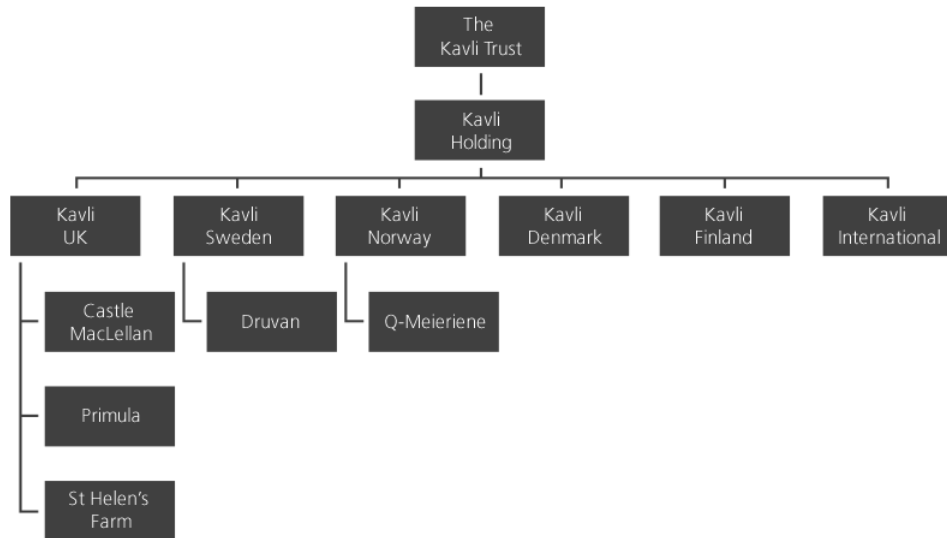
## 2 KAVLI OY JA TURUN TEHDAS

Vuonna 1893 Olav Kavli perusti yrityksen Norjan länsirannikolla Bergenin kaupungissa. Kavli Oy:n läpimurto tuli syyskuussa 1923, kun Olav lanseerasi markkinoille maailman ensimmäisen levitejuuston nimeltä Primula. Tälläkin hetkellä Kavli tunnetaan parhaiten levitejuustoistaan. Vuonna 1962 Knut Kavli, Olav Kavlin poika, perusti Kavli Trust:n suojatakseen Kavli Oy:n tulevaisuuden. The Kavli Trust omistaa kokonaan Kavli Oy:n ja käyttää sen tuottoa erilaisiin tutkimuksiin, kulttuuritapahtumiin ja humanitaarisiin avustuksiin. Keväällä 2013 Kavli osti Raisio Oyj:ltä heidän Turun NonDairy-tehtaan, sekä muutamia Raision brändejä, kuten Soygurt-brändin. <sup>[2]</sup>

### 2.1 The Kavli Trust

The Kavli Trust on hyväntekeväisyysjärjestö, joka toimii Kavli Holding-yrityksen liikevoiton osuudella. The Kavli Trustille annettava tuoton osuus vaihtelee vuosi vuodelta, mutta koko osuus käytetään tutkimusten tukemiseen, kulttuuritapahtumiin ja humanitaarisiin avustuksiin ympäri maailmaa. Avustusrahoja on lähetetty mm. Zimbabween, jossa rahat käytetään koulutuksen kehitykseen ja saavuuteen köyhien lasten keskuudessa. <sup>[3]</sup>

The Kavli Trust omistaa Kavli Holdingin, joka taas omistaa kaikki Kavlin tytäryhtiöt. Kuvassa 1 on esitetty Kavlin omistuskaavio. <sup>[4]</sup>



Kuva 1. Kavli Group:n omistuskavio. [4]

Omistuskavioista nähtävistä tytäryhtiöistä Kavli Finland on tuorein ja siihen kuuluu kaksi toimipistettä. Espoossa sijaitsee markkinointiyksikkö ja Turussa tuotantotehdas, jossa valmistetaan kaura-, riisi- ja soijapohjaisia tuotteita.

## 2.2 Turun tehdas

Kavlin tehdas sijaitsee Turussa Vätin kaupunginosassa. Tehtaalla valmistetaan kasvipohjaisia juomatuotteita, kuten Nalle-suklaakaurajuomaa, Nordic-tuotemerkin soija-, riisi- ja kaurajuomia, sekä hapatettuja soijapohjaisia Soygurt-tuotteita. Tuotteista suurin valmistusmäärä vuodessa on Soygurt-tuoteryhmällä.

## 3 SOIJAPAPU

Soijapapu on riisin ja vehnän kaltaisesti yksi maailman viljellyimmistä kasveista. Suurimpia soijan tuottajamaita ovat Yhdysvallat, Brasilia ja Argentiina. Valtaosa soijan tuotannosta menee eläinten rehuksi, mutta soijan terveystuotteiden vuoksi ihmiset ympäri maailmaa ovat alkaneet hyväksyä soijan säännöllisenä lisänä ruokavalioonsa. 100 g soijaa sisältää 370 kcal eli 1551 kJ energiaa. Soijapavussa on kaikkia ihmiselle välttämättömiä aminohappoja, sekä tärkeitä omega-3- ja omega-6-rasvahappoja. Tutkimusten mukaan naisilla soija lievittää vaihdevuosisoireita, sillä soijan sisältämät isoflavonoidit pystyvät kiinnittymään estrogeenireseptoreihin. Isoflavonoideilla on myös kyky ehkäistä syöpää ihmisissä.<sup>[5]; [6]</sup>

### 3.1 Soijapavun koostumus

Soijan proteiinipitoisuus on 38 prosenttia eli suurempi kuin missään muussa palkokasvissa. Soija sisältää myös 18 prosenttia öljyä, mikä on toiseksi suurin pitoisuus kaikista palkokasveista. Soija sisältää 30 prosenttia hiilihydraatteja, kuten oligosakkarideja. 8,5 prosenttia pavun koostumuksesta on vettä ja loput 5,5 prosenttia soijasta on vitamiineja, mineraaleja ja tuhkaa.<sup>[7]; [8]</sup>

### 3.2 Soijapavun öljyt

Kaikista soijan öljyistä 85 prosenttia on tyydyttymättömiä rasvahappoja eli niin sanottuja hyvälaatuisia rasvahappoja. Näistä öljyistä 61 prosenttia on monitydyttymättömiä rasvahappoja, joista 54 prosentin osuus on linolihappoa ja 7 prosentin osuus alfa-linoleiinihappoa. Tyydyttymättömistä öljyistä jäljelle jäävät 24 prosenttia on kertatyydyttymättömiä rasvahappoja, jotka koostuvat pelkästä oleiinihaposta. Kaikesta soijan öljystä 15 prosenttia ovat tyydyttyneitä rasvahappoja, joista 11 prosenttia koostuu palmitiinihaposta ja 4 prosenttia steariinihaposta.<sup>[7]; [9]</sup>

### 3.3 Soijapavun hiilihydraatit

Soijapavut sisältävät 30 prosenttia hiilihydraatteja ja ne ovat täten soijan toiseksi suurin rakenneosia. Soijan liukenevat hiilihydraatit koostuvat lähinnä disakkarideista ja oligosakkarideista, kuten sukroosista ja sakkaroosista. Soijapavussa on kuitenkin myös pieniä määriä monosakkarideja, kuten glukoosia. Soijasta löytyy myös liukenemattomia hiilihydraatteja, kuten selluloosaa, hemiselluloosaa, pektiiniä ja pieniä määriä tärkkelystä. Näistä suuri osa sijaitsee pavun kuorissa, joka muodostuu 86 prosenttisesti monimutkaisista hiilihydraateista.<sup>[10]</sup>

### 3.4 Soijapavun proteiinit

Soijan proteiinit sisältävät kaikkia ihmiselle välttämättömiä aminohappoja. Näitä aminohappoja kehomme ei itse pysty muodostamaan, joten ne tulee hankkia ravinnon kautta. Merkille pantavaa on soijan suuri lysiinipitoisuus, mikä on huomattavasti pienempi muissa viljakasveissa. Taulukossa 1 on esitetty soijan sisältämät aminohappopitoisuudet verrattuna terveen ihmisen suositeltuun päiväännokseen.<sup>[7]; [11]</sup>

Taulukko 1. Soijapavun keskimääräiset aminohappopitoisuudet ja terveelle ihmiselle suositellut proteiineista saatavat päiväannokset.<sup>[9]; [11]</sup>

Aminohappo	Pitoisuus (g/100 g)	Suosittelut päiväannos (mg/kg henkilön paino)
Glutamiinihappo	7,874	
Asparagiinihappo	5,112	
Leusiini	3,309	39
Arginiini	3,153	
Lysiini	2,706	30
Fenyylialaniini	2,122	25*
Proliini	2,379	
Valiini	2,029	26
Seriini	2,357	
Isoleusiini	1,971	20
Alaniini	1,915	
Glysiini	1,880	
Treoniini	1,766	15
Tyrosiini	1,539	25*
Histidiini	1,097	10
Kysteiini	0,655	4
Tryptofaani	0,591	4
Metioniini	0,547	10

\* Fenyylialaniinin ja tyrosiinin suositeltu yhteinen päiväannos.

Edellä olevasta taulukosta voi huomata soijapavun sisältävän hyvän osuuden elintärkeistä aminohapoista. Näistä aminohapoista soijaproteiini sisältää vähiten metioniinia, joka on enemmän maito- ja lihaproteiineissa esiintyvä rikkiaminohappo. Kysteiini on myös rikkiaminohappo, jota esiintyy hieman runsaammin soijassa. On myös tutkimuksia, joiden mukaan kysteiinillä pystytään osittain korvaamaan metioniinin päiväannosta.<sup>[11]</sup>

### 3.5 Soijapavun vitamiinit ja hivenaineet

Soija sisältää hyvän määrän ihmiselle elintärkeitä vitamiineja sekä hivenaineita.

### 3.5.1 Vitamiinit

Taulukossa 2 verrataan soijapavun vitamiinisisältöä aikuisen suositeltuihin päiväännoksiin.

Taulukko 2. Soijapavun vitamiinisisältö verrattuna aikuisen ihmisen suositeltuihin päiväännoksiin.<sup>[8]; [12]</sup>

Vitamiini	Pitoisuus (µg/100 g)	Suosittelut päiväännos (µg/d)
Karoteeni	12	300
E-vitamiini	2900	-
Tiamiini	610	1200
B2-vitamiini	270	1300
B3-vitamiini	220	1600
B5-vitamiini	790	5000
B6-vitamiini	380	1300
B7-vitamiini	65	30
Foolihappo	370	320

Taulukosta nähdään soijan sisältävän huomattavia määriä B-vitamiineja. Nämä vitamiinit ovat vesiliukoisia ja vaikuttavat ihmiskehossa energia-aineenvaihduntaan, hermostoon sekä varsinkin lapsilla ja nuorilla kasvuun. B6-vitamiini vaikuttaa hermostoon ja energia-aineenvaihtoon kehossa metaboloimalla glutamaattia. Monet näistä vitamiineista toimivat koentsyymeinä hiilihydraattien tai aminohappojen metaboliassa. B-vitamiini ryhmän jäsenillä on kuitenkin myös muita tehtäviä. Muun muassa B3-vitamiini eli niasiini osallistuu DNA:n korjaukseen ja kalsiumin kuljetukseen kehossa.<sup>[12]</sup>

Soija sisältää myös rasvaliukoisia A- ja E-vitamiineja, sekä foolihappoa. Ihmiset tarvitsevat karoteenia eli A-vitamiinia näön perustoimintojen ylläpitoon, kehittymiseen, immunologisiin toimintoihin sekä epiteelikudosten ylläpitoon ja uusiutumiseen. Foolihappo toimii kehossa solujen uusiutumisessa. Foolihapon pelkistetty muoto on välttämätön DNA-synteesin kierrossa ja voi myös DNA-syklin kautta vaikuttaa metyylin siirtoon B12-vitamiinin ollessa läsnä.<sup>[12]</sup>

E-vitamiinit muodostuvat lähinnä isoflavoneista, jotka toimivat kehossa antioksidanteina. Isoflavoneilla on soijapavuiissa funktionaalisia vaikutuksia. Ne muun muassa ehkäisevät naisilla rintasyöpää.<sup>[12]</sup>

### 3.5.2 Hivenaineet

Soijapavun kuiva-aineesta noin 5 prosenttia on tuhkaa, josta lähes kaikki on ihmiselle tärkeitä hivenaineita. Taulukossa 3 on esitetty soijan sisältämät hivenaineet ja näiden hivenaineiden suositellut päiväannokset.

Taulukko 3. Soijapavun hivenaineet ja niiden pitoisuudet verrattuna aikuisen ihmisen suositeltuun päiväannokseen.<sup>[8]; [12]; [13]</sup>

Vitamiini	Pitoisuus (mg/100 g)	Suosittelun päiväannos (mg/d)
Natrium	5	1500
Kalium	1730	4700
Kalsium	240	1000
Magnesium	250	260
Fosfori	660	700
Rauta	9,7	8
Kupari	1,55	0,9
Sinkki	4,3	7
Kloori	7	2,3
Mangaani	2,6	2,3
Seleeni	$14 \times 10^{-3}$	$34 \times 10^{-3}$
Jodi	$6 \times 10^{-3}$	$150 \times 10^{-3}$

Monet näistä hivenaineista ovat soijassa sulfaatteina, kuten natriumsulfaattina tai kaliumsulfaattina. Näistä sulfaateista suurin osa on hyvin veteen liukenevia muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Soijapavun sulfaateista kaliumsulfaatti on niukasti veteen liukeneva, joten soijapavun uutossa osa kaliumista saattaa päätyä separointijätteeseen. Näitä hivenaineita esiintyy soijapavussa myös fosfaatteina, kuten natriumfosfaattina tai kalsiumfosfaatteina. Suurin osa fosfaateista ei ole veteen liukenevia, mutta näistä osa ovat liukenevia oikean lämpötilan ja paineen alaisissa oloissa. Esimerkiksi natriumfosfaatin liukoisuus veteen

kasvaa lämpötilan kasvaessa. 100 °C:n lämpötilassa liukoisuus on noin 70 prosenttia. Yleensä vety- ja divetyfosfaatit liukenevat paremmin veteen kuin trivetyfosfaatit.<sup>[14]; [15]</sup>



## 4 SOIJAPAVUN TERVEYSVAIKUTUKSET

Soijapavulla ja soijatuotteilla ovat korkeat ravitsemusarvot, joiden lisäksi monien tutkimuksien mukaan soijalla on monia erilaisia terveyttä edistäviä vaikutuksia. Soijapavut sisältävät paljon isoflavoneita, jotka toimivat antioksidanteina keuhossa. Antioksidantit estävät tyydyttymättömien rasvahappojen hapettumista. Antioksidantit vähentävät myös oksidatiivista stressiä sieppaamalla elimistön radikaaleja, reagoimalla niiden kanssa ja ehkäisten pitkien radikaaliketjujen muodostumista. Antioksidanttien toimintaa ja hyötyä ihmisen terveydelle on paljon tutkittu ja niihin liittyy vielä paljon vastaamattomia kysymyksiä. Jotkin tutkimukset esittävät antioksidanttien olevan jopa haitallisia. Antioksidantteja ja niiden toimintaa ei siis vielä tunneta tarpeeksi hyvin määrittelemään suositeltua päiväannosta niille. <sup>[12]</sup>

Soijan isoflavonien uskotaan ehkäisevän rinta- ja eturauhassyöpää sitoutumalla estrogeenireseptoreihin. Samalla periaatteella isoflavonien uskotaan auttavan myös naisten vaihdevuosisoireisiin. Soijan isoflavonien uskotaan estävän myös muiden syöpien muodostumista kyvyllään estää syöpäsolujen kasvua kiihdyttäviä entsyymejä. Yleisesti soijasta löytyy paljon ainesosia, joiden uskotaan ehkäisevän syövän muodostumista, kuten proteaasi-inhibiittoreita, fytaatteja, saponiineja, kasvisteroleja sekä edellä mainittuja isoflavoneja. <sup>[16]; [10]</sup>

Lihaproteiinien vaihtaminen soijaproteiiniin vähentää myös LDL-kolesterolin määrää kehossa, mutta kolesterolin määrä soijapavuissa vaihtelee paljon eräkohtaisesti. Kaksi painavinta syytä tähän on soijan isoflavonien vaihteleva määrä soijassa ja isoflavonien häviäminen soijapapujen prosessoinnissa. Soijapavun isoflavonien uskotaan myös auttavan sydän- ja verisuonitauteihin. Isoflavonit muun muassa ehkäisevät verisuonten kalkkeutumista, mutta tätäkin teoriaa on kyseenalaistettu, kun isoflavoniravinnelisillä ei saatu aikaan samankaltaisia tuloksia. <sup>[16]; [10]</sup>

Soijan lisääminen ruokavalioon saattaa myös ehkäistä osteoporoosia, mutta tästäkin on paljon tutkimuksia niin puolesta kuin vastaan. Joissain kuuden kuu-

kauden kliinisissä tutkimuksissa lisäämällä soijapapujen syöntiä kohdehenkilöiden luukato lieveni, mutta pidempijaksoisia tutkimuksia vaaditaan selvittämään soijan isoflavonien kykyä ehkäistä luiden mineraalipitoisuuden vähenemistä. Osteoporoosin ehkäisyssä soijaruokavaliolla on kaksi merkitystä. Soijan aminohapot sisältävät vain vähän rikkiä, mikä saattaa estää kalsiumin imeytymisen munuaisiin ja erittymisen ulos kehosta. Soijan proteiinit sisältävät vähemmän fosforia kuin eläinperäiset proteiinit, joiden fosforipitoisuus johtaa kalsiumin hävikkiin ulosteen mukana.<sup>[16]; [10]</sup>

2-tyypin diabeetikoilla soijan lisääminen ruokavalioon saattaa vähentää insuliinin tarvetta, sillä soijan kuidut hidastavat glukoosin imeytymistä verenkiertoon. Tällöin haiman erittämä vähäinen insuliinin määrä pystyy kuljettamaan suuremman osan glukoosista maksaan. Soijapavuilla on myös matala glykeeminen indeksi, mikä auttaa normalisoimaan veren glukoosipitoisuutta.<sup>[10]</sup>

## 5 SOYGURT-HAPATETTU SOIJAPOHJAINEN ERIKOISTUOTE

Soijapohjaisia hapatettuja tuotteita on valmistettu pitkään Aasiassa, mutta länsimaihin ne päätyivät vasta 1960-luvulla. Hapatettuja soijatuotteita on monenlaisia ja niiden erot riippuvat useimmiten valmistusmenetelmästä. Soygurt-tuotteet pyritään valmistamaan mahdollisimman saman koostumuksen ja hapamuuden omaaviksi kuin maitopohjaiset jogurtit. <sup>[10]</sup>

Soijapohjaisten hapatettujen erikoistuotteiden valmistuksen aikana isoja määriä soijapavun ravinteista häviää eri prosessointivaiheissa. Taulukossa 4 on esitetty taulukko maustamattoman Soygurtin ravintoarvoista verrattuna viiden kilpailevan tuotteen keskimääräisiin ravintoarvoihin. <sup>[10]</sup>

Taulukko 4. Maustamattoman Soygurtin ravintoarvot verrattuna kilpailevien tuotteiden keskiarvoon. <sup>[8]</sup>

	Soygurt (g/100 g)	Kilpailevat tuotteet (g/100 g)
Energia (kJ/kcal)	250/ 60	305/ 72
Vettä	85,1	82,4
Proteiinit	4,2	5,0
Rasva	2,0	4,2
Tyydyttyneitä	0,3	0,6
Tyydyttymättömiä	1,7*	0,9
Monitydyttymättömiä		2,4
Kolesteroli	0	0
Sokeri	2,7	3,9
Hiilihydraatit	6,0	3,9

\* Kerta- ja monitydyttymättömät yhteensä.

Soygurt on hyvin samankaltainen kilpailevien tuotteiden kanssa. Tuotteiden erot muun muassa proteiinien ja rasvojen määrässä voivat johtua eroista prosessissa tai prosessiparametreissa. Sokerin ja hiilihydraattien määrien erot usein johtuvat käytetyistä lisäaineista ja niiden määristä. Soygurt-tuotteiden ominaisuuksia pyritään parantamaan lisäaineilla, joilla kaikilla on oma tehtävänsä. Taulukossa 5 on esitetty käytettävät lisäaineet ja niiden tehtävät.

Taulukko 5. Maustamattoman Soygurtin lisäaineet ja niiden tehtävät tuotteessa.<sup>[10]; [17]; [18]; [19]</sup>

Lisäaine	Tehtävä tuotteessa
Glukoosi	-Tuottaa makua parantavaa asetaldehydiä hapatuksen aikana.
Pektiini	-Auttaa geeliytymistä ja sen stabiilisuutta.
Polydekstroosi	-Lisää tuotteen tilavuutta.
Sokeri	-Lisää tuotteen kiinteyttä. -Antaa hapatteelle energiaa toiminnan aktivoimiseen.
Maissitärkkelys	-Lisää tuotteen tilavuutta ja viskoottisuutta. -Auttaa geeliytymisessä ja veden sitomisessa.
Suola	-Vaikuttaa lopputuotteen makuun.
Trikalsiumfosfaatti	-Lisää tuotteeseen kalsiumia.

Joihinkin Soygurt-tuotteisiin lisätään hilloa tuomaan eri makuja. Nämä hillot lisäävät lopputuotteeseen vielä hedelmäsokeria eli fruktoosia. Yleensä soijapohjaisen hapatetun tuotteen valmistuksessa lisäaineilla pyritään saamaan tuotteeseen samankaltaisia ominaisuuksia kuin maitopohjaisissa jogurteissa.

### 5.1 Soygurt verrattuna maitopohjaisiin jogurteihin

Pohjoismaissa monien ihmisten päivittäiseen ruokavalioon kuuluu maitotuotteita. Ei siis mikään ihme, että soijapohjaisilla tuotteilla on vaikeuksia löytää jalsijaa maitokansojen keskuudesta. Aistinvaraisia eroja hapatettujen soijatuotteiden ja maitojogurttituotteiden välillä löytyy. Soijapohjaiset tuotteet omaavat papumaisen aromin, sekä happamamman maun, kellertävämmän värin ja kiinteämmän rakenteen kuin maitopohjaiset jogurtit.<sup>[10]</sup>

Soijapohjaisia hapatetuotteita on kuitenkin kehitetty omaamaan hyvin samankaltaiset aistinvaraiset ominaisuudet kuin maitopohjaisilla jogurteilla. Tämä on toteutettu lisäaineilla ja oikean hapatteen käytöllä. Lisäämällä hapatettavaan

soijapohjaan laktoosia tai glukoosia saadaan hapatuksen kautta tuotettua enemmän makua parantavaa asetaldehydiä tuotteeseen.<sup>[10]</sup>

Haluttaessa lisää asetaldehydiä tuotteeseen tulee ottaa huomioon myös hapatebakteerit. *Lactobacillus bulgaricus* tuottaa eniten asetaldehydiä laktoosin tai glukoosin ollessa läsnä tuotteessa. Hapatteen joukossa on hyvä olla myös termofiilistä *Streptococcus thermophilus* -bakteeria, sillä se tuottaa maitohappoja, joita *L.bulgaricus* tarvitsee tuottaakseen aminohappoja. Hapatteeseen valitut bakteerit vaikuttavat siis todella paljon lopputuotteen ominaisuuksiin. Makuun voi vaikuttaa myös esimerkiksi bifidobakteerien ja *Lactobacillus acidophilus* -bakteerin avulla. Nämä bakteerit tuottavat etikkahappoa makukomponentiksi tuotteeseen. Bakteerien tuottama happamuus vaikuttaa myös lopputuotteen rakenteeseen, sillä soijan proteiinit koaguloituvat happamissa oloissa. Happamuuden kriittinen piste on saavutettu kun pH-arvo on 4,5 jolloin proteiinit koaguloituvat ja muodostavat kolmiulotteisen verkon. Tämä rakenne lukitsee sisäänsä veden ja muut rakenneosat muodostaen halutun rakenteen.<sup>[10]</sup>

Soijapohjaisen hapatetun tuotteen ominaisuuksia voidaan parantaa myös lisäämällä heraproteiinia tuotteeseen. Tällöin tuote saa todella hyvin maitopohjaisen jogurtin kaltaisia ominaisuuksia. Heraproteiini tekee soijapohjaisen tuotteen rakenteesta sileämmän. Lisäämällä soijapohjaiseen hapatettuun tuotteeseen rasvaa saadaan parempi jogurtin kaltainen suutuntuma. Taulukossa 6 verrataan maustamattoman Soygurtin ravintoarvoja 20 eri maitopohjaisten jogurttien ravintoarvojen keskiarvoihin.<sup>[10]</sup>

Taulukko 6. Maustamaton Soygurt verrattuna maitopohjaisiin jogurttihin.<sup>[8]</sup>

	<b>Soygurt (g/100 g)</b>	<b>Maitopohjainen jogurtti (g/100 g)</b>
Energia (kJ/kcal)	250/ 60	333/ 79
Vettä	85,1	81,9
Proteiinit	4,2	5,7
Rasva	2,0	3,0
Tyydyttyneitä	0,3	1,7
Tyydyttymättömiä	1,7*	0,9
Monityydyttymättömiä		0,2
Kolesteroli	0	$11 \times 10^{-3}$
Sokeri	2,7	7,8
Hiilihydraatit	6,0	7,8
Natrium	0,02	0,08
Kalsium	0,12	0,2

\* Kerta- ja monityydyttymättömät yhteensä.

Suurin ero Soygurtin ja maitopohjaisen jogurtin välillä on rasvan laatu. Soijapohjainen hapatettu erikoistuote sisältää huomattavasti vähemmän tyydyttyneitä rasvoja ja enemmän tyydyttymättömiä rasvoja. Maitopohjaisen jogurtin tyydytysrasvojen määrä näkyy myös kolesterolin määränä.

## 6 ELINTARVIKEHÄVIKKI

Kaikista maapallolla tuotetuista elintarvikkeista noin kolmannes katoaa tai pi-laantuu matkalla ravinnoksi. Toisin sanoen ympäri maapalloa syntyy turhaan 1,3 miljardin ruokatonnin edestä tuotantokustannuksia, sekä tuotannosta aiheu-tuvia ympäristövaikutuksia. Ruokaa häviää teollisuusmaissa 670 miljoonaa ton-nia ja kehitysmaissa 630 miljoonaa tonnia vuoden aikana. Vuosina 2010-2012 Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT suoritti tutkimuksen ruokahävi-kin syntymisestä Suomessa. Tutkimuksen mukaan kaikissa suomalaisissa ruo-kaketjuissa häviää yhteensä keskiarviolta 330-460 milj. kg syömäkelpoista ruo-kaa vuodessa. Tutkimuksen ruokaketju sisälsi elintarviketeollisuuden, vähittäis- ja tukkukaupan, ravitsemustoiminnan ja kotitaloudet. <sup>[20]: [21]</sup>

### 6.1 Suomen elintarviketeollisuuden tuotantohävikki

Teollisesti valmistettävien elintarvikkeiden hävikki syntyy enimmäkseen raaka-aineiden käsittelyssä, jolloin hävikin syntymistä on hyvin vaikea välttää. Tähän tuotantohävikkiin kuuluu virheelliset tuotteet, hylätyt raaka-aineet, taikinahävikki, sekä tuote- ja vesityöntöjen hävikki. Tuotetyönnössä eli aloitustyönnössä tuote työntää tuotelinjassa olevaa vettä pois viemäriin ja vesityönnössä eli lopetus-työnnössä vesi työntää tuotetta prosessiyksikölle katkaisten työnnön ennen ve-den pääsyä yksikölle. Näissä työnnöissä häviää aina tuotetta, sillä tuotantolin-jassa tuote ja vesi sekoittuvat osittain tai työnnöt voivat olla huonosti optimoitu, jolloin tuotetta pääsee paljon viemäriin. Elintarviketeollisuudessa syntyy myös paljon sivuvirtoja, eli päätuotteen lisäksi syntyviä muita elintarvikkeiksi luokitel-tavia tuotteita, kuten soijapavun kuoret. Nämä sivutuotteet eivät kuitenkaan aina pääty suoraan hävikiksi, vaan niitä voidaan käyttää esimerkiksi rehuna. Nyky-ään paljon tällaisia sivutuotteita päätyy myös biokaasun valmistukseen. <sup>[21]</sup>

MTT arvioi tutkimuksensa mukaan Suomen elintarviketeollisuuden toimialojen synnyttävän 75-140 milj. kg ruokahävikkiä. Tämä hävikki on arvioitu ihmisravinnoksi soveltuvaksi elintarvikemateriaaliksi, mutta se päätyy siitä huolimatta jät-

teeksi tai muuhun hyötykäyttöön kuin ravinnoksi. Elintarviketeollisuuden hävikkiin vaikuttaa yritysten toimintojen lisäksi kuluttajat omineen tottumuksineen, asenteineen ja eriävine ruokakulttuureineen. Loppujen lopuksi hävikin syntyminen on yritysten vastuulla, vaikka kuluttajilla on suuri vaikutus mm. siihen, miten ja missä määrin sivuvirtoina syntyviä vähäarvoisempia elintarvikemateriaaleja voidaan käyttää. <sup>[21]</sup>

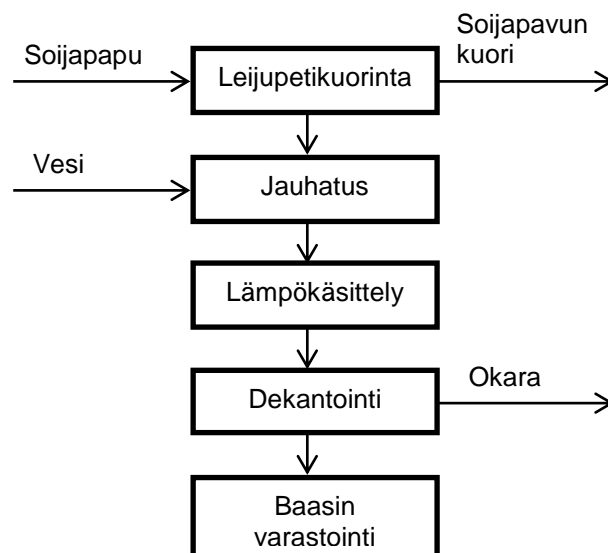


## 7 SOYGURT-TUOTTEIDEN VALMISTUSPROSESSI

Soygurt-tuotteiden valmistus on hyvin aikaa vievä ja monivaiheinen prosessi. Jo pelkästään soijapohjan valmistukseen sisältyy neljä yksikköoperaatiota ja tuotteen valmistusprosessiin kuuluu vielä enemmän yksikköprosesseja. Valmiin Soygurt-tuotteen pakkaukseen ja kylmävarastointiin kuluu myös hieman aikaa.

### 7.1 Soijapohjan eli baasin valmistusprosessi

Kuvassa 2 on esitetty soijabaasin valmistuksen prosessikaavio. Baasin valmistus aloitetaan syöttämällä soijapapuja leijupetikuorintaan, jossa pavut kuoritaan ja halkaistaan. Yksikköprosessista sivutuotteeksi jää aspiraation avulla erotettu soijapavun kuori. Kuoritut ja halkaistut pavut johdetaan kuumaan vesihauteeseen ja siitä kahden jauhimen läpi, jotka jauhavat pavut ja sekoittavat ne veteen. Muodostunut soija-vesi-suspensio johdetaan lämpökäsittelyyn ja siitä separoitavaksi dekantteriruuville. Dekantoinnissa sivutuotteena muodostuu okaraa, mikä sisältää soija-vesi-suspensioon jääneet kiintoaineet sekoittuneena veteen. Dekantoinnista valmis baasi jäähdytetään ja siirretään varastosiiloon.



Kuva 2. Soijabaasin valmistuksen prosessikaavio.

Valmis baasi on käyttökelpoista, mikäli sen kuiva-ainepitoisuus on yli Soygurt-tuotteisiin vaadittavan kuiva-ainepitoisuuden. Soygurt-tuotteiden baasi vakioidaan haluttuun kuiva-ainepitoisuuteen ennen lisäaineiden sekoitusta lisäämällä baasiin vettä. Tällä varmistetaan tuotteiden tasalaatuisuus.

## 7.2 Lisäaineiden sekoitus, ilmanpoisto, homogenisointi ja pastörinti

Varastoitua baasia pumpataan oikea määrä silosta sekoitussäiliölle Reseptiikka-ohjelman avulla. Ohjelma laskee baasin vakiointiin vaadittavan veden määrän, sekä lisättävien lisäaineiden määrät. Ennen soijapohjan siirtoa sekoitussäiliölle Reseptiikka-ohjelmalle täytyy antaa valmistettavan tuotteen määrä ja baasin kuiva-ainepitoisuus, jotta ohjelma osaa laskea veden ja lisäaineiden määrät oikein.

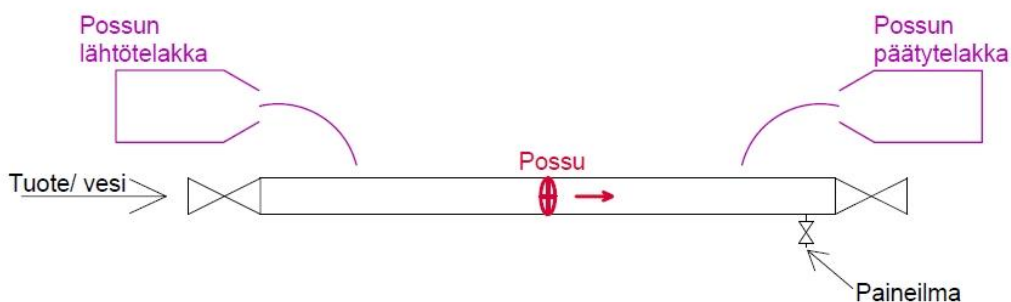
Kun baasi on pumpattu sekoitussäiliölle, se vakioidaan ja aloitetaan monivaiheinen lisäaineiden sekoitus soijapohjaan. Punnitut lisäaineet sekoitetaan baasiin erillisen sekoituskammion eli Mixerin avulla, jonne johdetaan jatkuvana syöttönä baasia sitä samalla pumpaten pois Mixeriltä takaisin sekoitussäiliölle. Tätä kiertoa jatketaan kunnes kaikki lisäaineet on sekoitettu baasiin. Sekoitussäiliöllä tuotetta sekoitetaan vielä ennalta määrätty aika, jonka jälkeen aloitetaan tuotteen pumppaus pastörintilaitteistolle.

Tuoteputki sekoitussäiliöltä pastörintilaitteiston balanssitankille kulkee jäähdytimen kautta. Balanssitankista tuote johdetaan ilmanpoistajalle. Paineistetun haihdutuksen periaatteella tuotteesta poistetaan ilmaa, mikä parantaa lopputuotteen stabilisuutta ja viskositeettiä. Tämän jälkeen tuote pumpataan homogenisaattorille, mikä pilkkoo soijan öljyt pienemmiksi pisaroiksi. Tämä menetelmä parantaa lopputuotteen viskositeettiä, sekä koaguloitumisen stabilisuutta. Homogenisaattorin jälkeen tuote pumpataan pastörintiputkiston läpi, mikä denaturoi tuotteen proteiinit ja parantaa lopputuotteen säilyvyyttä. Seuraavaksi tuote johdetaan kypsytysäiliöille hapatusta varten. <sup>[10]</sup>

### 7.3 Hapatus, hillonlisäys ja lopputuotteen pakkaus

Säiliössä tuotteeseen lisätään hapate, jonka annetaan vaikuttaa määrätyn ajan. Hapatuksen aikana tuotetta sekoitetaan lapasekoittimella, jotta hapate leviää koko tuote-erään tasaisesti. Hapatuksen jälkeen tuote-erästä mitataan pH-arvo ja kuiva-ainepitoisuus, joilla varmistetaan hapatuksen onnistuminen. Kypsytys-säiliöiltä tuote pumpataan puskurisäiliöille. Putkisto kulkee levyjäähdyttimen kautta, mikä jäähdyttää tuotteen pakkausta varten samalla lopettaen hapatteen toiminnan.<sup>[10]</sup>

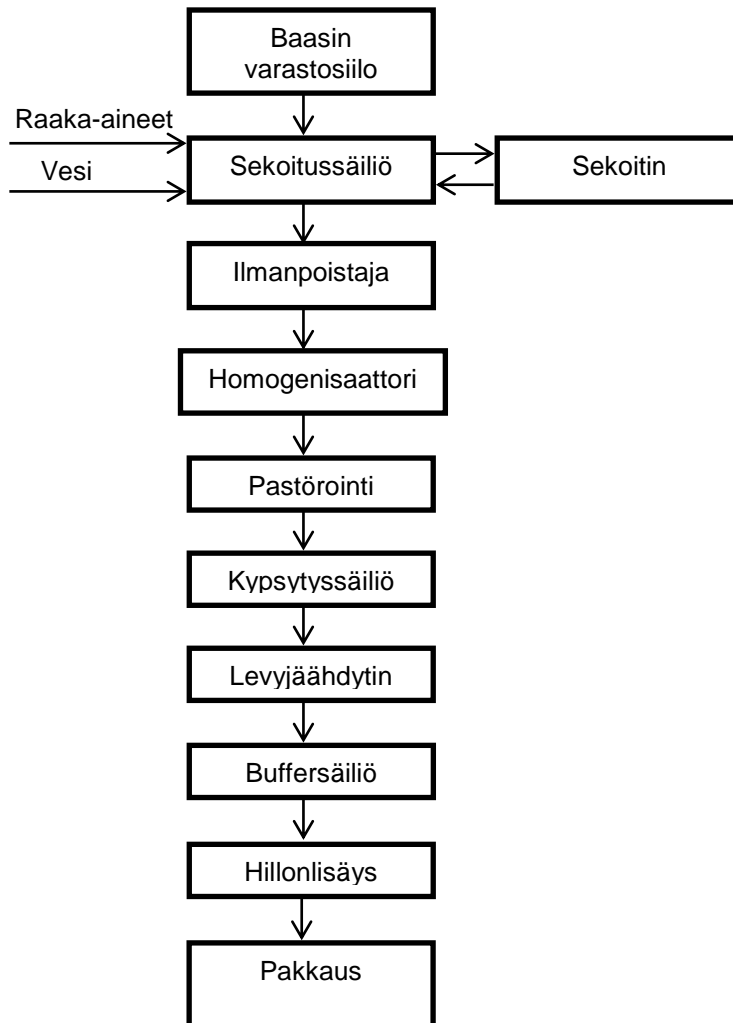
Puskurisäiliöiltä tuote johdetaan pakkauskoneen yläsäiliölle. Tämä on todella pitkä siirtoputki, johon on asennettu putken puhdistusmenetelmä, jota kutsutaan putkipossuksi. Putkipossu on elementti, joka syötetään putken alkupäähän telakasta ja se pumpataan putken loppupäähän, jossa on samanlainen telakka. Possun päästyä putken loppupäähän se johdetaan takaisin paineilmalla, jolloin se puhdistaa putken kaikesta nesteestä. Kuva 3 selventää putken puhdistusmenetelmän periaatetta.



Kuva 3. Putken puhdistusmenetelmä.

Putkipossu on asennettu kyseiseen tuotelinjaan vähentämään tuotehävikkiä muun muassa tuotevaihtojen yhteydessä. Tämän saman tuotelinjan aikana tuotemassaan pumpataan hillolisä oikeassa suhteessa valmistettavan tuotteen mukaan. Hillon lisäys tapahtuu suhteellisesti vertaamalla tuotteen ja hillon mas-

savirtoja. Kuvassa 4 on esitetty Soygurt-tuotteiden valmistusta selventävä prosessikaavio.



Kuva 4. Soygurt-tuotteiden valmistuksen prosessikaavio.

Valmis tuote pakataan 750 ml:n kartonkipakkauksiin. Kahta Soygurt-tuotetta pakataan myös 150 g:n pikareihin. Pakkauskoneilla pakkausmateriaalit käsitellään vetyperoksidiliuoksella.

## 8 TUOTEVALMISTUKSEN HÄVIKKIEN SELVITYS PROSESSIVAIHEITTAIN

Soygurt-tuotteiden valmistuksessa on monia prosessivaiheita, joissa tapahtuu tuotehävikkiä. Hävikin selvittämisessä tutkittiin mm. tuote- ja vesityöntöjä eri prosessivaiheiden väleillä. Tuotetyönnössä tuote työntää siirtoputkessa olevaa vettä edellään viemäriin, kunnes viemäriin valuu pelkästään tuotetta, jolloin tuote ohjataan seuraavaan prosessivaiheeseen. Vesityöntö tapahtuu samalla periaatteella, mutta prosessivaiheen lopussa, jolloin vesi työntää tuotetta ja viemäri-venttiili aukeaa ennen veden pääsyä prosessivaiheeseen. Näiden työntöjen toimivuutta tutkittiin ottamalla näytteitä siirtoputkien päistä ja tutkimalla onko näytteet laadultaan tuotteeksi soveltuvaa.

### 8.1 Raaka-aineiden sekoitus

Raaka-aineita sekoittaessa eniten hävikkiä syntyy sekoitussäiliöiden pohjalle jäävästä tuotteesta. Sekoitussäiliöihin jää tuotetta, koska se on hyvin vaahtoavaa ja ilmavaa. Sekoitussäiliöihin muodostuu myös vierre tuotetyhjennyksen aikana, mistä syystä siirtopumppu saa ilmaa ja toimii vajaalla teholla. Purkusäiliöitä vaihdettaessa säiliöihin on jätettävä tuotetta, jotta pastörintilalaitteiston balanssitankki ei pääse tyhjäksi ja mene tämän jälkeen automaattisesti vesikierrolle. <sup>[22]</sup>

Tuotteen vaahtoavuuden takia on myös mahdotonta mitata tarkasti paljonko soijajogurttia jää säiliöiden pohjalle. Kuvasta 5 näkee säiliöön jäävän tuotteen vaahtoavuuden.



Kuva 5. Sekoitussäiliön pohjalle jäänyttä Soygurt-massaa.

Samoissa sekoitussäiliöissä valmistetaan myös vähemmän vaahtoavia tuotteita, joilla kuitenkin on hyvin samanlaiset fysikaaliset ominaisuudet kuin Soygurt-massalla. Näitä eri tuotteita jäi melko paljon sekoitussäiliöiden pohjalle ja ne mitattiin narulla, jonka päässä oli paino. Mittaamalla tällä keinolla säiliön pinnan korkeus pystyttiin laskemaan säiliöön jäävän tuotteen tilavuus kartion tilavuuden laskukaavalla (liite 1), kun sekoitussäiliöiden pohjan kaltevuuskulma on  $15^\circ$ . Kuvassa 6 on esitetty säiliöön jäävän tuotemäärän mittauksessa käytetyt välineet.



Kuva 6. Säiliöön jäävän tuotemäärän mittauksessa käytetyt välineet.

Sekoitussäiliöiden pinta-asetukset ovat samat kaikkia tuotteita valmistaessa, joten voidaan olettaa Soygurt-massaa jäävän säiliöihin kuin mitä tahansa muuta tuotetta. Sekoitussäiliöitä on neljä ja ne ovat nimetyt 4s1-, 4s2-, 4s3- ja 4s4-säiliöiksi. Taulukossa 7 on esitetty sekoitussäiliöihin jääviä tuotemääriä valmistettaessa eri tuotteita.

Taulukko 7. Sekoitussäiliöiden pohjalle jäävät tuotemäärät valmistettaessa eri tuotteita.

Pvm.	Sekoitusäiliö	Mitattu korkeus (cm)	Laskettu tilavuus (L)	Tuote & valmistuspohja
27.6.14	4s1	23	177,5	Juoma (Kaura)
27.6.14	4s2	22	155,3	Juoma (Kaura)
27.6.14	4s3	20	116,7	Suklaajuoma (Kaura)
3.7.14	4s1	17	71,7	Välipalajuoma (Kaura)
18.7.14	4s1	17,5	78,2	Välipalajuoma (Kaura)
18.7.14	4s1	15,5	54,3	Välipalajuoma (Kaura)
23.7.14	4s1	18,5	92,3	Rasva (Kaura)
24.7.14	4s1	19	100	Välipalajuoma (Kaura)
7.8.14	4s3	19	100	Juoma (Riisi)
10.9.14	4s2	17	71,6	Juoma (Soija)
10.9.14	4s3	18,5	92,4	Juoma (Soija)

Taulukosta 7 nähdään säiliöihin jäävien tuotteiden määrän heittelevän melko paljon. 4s1-sekoitussäiliöön on jäänyt keskimäärin 83,4 L tuotetta, 4s2-sekoitussäiliöön keskimäärin 113,5 L ja 4s3-sekoitussäiliöön keskimäärin 103 L. 4s4-sekoitussäiliötä ei ole otettu huomioon, sillä sitä käytetään hyvin harvoin Soygurt-tuotteita valmistaessa.

Laskettaessa sekoitussäiliöihin jäävien tuotteiden määrää tulee ottaa myös huomioon jokaisen säiliön putken pituus purkuventtiilille. Mikäli säiliöihin jää tuotetta, tulee myös näiden putkien olla täynnä tuotetta ja se tulee laskea mukaan hävikkiin. 4s1-sekoitussäiliön putki purkuventtiilille on 2,28 metriä pitkä ja sen sisähalkaisija 4,86 senttimetriä, kuten muidenkin sekoitussäiliöiden putkien. Tästä voidaan laskea lieriön tilavuuskaavalla (liite 1) 4s1-säiliön putken tilavuudeksi 4,2 L. 4s2-sekoitussäiliön putki purkusäiliölle on 4,55 metriä pitkä ja täten sen tilavuus on 8,4 L. 4s3-sekoitussäiliön putken pituus on 4,35 metriä ja tila-

vuus 8,1 L. 4s4-sekoitussäiliötä ei ole otettu huomioon, sillä normaalina So-ygurt-tuotteiden valmistuspäivänä sitä ei käytetä. <sup>[23]</sup>

## 8.2 Tuotteen ilmanpoisto, homogenisointi ja pastörinti

Pumpatessa tuotetta sekoitussäiliöltä pastörintilaitteiston balanssisäiliölle on tuotetyöntö ajoitettu todella hyvin. Tuotetyönnössä viemäriin ajettiin noin 7 sekunnin ajan tuotteen näköistä nestettä nopeudella 6500 L/h. Tuotetyönnön kokonaisaika on 40 sekuntia. Kuviossa 1 on esitetty kuvaaja näytteiden kuiva-ainepitoisuuksista tuotetyönnön eri aikoina.



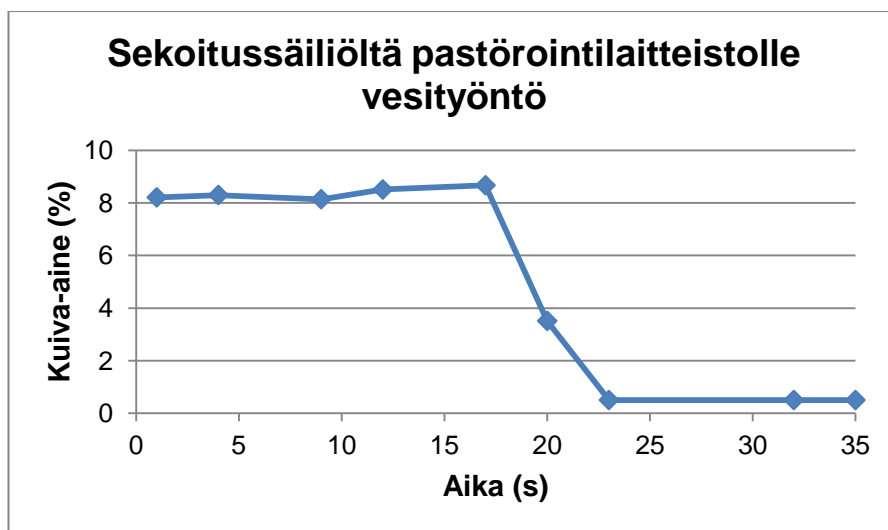
Kuvio 1. Sekoitussäiliöltä pastörintilaitteistolle kulkevan linjan tuotetyönnöstä otettujen näytteiden kuiva-ainepitoisuudet työnnön aikana.

Hyväksyttävän lopputuotteen kuiva-ainepitoisuuden tulee olla suurempi kuin 14,8 prosenttia, mutta tuote- ja vesityönnöissä esiintyvät hieman heikompi kuiva-ainepitoiset tuotemäärät sekoittuvat suuriin tuotantomääriin (liite 2). Tässä tapauksessa yli 10 prosentin kuiva-ainepitoisuuden omaavan tuotteen voidaan katsoa vaikuttavan niin vähän koko tuotantomäärän kuiva-ainepitoisuuteen, että se voidaan päästää tuotantoon (liite 2). Kuvioista 1 nähdään tuotetyönnön aikana pumpattavan käytettävää tuotetta viemäriin 5 sekunnin ajan. Tällöin voidaan laskea (liite 1) tuotetta viemäroityvän 9 L kun virtausnopeus on 6500 L/h.



Vesityöntö sekoitussäiliöiltä pastörintilaitteistolle kestää 35 sekuntia kun virtausnopeus on 6500 L/h. Tästä huolimatta putkistoon jää vielä tuotetta, minkä voi huomata siirtoputkessa juuri ennen balanssitankkia sijaitsevasta näkölasista.

Vesityönnön toimivuutta ei voi testata Soygurt-tuotteilla, sillä tuotannon loputtua putkistoon jäävän tuotteen viemäroinnistä ei saa otettua näytteitä. Kuitenkin luomusoija-, soija-, riisi- ja kaurajuomilla viemärointi tapahtuu pastörintilaitteiston viemäriin. Tämä vesityöntö toimii samalla aikaparametrilla kaikilla tehtaalla valmistettavilla tuotteilla, joten nämä tuotteet ovat ihanteelliset kyseistä vesityöntöä optimoidessa, sillä kaikista tehtaalla valmistettavista tuotteista näillä on alhaisimmat viskositeetit. Kuviossa 2 on esitetty sekoitussäiliöiltä pastörintilaitteistolle kulkevan siirtoputken vesityönnön näyteajat ja näytteiden kuiva-ainepitoisuudet kaurajuoman valmistuksessa.



Kuvio 2. Sekoitussäiliöiltä pastörintilaitteistolle kulkevan linjan vesityönnöstä otettujen näytteiden kuiva-ainepitoisuudet työnnön aikana kaurajuomaa valmistessa.

Kaurajuoman kuiva-ainepitoisuuden tulee olla 7,8-8,8 prosenttia, jotta se hyväksytään tuotteeksi. Edellä olevasta kuvaajasta nähdään vesityönnössä viemäroityvän 17 sekunnin ajan hyvää tuotetta, eli virtausnopeudella 6500 L/h 30,7 L hyvää tuotetta. Pastörintilaitteiston homogenisaattorin havaittiin vikatilanteissa vuotavan ja tällöin se voi päästää lattialle jopa 50 L tuotetta.

### 8.3 Tuotteen hapatus

Pumpatessa tuotetta pastörintilaitteistolta kypsytys säiliöille tuotetyöntö ajaa tuotetta yli viemärintiputkeen, mikä kulkee takaisin pastörintilaitteiston viemäriin. Tähän viemärintiputkeen jää tuotetta tuotannon ajaksi, kunnes tuotannon lopuksi vesityöntö ajaa myös viemäriputkeen tuotetta ja vettä. Vesityönnön alkaessa viemäriin menevä venttiili aukeaa ja viemäriputken päästä saa otettua näytteitä vesityönnön aikana. Taulukossa 8 on esitetty pastörintilaitteelta kypsytys säiliöille kulkevien tuote- ja vesityönnön näytteenottoajat ja näytteiden kuiva-ainepitoisuudet.

Taulukko 8. Pastörintilaitteistolta kypsytys säiliöille kulkevien tuote- ja vesityönnön näytteenottoajat ja näytteiden kuiva-ainepitoisuudet.

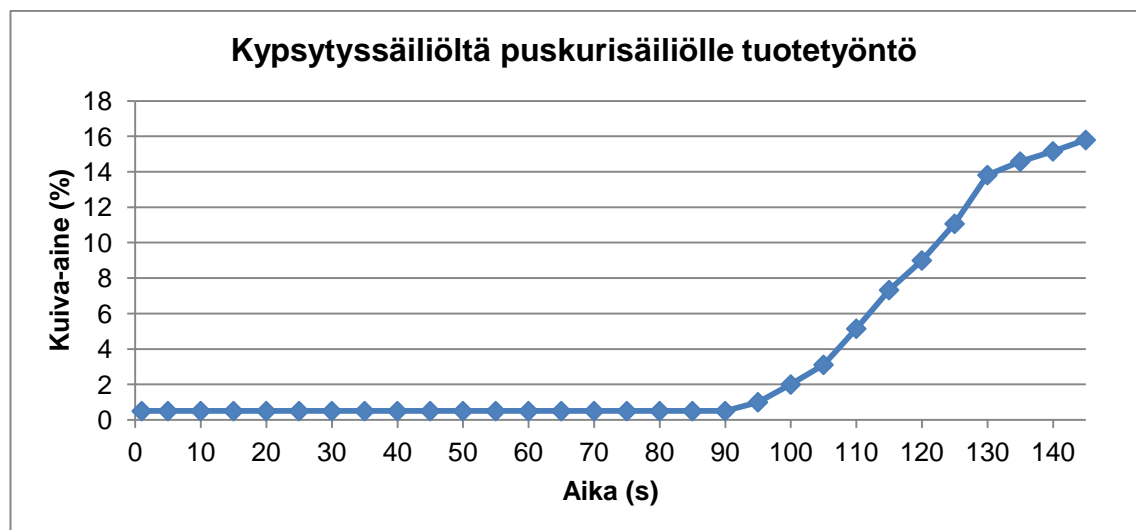
<b>Tuotetyöntö</b>		
<b>Näyte</b>	<b>Aika (s)</b>	<b>Kuiva-aine (%)</b>
1	1	2,64
2	5	6,49
3	15	7,86
4	20	8,53
<b>Vesityöntö</b>		
<b>Näyte</b>	<b>Aika (s)</b>	<b>Kuiva-aine (%)</b>
1	1	10,39
2	10	13,90
3	20	14,38
4	30	14,83
5	35	15,09
6	40	14,30
7	50	Vettä

Taulukosta 8 voi huomata vesityönnön jatkavan tuotetyönnön aikana viemäriputkistoon ajatun tuotteen viemärintiä. Tässä tapauksessa on vaikeaa saada selville onko viemäriputken päästä ulostuleva tuote tuotetyönnön vai vesityönnön aikana pumpattu viemäriputkeen. Kuitenkin vesityönnön aikana viemäroidään 40 sekunnin ajan käytettävää tuotetta ja virtausnopeudella 6500 L/h tuotetta päätyy viemäriin 72,8 L. Mittaamalla viemäriputken pituudeksi saatiin 51,3

metriä, josta 25,3 metriä oli 4,86 senttimetriä sisähalkaisijaltaan ja 26 metriä oli 3,56 senttimetriä sisähalkaisijaltaan. Tästä voidaan laskea viemäröntiputken tilavuudeksi 64,2 L. Koska tuotannon päätyttyä viemäriin ajetaan 72,8 L käytettävää tuotetta, täytyy siitä osan olla vesityönnön aikana viemäriputkeen pumpattua tuotetta. [23]

#### 8.4 Tuotteen jäähditys ja siirto puskurisäiliölle

Kypsytyssäiliöiltä puskurisäiliölle kulkeva siirtoputki kulkee levylämmönvaihtajan kautta, mikä jäähdyttää tuotteen. Siirron tuotetyöntö ohjaa tuotetta viemäriin, mutta vesityönnössä viemäriin pääsee vain 1-3 L tuotetta. Vesityönnön kokonaisaika on 80 sekuntia. Tästä voi päätellä siirron vesityönnön olevan optimoitu toimimaan mahdollisimman hyvin. Tuotetyönnön aikana otettiin viemäriputken päästä näytteitä eri aikoina ja niistä mitattiin kuiva-aine. Tuotetyönnön kokonaisaika on 144 sekuntia. Kuviossa 3 on esitetty kypsytyssäiliöiltä puskurisäiliölle kulkevan tuotetyönnön näytteenottoajoista ja niiden kuiva-ainepitoisuuksista.



Kuvio 3. Kypsytyssäiliöiltä puskurisäiliölle kulkevan tuotetyönnön näytteenottoajat ja näytteiden kuiva-ainepitoisuudet.

Hyväksyttävän lopputuotteen kuiva-ainepitoisuuden tulee olla yli 14,8 prosenttia, mutta tuotetyönnön hieman vaatimuksista poikkeavat tuotemäärät sekoittu-

vat suuriin tuotantomääriin. Kuviosta 3 nähdään, että tuotetyönnössä ajautuu viemäriin 130-145 sekunnin aikavälin ajan käytettävää tuotetta virtausnopeudella 4500 L/h. Tästä voidaan laskea viemäriin menevän 18,75 L tuotetta.

Siirron loputtua kypsytyssäiliöiden pohjalle jää usein hieman tuotetta. Säiliöiden pohjalle jäävän tuotteen määrä on selvitetty samalla keinolla kuin sekoitussäiliöihin jäävän tuotteen määrän. Kypsytyssäiliöitä on kolme kappaletta ja ne ovat nimetty 5s1-, 5s2- ja 5s3-säiliöiksi. Näiden säiliöiden pohjien kaltevuuskulmat ovat 45°. Näistä kypsytyssäiliöistä 5s3-säiliöön harvoin jää ollenkaan tuotetta pohjalle, sillä sen tyhjä-signaalin antava anturi on sijoitettu vaakatasoon ja paksun tuotteen takia mittari ei anna siirron lopetussignaalia. 5s3-säiliön pohjasta lähtevä putki on myös halkaisijaltaan suurempi kuin 5s1- ja 5s2-säiliöiden, joten tuote pääsee paremmin valumaan pois säiliöstä. Taulukossa 9 on esitetty kypsytyssäiliöihin jäävät tuotemäärät valmistettaessa Soygurt-tuotteita.

Taulukko 9. Kypsytyssäiliöiden pohjalle jäävät tuotemäärät valmistettaessa So-ygurt-tuotteita.

Pvm.	Kypsytyssäiliö	Mitattu korkeus (cm)	Laskettu tilavuus (L)
20.5.14	5s2	40	67
20.5.14	5s3	17	5,1
3.6.14	5s1	21	9,7
3.6.14	5s2	10	1
3.6.14	5s3	0	0
17.6.14	5s1	36	48,9
17.6.14	5s2	20	8,4
17.6.14	5s3	0	0
15.7.14	5s3	0	0
19.8.14	5s3	18	6,1
26.8.14	5s1	25,5	17,4
2.9.14	5s1	21,5	10,4
2.9.14	5s2	0	0
9.9.14	5s3	10	1
16.9.14	5s1	26	18,4
16.9.14	5s2	8	0,5
16.9.14	5s3	0	0
17.9.14	5s3	0	0
23.9.14	5s2	10	1
23.9.14	5s3	0	0
30.9.14	5s1	20	8,3
30.9.14	5s2	15	3,5
30.9.14	5s3	0	0

Taulukosta 9 voi huomata, ettei kypsytyssäiliöiden pohjille jää läheskään yhtä paljon tuotetta kuin sekoitussäiliöiden pohjille. 5s1-kypsytyssäiliöön on jäänyt keskimäärin 16,4 L tuotetta ja 5s2-kypsytyssäiliöön keskimäärin 11,3 L tuotetta. 5s3-kypsytyssäiliöön taas ei yleensä jää ollenkaan tuotetta.

Laskettaessa kypsytyssäiliöihin jäävän tuotteen määrää tulee ottaa myös huomioon säiliöiden putkien pituus purkuventtiilille, kuten sekoitussäiliöillä. Mikäli säiliöihin jää tuotetta tulee myös näiden putkien olla täynnä tuotetta ja se tulee laskea mukaan hävikkiin. 5s1-kypsytyssäiliön putki purkuventtiilille on 3,4 metriä pitkä ja sen sisähalkaisija 6,03 senttimetriä, kuten muidenkin kypsytyssäiliöiden putkien. Tästä voidaan laskea lieriön tilavuuskaavalla (liite 1) 5s1-säiliön putken tilavuudeksi 9,7 L. 5s2-sekoitussäiliön putki purkusäiliölle on 1,16 metriä pitkä ja

täten sen tilavuus on 3,3 L. 5s3-sekoitussäiliön putken pituus on 5,2 metriä ja tilavuus 14,9 L. 5s3-säiliöön ei yleensä jää tuotetta, mutta tuotetta jää sen purkuventtiilille kulkevaan putkeen. Kuvassa 7 näkyy 5s3-säiliön purkuventtiilille kulkevan putken sisusta tuoteajon jälkeen. <sup>[23]</sup>



Kuva 7. 5s3-kypsytyssäiliön purkuventtiilille kulkeva putki tuoteajon jälkeen.

Kuvasta 7 voi nähdä putken olevan täynnä tuotetta, sillä putken kallistus ei riitä soijajogurtin valumiseen purkuventtiilille. Kuvasta voi nähdä myös syyn miksi 5s3-säiliön anturi ei anna tyhjä-signaalia. Muiden säiliöiden anturit ovat sijoitetut pystysuoraan kulkevien putkien kohdalle, kun taas 5s3-säiliön anturi on sijoitettu vaakatasossa kulkevan putken kohdalle. Koska putkessa ei ole tarpeeksi kallistusta sen tyhjenemiseen, ei anturi tunnista säiliön olevan missään vaiheessa tyhjillään.

### 8.5 Tuotteen siirto puskurisäiliöltä pakkauslaitteelle

Puskurisäiliöitä on kolme kappaletta ja ne ovat nimetyt 6s1-, 6s2- ja 6s4-säiliöiksi. Kuten sekoitus- ja kypsytyssäiliöihin, myös näihin säiliöihin jää tuotannon päätyttyä pohjalle tuotetta. Säiliöiden pohjalle jäävät tuotteet ovat mitattu samalla menetelmällä kuin sekoitus- ja kypsytyssäiliöiden pinnankorkeudet. 6s1 ja 6s2-säiliöiden pohjien kaltevuuskulmat ovat 30° ja 6s4-säiliön 45°. Taulukossa 10 on esitetty puskurisäiliöihin jäävät tuotemäärät valmistettaessa Soygurt-tuotteita.

Taulukko 10. Puskurisäiliöiden pohjalle jäävät tuotemäärät valmistettaessa So-ygurt-tuotteita.

Pvm.	Puskurisäiliö	Mitattu korkeus (cm)	Laskettu tilavuus (L)
3.6.14	6s1	18	6,1
3.6.14	6s2	17	5,1
3.6.14	6s4	0	0
17.6.14	6s1	18	18
17.6.14	6s2	19	21,5
12.8.14	6s1	17	15
20.8.14	6s2	14,5	9,6
20.8.14	6s1	11,5	4,8
20.8.14	6s4	0	0
26.8.14	6s1	22,5	36
26.8.14	6s2	14,5	9,6
2.9.14	6s1	24	43,4
2.9.14	6s2	15	10,6
2.9.14	6s4	0	0
9.9.14	6s1	19,5	23,3
10.9.14	6s2	16	12,9
16.9.14	6s1	27	61,8
16.9.14	6s4	21,5	10,4
17.9.14	6s2	17	15,4
17.9.14	6s4	0	0
30.9.14	6s1	20	25,1

Taulukosta 10 voidaan huomata puskurisäiliöiden pohjalle jäävän keskimäärin enemmän tuotetta kuin kypsytysäiliöiden pohjalle, mutta kuitenkin vähemmän kuin sekoitussäiliöiden pohjalle. 6s4-säiliön pohjalle jää hyvin harvoin tuotetta luultavasti sen suuremman pohjan kaltevuuskulman vuoksi. 6s1-puskurisäiliön pohjalle jää keskimäärin 25,9 L käytettävää tuotetta, kun taas 6s2-säiliön pohjalle jää keskimäärin 12,1 L. 6s4-puskurisäiliön pohjalle jää keskimäärin 2,1 L käytettävää tuotetta.

Myös puskurisäiliöillä tulee huomioida purkuventtiilille kulkevan putken tilavuus, sillä 6s1- ja 6s2-puskurisäiliöillä voidaan olettaa putkien olevan täynnä käytettävää tuotetta. 6s4-puskurisäiliön purkuventtiilille kulkevaan putkeen ei saa näköyhteyttä kuten 5s3-kypsytysäiliön putkeen, joten voimme olettaa 6s4-putken olevan tyhjä tuotannon päätyttyä. 6s1- ja 6s2-säiliöiden putkien sisähalkaisija on

6,03 senttimetriä. 6s1-säiliön putken pituus purkuventtiilille on 3,83 metriä ja tästä lieriöntilavuuden laskukaavalla laskettu tilavuus on 10,9 L. 6s2-säiliön putken pituus purkuventtiilille on 1,7 metriä ja tästä laskettu tilavuus 4,9 L. <sup>[23]</sup>

### 8.5.1 Putken puhdistusmenetelmä

Tuotelinja puskurisäiliöiltä pakkauslaitteen yläsäiliölle on n. 37 metriä pitkä. Koska tuotelinja on näin pitkä, siihen on asennettu putken puhdistusmenetelmä, jota kutsutaan possutukseksi. Possutus vähentää tuotannon aloituksessa ja lopetuksessa, sekä tuotevaihtojen yhteydessä tapahtuvaa hävikkiä, sillä possutusta käytettäessä tuotetta ei ala sekoittua veteen pumppauksen aikana. Tästä huolimatta tuotelinjalla on ajettava tuotetta viemäriin pakkaussäiliön ja pakkaus-koneen välisen putken matkan, jotta pakkauksiin ei pääse vettä tai väärää tuotetta. Tuoteputki pakkaussäiliöltä pakkaus-koneelle on 12,8 metriä pitkä ja halkaisijaltaan 4,86 senttimetriä ja lieriön tilavuuskaavalla laskettuna putken tilavuus on 23,7 L. Jokaisen tuotevaihdon myötä täytyy siis ajaa tuotetta viemäriin 23,7 L. Tämän linjan viemäröintiputki on yhtä pitkä kuin itse tuotelinja. Tästä syystä tuote päätyy hitaasti viemäriin. Viemäriputken päästä punnittiin aloituksessa, tuotevaihdossa ja lopetuksessa tapahtuvat viemäröinnit. Taulukossa 11 on esitetty pakkauslinjan ohi viemäriputkeen ajettu veden ja tuotteen määrä aloituksissa, tuotevaihdossa ja lopetuksissa. <sup>[23]</sup>



Taulukko 11. Pakkauslinjan ohi viemäriin ajetut määrät tuotetta ja vettä aloituksissa, tuotevaihdossa ja lopetuksissa.

Pvm.	Tuotevaihto	Massa (kg)	Tuotetta/ vettä
26.8.14	2	8.4	Tuote
2.9.14	3	23.5	Tuote
2.9.14	4	22.8	Tuote
2.9.14	Lopetus	8	Tuote
9.9.14	1	27.2	Vettä
9.9.14	2	12	Tuote
9.9.14	3	21.2	Tuote
9.9.14	Lopetus	19	Tuote
16.9.14	Aloitus	17.4	Vettä
16.9.14	Lopetus	40	Tuote
16.9.14	1	50	Tuotetta + vettä
16.9.14	2	10.6	Tuote
17.9.14	Lopetus	7	Tuotetta + vettä
30.9.14	Aloitus	2,4	Vettä
7.10.14	1	19,8	Vettä
7.10.14	2	10,6	Tuotetta + vettä
7.10.14	Lopetus	19,4	Tuote
21.10.14	1	27,2	Vettä

Edellä olevasta taulukosta voi huomata varsinkin kolmannen ja neljännen tuotevaihdon ajavan mahdollisimman vähäisen tuotemäärän viemäriin. Näiden tuotevaihtojen voidaan uskoa näyttävän todellisin ohiajon määrä, sillä viemäröintiputki on tässä vaiheessa täytynyt lähes kokonaan tuotteesta tuotevaihtojen takia.

## 8.6 Tuotteen pakkaus

Pakatessa tuotetta 150 g:n pikareihin hävikkiä ei synny paljon. Pikareiden pakkauslaitteistolla tulee myös harvemmin häiriöitä ja häiriöiden aiheuttama hävikki on huomattavasti pienempää kuin 750 ml:n pakkauskoneella. Pikareita pakatessa voi esimerkiksi kansi liimautua huonosti kiinni, mutta tällaiset häiriöt tunnistetaan ja korjataan nopeasti, jolloin hävikin määrä jää hyvin vähäiseksi.

Pakatessa 750 ml:n kartonkipakkauksiin syntyy huomattavasti enemmän hävikkiä kuin pakatessa 150 g:n pikareihin. Suuremmalla kartonkipakkaus koneella tulee enemmän häiriöitä kuin pikareiden pakkaus koneella ja jokaisen häiriön myötä tuotetta ajetaan ros kiin. Koneen aika pysähtyneenä määrittää paljonko kone ajaa tuotteita ros kiin. Lyhyt pysähdys kestää alle 6 minuuttia ja pitkä pysähdys yli 6 minuuttia.

Hävikkiä syntyy koneen normaalin ajon aikana aloituksessa, pakkaus kartonkia vaihdettaessa ja sulkunauhaa vaihdettaessa. Aloituksessa ja tuotevaihdossa pakkaus kone hakee kartongista oikean pakkauksen leikkauskohdan ja hylkää väärinleikatut purkit. Pakkaus kartonkia vaihdettaessa hävikkiä syntyy samasta syystä kuin aloituksessa, mutta määränä vähemmän. Sulkunauhan vaihdon aikana pakkaus kone täytyy pysäyttää. Aina pakkaus koneen pysähtyessä vetyperoksidikylvyssä käynyt kartonki hapertuu ja tämän kartongin pituuden verran tulee ajaa tuotetta ros kiin, sillä pakkaukset ovat vahingoittuneet. Taulukossa 12 on esitetty kartonkipakkaus koneen synnyttämän hävikin seuranta.

Taulukko 12. Kartonkipakkaus koneella syntyvän hävikin seuranta.

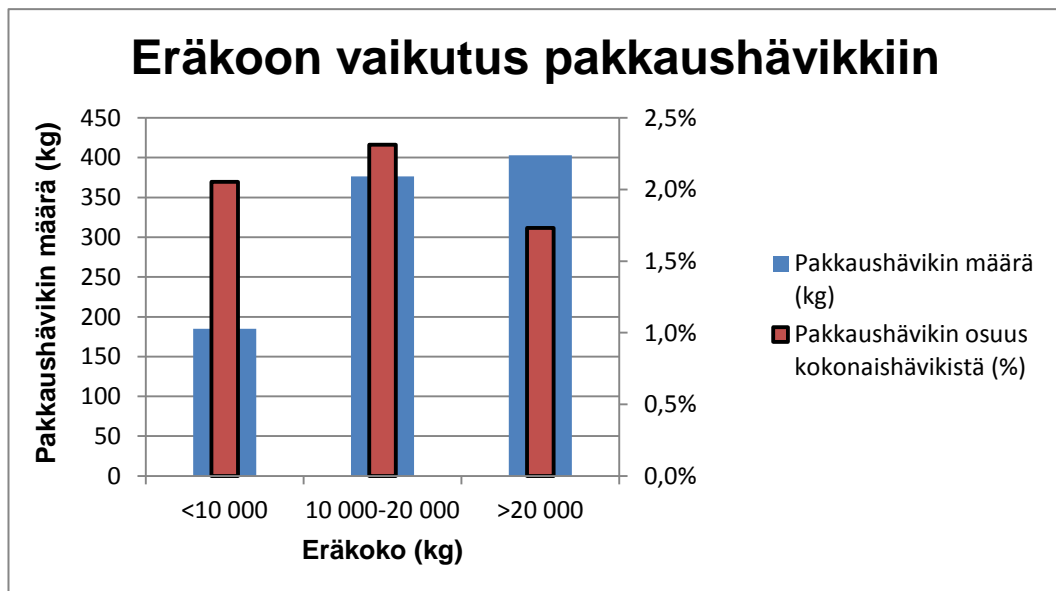
Pvm.	Purkkeja roskiin (kpl)	Pitkä/ lyhyt pysähdys	Pysähdynsyy
5.5.14	10		Lyhyt pysähdys
13.5.14	30		Aloitus
15.5.14	5		Kartonkirullan vaihto
15.5.14	15	Lyhyt	Vetyperoksidi yläraja hälytys
15.5.14	15	Lyhyt	Vetyperoksidi yläraja hälytys
20.5.14	52	Pitkä	Tuntematon häiriö
20.5.14	28	Pitkä	Tuntematon häiriö
20.5.14	21	Lyhyt	Tuntematon häiriö
20.5.14	16	Lyhyt	Tuntematon häiriö
3.6.14	34		Tuotevaihto
3.6.14	5		Kartonkirullan vaihto
9.9.14	10		Aloitus
9.9.14	21		Tuotevaihto
9.9.14	23		Tuotevaihto
9.9.14	26		Tuotevaihto
10.9.14	20		Aloitus
10.9.14	42	Pitkä	Tuntematon häiriö
10.9.14	41	Pitkä	Sulkunauhan vaihto
16.9.14	47		Aloitus
16.9.14	20	Lyhyt	Sauma rikki
16.9.14	25		Tuotevaihto
16.9.14	37	Pitkä	Sulkunauhan vaihto
16.9.14	19		Tuotevaihto
17.9.14	22		Aloitus
17.9.14	20		Tuotevaihto
30.9.14	20		Aloitus
30.9.14	20	Lyhyt	Leimasinkone ei toiminut kunnolla
30.9.14	18	Lyhyt	Leimasinkoneen korjaus
30.9.14	7		Kartonkirullan vaihto
30.9.14	23	Pitkä	Jälkipakkauksessa ongelmia

Edellä olevasta taulukosta voidaan laskea aloituksessa joutuvan roskiin keskimäärin 24,8 purkkia eli 18,6 kg tuotetta. Tuotevaihdon aikana roskiin päätyi keskimäärin 24 purkkia eli 18 kg tuotetta, kartonkirullan vaihdossa roskiin päätyi keskimäärin 5,7 purkkia eli 4,3 kg tuotetta. Jokaisesta lyhyestä pakkaus koneen pysähdyksestä syntyy hävikkiä keskimäärin 17,6 purkkia eli 13,2 kg tuotteena ja

jokaisesta pitkästä pysähdyksestä syntyy hävikkiä keskimäärin 35,8 purkkia eli 26,8 kg tuotteena.

### 8.6.1 Suurten eräkokojen vaikutus pakkaushävikkiin

Pakkaushävikistä suoritettiin seuranta, jossa verrattiin eräkokojen vaikutusta pakkaushävikin määrään. Seurannassa otettiin huomioon tämän vuoden alusta syyskuun loppuun asti suoritettut Soygurt-tuotteiden pakkaamiset ja niistä koottiin seuraavaksi esitettävä kuvio 4.

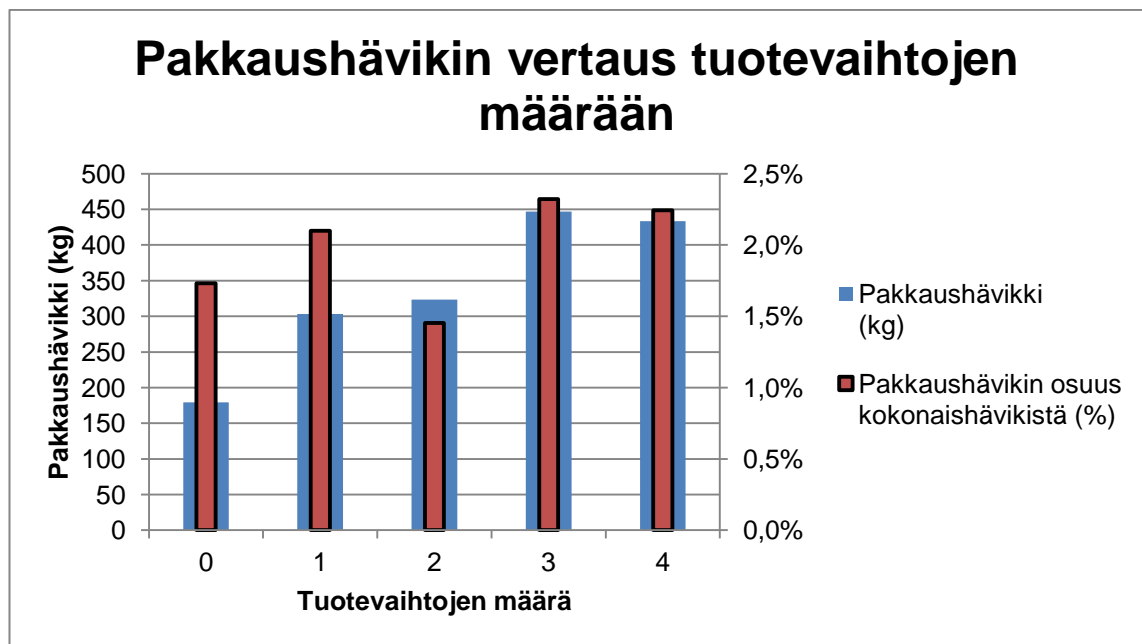


Kuvio 4. Eräkoon vaikutus pakkaushävikkiin.

Edellä olevassa kuviossa on verrattu eri eräkokojen pakkaushävikkien keskiarvoja toisiinsa. Luonnollisesti pakkaushävikin määrä kasvaa eräkoon suurentuessa. Kuviossa on esitetty myös eräkokojen pakkaushävikkien osuudet kokonaishävikin määrästä joita verratessa voidaan huomata pakkaushävikin osuuden kokonaishävikistä olevan pienimmillään suurilla eräköillä pakattaessa. Kuvioista voidaan siis todeta pakkaushävikin kannalta kannattavammaksi pakata suurilla eräköillä kuin pienillä eräköillä.

### 8.6.2 Tuotevaihtojen määrän vaikutus pakkaushävikkiin

Pakatessa Soygurt-tuotteita pakkaushävikkiä syntyy tuotevaihtojen aikana. Tuotevaihtojen vaikutuksesta pakkaushävikkiin on suoritettu seuranta, jossa on otettu huomioon kaikki tämän vuoden alusta syyskuun loppuun toteutuneet Soygurt-tuotteiden pakkauskerrat. Seurannan perusteella koottiin seuraavaksi esitettävä kuvio 5.



Kuvio 5. Tuotevaihtojen lukumäärän vaikutus pakkaushävikkiin.

Edellä olevassa kuviossa on verrattu pakkauskertojen hävikkien keskiarvoja pakkauskertojen aikana tapahtuvien tuotevaihtojen määrään. Pakkaushävikki kasvaa tuotevaihtojen määrän lisääntyessä, mutta tämä johtuu lähinnä eräkoon kasvusta. Kuviosta nähdään pakkaushävikin osuuden kokonaishävikistä olevan pienimmillään ajettaessa kahden tuotevaihdon pakkauserää. Kuvioiden 4 ja 5 epä johdonmukaisuuden vuoksi tuloksista ei voida vetää johtopäätöksiä pakkaushävikin pienentämiseksi.

## 9 TUOTEHÄVIKIN LASKEMINEN

Kavli Oy:n Turun tehtaalla raportoidaan ja seurataan kaikkien valmistettavien tuotteiden hävikkiä. Tuotteiden hävikki on eroteltu pakkaus-, prosessi-, ja kokonaishävikiksi. Pakkaushävikki punnitaan pakkauksen aikana ja jälkeen. Reseptiikka-ohjelman laskemaa sekoitetun tuotteen määrää verrataan varastoon valmistuneiden tuotteiden määrään ja niiden erotuksesta saadaan kokonaishävikin määrä. Sekoitetun Soygurt-massan määrään lisätään käytetyn hillolisän massa, minkä jälkeen vähennetään varastoon valmistuneiden tuotteiden massa, jolloin saadaan kokonaishävikin määrä. Vähentämällä kokonaishävikin määrästä punnittu pakkaushävikki saadaan selville prosessihävikin määrä. Prosessihävikiksi luokitellaan kaikki hävikki mitä tapahtuu tuotteen sekoituksesta alkaen ja loppuen sen päädyttyä pakatuksi.

Tehtaalla dokumentoitavaan hävikkitaulukkoon laskettiin varastoon valmistuvien tuotteiden määrä hieman epätarkasti. Valmistuvien tuotteiden määrä laskettiin tuotteen ominaispainon avulla. Pakkauslinjalla seurataan kuitenkin tuotepurkkien painoa koko pakkauksen ajan, jolloin saadaan tarkempi purkkien painon keskiarvo koko pakkausajalta. Tästä keskiarvosta voidaan vähentää tiedetty kartongin paino, jolloin saadaan tuotteen määrän tarkka paino. Molemmat laskukaavat löytyvät liitteenä (liite 1).

Tuotepurkkien painon keskiarvon avulla laskiessa saatiin suurempi arvo varastoon valmistuvalle tuotemäärälle, kuin ominaispainon avulla laskiessa. Hävikkitaulukossa ominaispainolla laskettava varastoon valmistuva tuotemäärä vääristää prosessihävikin määrää korkeammaksi, 10-50 kg, riippuen eräkoosta.

## 10 TUOTEHÄVIKIN PIENENTÄMINEN

Selvitetyjä hävikkimääriä pyrittiin pienentämään mahdollisimman pienillä investoinneilla ja enimmäkseen parametrimuutosten kautta.

### 10.1 Säiliöiden tuotejäämät

Säiliöihin jäävän tuotteen määrää saadaan vähennettyä käyttämällä tuotteen valmistuksessa pienintä mahdollista määrää sekoitussäiliöistä. Useimmiten tämä ei ole kuitenkaan mahdollista suurten eräkokojen takia.

Sekoitussäiliöihin jääviä tuotemääriä lähdettiin vähentämään nostamalla pastörintilalaitteiston balanssitankin pintaa ja laskemalla sekoitussäiliöiden pinta-asetusta. Tällöin balanssitankki ei ehdi tyhjenemään säiliövaihtojen yhteydessä. Aluksi lisättiin balanssitankin pintaa 20 prosenttia ja laskettiin viimeiseksi tyhjennettävän sekoitussäiliön pinta-asetusta 100 yksiköllä ja tarkkailtiin balanssitankin pinnan korkeutta tyhjennyksen aikana. Pinta ei lähtenyt laskemaan ja sekoitussäiliön pohjalle jäi suklaajuoman valmistuksessa lähes puolet vähemmän tuotetta kuin normaalisti.

Seuraavaksi tutkittiin toimiiko sama menetelmä säiliövaihdon yhteydessä lisäämällä balanssitankin pinta asetusta 20 prosenttia alkuperäisestä ja laskemalla sekoitussäiliön pinta-asetusta alkuperäisestä 50 yksikköä. Vaihdon aikana balanssitankin pinta lähti laskuun, mutta prosessi ei mennyt vesikierrolle. Balanssitankin pintaa lisättiin vielä varmuuden vuoksi 10 prosenttia. Mitattaessa sekoitussäiliöiden tuotejäämää muutosten jälkeen huomattiin pinnan laskeneen kaikilla säiliöillä lähes puolella verrattuna vanhaan tuotejäämään. Näillä säiliöiden pinta-asetuksen muutoksilla saatiin siis pienennettyä hävikkiä yhteensä 150 L.

Sekoitussäiliöiden tuotejäämää saataisiin vielä mahdollisesti vähennettyä lisäämällä tuotteeseen sekoitusvaiheessa vaahdonestoainetta. Yksi tällainen vaahdonestoaine on dimetyylipolysiloksaani (E900), jonka päivittäinen enimmäismäärä on 1,5 mg/kg/vrk tai FDA 173.340 -vaatimuksen mukaisesti 10 ppm

elintarvikkeessa. Vaahdonestoaineen ottaminen käyttöön vaatii kuitenkin paljon tutkimusta sen vaikutuksista lopputuotteen ominaisuuksiin. Sekoitussäiliöihin muodostuva vierre voitaisiin mahdollisesti estää asentamalla virtauksenestäjät säiliöiden reunoille. Tällöin pumppuun ei pääsisi ilmaa ja balanssitankin tuotepinta ei lähtisi laskuun säiliötyhjennyksen aikana. Jos sekoitussäiliöiden pohjan kallistus olisi jyrkempi, tuote valuisi nopeammin pumpulle, mikä saattaisi myös estää ilman pääsyn pumpulle. Tämä kuitenkin vaatisi uusien säiliöiden hankkimista ja asennusta. Tällaisiin investointeihin tehtaalla ei kuitenkaan olla ryhtymässä. <sup>[24]; [25]</sup>

Puskurisäiliöistä 6s1-säiliö jättää eniten tuotetta säiliön pohjalle. Tämä johtuu viallisesta tyhjä-signaalista lähettävästä anturista. Säiliön pohjalle jäävän tuotteen määrää pystyttiin kuitenkin optimoimaan laskemalla asteittain säiliön pinta-asetusta 400:sta 200:een. Pienemmällä pinta-asetuksella säiliön pohjalle jäi ainoastaan 6,9 L tuotetta eli hävikkiä saatiin pienennettyä 19 L.

## 10.2 Vesi- ja tuotetyönnöt

Vesi- ja tuotetyöntöjen aikaparametreja pystyttiin muuttamaan Siemens-pohjaisella prosessilogistiikkaohjelmalla. Poikkeuksena ovat pastörintilaitteiston vesi- ja tuotetyöntöjen aikaparametrit, joita muutettiin eri prosessilogistiikkaohjelmalla.

Sekoitussäiliöiltä pastörintilaitteistolle kulkevan siirtoputken vesityöntön aikaparametria pidennettiin aluksi 5 sekunnilla ja otettiin kuiva-ainenäytteitä, joilla varmistettiin parametrimuutoksen onnistuminen.



Parametrimuutos suoritettiin seuraavasti:

1. Valittiin alusvetolaatikosta Force.
2. Asetettiin DB Nro kohtaan parametrin arvo.
3. Asetettiin Offset kohtaan parametrin arvo.
4. Valittiin Format kohtaan DINT.
5. Painettiin silmälasit-kuvake päälle ja uudelleen pois päältä.
6. Asetettiin ohjausarvo kohtaan uusi haluttu arvo.
7. Painettiin Salama-kuvaketta.

Myöhemmin aikaa pidennettiin vielä 12 sekunnilla, joten vesityöntöä pidennettiin yhteensä 17 sekuntia. Täten 6500 L/h virtausnopeudella hävikin määrää pienennettiin 30,7 L.

Pastörintilalaitteiston vesi- ja tuotetyöntöjen oikeita aikaparametreja ei löydetty. Asiasta konsultoitiin Tetra Pak -yrityksen edustajaa, mutta hänkään ei löytänyt oikeita parametreja. Koneiston prosessilogistiikkaohjelma on myös huomattavasti erilaisempi ja vaikealukuisempi kuin Siemensin ohjelman, jota tehtaalla käytetään kaikissa muissa yksikköprosessien muokkauksissa. <sup>[22]</sup>

Kypsytyssäiliöiltä puskurisäiliöille kulkevan tuotetyönnön määrää pienennettiin tilavuus- ja aikaparametrilla. Tilavuusparametrin arvo oli aluksi 180 L. Parametrin arvoa pienennettiin 19 L, mikä vastaa tuotetyönnössä 15 sekuntia. Aikaparametrin vaihdos suoritettiin samalla tavalla kuin sekoitussäiliön ja pastörintilalaitteiston vesityöntö, mutta tilavuuden vaihdossa Format-kohtaan valittiin REAL, mikä edustaa prosessilogistiikkaohjelmassa tilavuutta. Tuotetyönnöstä otettiin kuiva-ainepitoisuusnäytteet, joilla varmistettiin parametrimuutoksen onnistuminen. Myöhemmin parametria päätettiin vähentää vielä 12 L eli 10 sekunnilla, joten tuotetyöntöä vähennettiin yhteensä 25 sekuntia. Täten 4500 L/h virtausnopeudella hävikin määrää pienennettiin 31,25 L.

### 10.3 Putken puhdistusmenetelmä

Tuotevaihtojen myötä tuleva pakkauskoneen ohi ajettavan tuotteen aiheuttama hävikki on prosessin luonteelle pakollista hävikkiä. Mikäli viemäröintilinja olisi lyhyempi, voitaisiin tätä hävikkiä seurata vielä tarkemmin. Kuitenkin suoritettu seuranta tapahtuvasta hävikistä todentaa hävikin olevan näillä puitteilla mahdollisimman hyvin optimoitu.

## 11 YHTEENVETO

Katsoessa suuren eräkoon valmistusta, jossa käytetään kaikkia säiliöitä, voidaan laskea prosessihävikistä tällöin selvitettyksi 688 kg. Verratessa tätä lukua tehtaan hävikkiseurantaan voidaan todeta keskimääräisen suuren eräkoon hävikin olevan selvitetty noin 70 prosenttisesti. Ottaen huomioon säiliöiden tuotejäämät, tuote- ja vesityönnot, sekä pakkauskoneen ohi ajettavan tuotteen määrän, voidaan laskea mahdollisimman pienen eräkoon prosessihävikin määräksi 276 kg.

Kartonkipakkauskoneen hävikkiä saatiin kartoitettua ja määritettiin hävikin keskimäärää eri häiriötilanteissa. Kyseinen pakkauskone on suunniteltu täysin nestemäisten tuotteiden pakkaukseen, joten paksumpien ja viskoottisempien Soygurt-tuotteiden pakkaus tällä laitteella aiheuttaa häiriötilanteita. Valitettavasti nähtiin pakkauskoneen hävikin pienentämisen vaativan todella syvällistä ymmärrystä pakkauskoneen toimintaan, joten mitään hävikin pienennyskeinoja pakkauskoneelle ei löytynyt.

Prosessin hävikkiä onnistuttiin pienentämään noin 240 kg jokaista tuotantokertaa vasten. Tämä tarkoittaa vuodessa 12 000 kg tuotesäästöä. Osa pienennyksistä tuotantohävikeistä vaikuttaa myös muihinkin tuotteisiin, eikä pelkästään Soygurt-tuotteisiin, joten tehtaalle tulee tästä lisää tuotesäästöjä.

## LÄHTEET

- [1]: Viitattu 26.8.2014, Soyappetit, Tietoa soijasta- soijan historiaa, <http://www.soyappetit.fi/tietoasoijasta/soijanhistoria>.
- [2]: Viitattu 15.9.2014, Kavli, 2014. Kavli | History, <http://kavli.com/About-Kavli/History>.
- [3]: Viitattu 15.9.2014, Kavli Trust, 2011. Welcome to the Kavli Trust, <http://kavlifondet.no/english/>.
- [4]: Viitattu 15.9.2014, Kavli, 2014. Kavli | Group structure, <http://kavli.com/About-Kavli/Group-structure>.
- [5]: Viitattu 26.8.2014, Finnprotein, 2013. MIKÄ SOIJA ON?, <http://www.finnprotein.fi/miks-soijaa/millainen-soijakasvi>.
- [6]: Viitattu 26.8.2014, Ruokatieto, 2009. Terveysvaikutukset puoltavat soijatuotteiden käytön lisäämistä, <http://www.ruokatieto.fi/uutiset/terveysvaikutukset-puoltavat-soijatuotteiden-kayton-lisaamista>.
- [7]: Hoogenkamp, Henk W.; (12/2004). Soy Protein and Formulated Meat Products. CABI Publishing, Wallingford, Oxon, Iso-Britannia.
- [8]: Holland B., Welch A. A., Unwin I. D., Buss D. H., Paul A. A., Southgate D. A. T.; (1997). The Composition of Foods. Xerox Ventura Publisher™, Cambridge, Iso-Britannia.
- [9]: Viitattu 2.9.2014, Agricultuar Research Service, United States Department of Agriculture, <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/4820?qlookup=16108&format=Full&max=25&man=&lfa-cet=&new=1>.
- [10]: Imram N.; (2003). SoyaHandbook, Tetra Pak, Singapore.
- [11]: Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation; (2007). Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition. World Health Organization (WHO), Albany, NY, USA.
- [12]: Joint FAO/WHO Expert Consultation; (2005). Vitamin and Mineral Requirements in Human Nutrition. World Health Organization (WHO), Bangkok, Thaimaa.
- [13]: Hollenstein, Jenna; (5/2007). Understanding Dietary Supplements : A Handy Guide to the Evaluation and Use of Vitamins, Minerals, Herbs, Botanicals, and More. University Press of Mississippi, Yhdysvallat.
- [14]: Panel on Dietary Reference Intakes for Electrolytes and Water, Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes; (2004). Dietary Reference Intakes for Water, Potassium, Sodium, Chloride, and Sulfate. National Academies Press, Washington, D.C, Yhdysvallat.
- [15]: John Wiley & Sons; (1979). Novartis Foundation Symposia : Phosphorus in the Environment Its Chemistry and Biochemistry. John Wiley & Sons, Elsevier/ Excerpta Medica, Hollanti.
- [16]: Viitattu 13.9.2014, Oregon State University, 2009. Linus Paulig Institute, <http://lpi.oregonstate.edu/infocenter/phytochemicals/soyiso/>.
- [17]: Viitattu 23.9.2014, DuPont, Pectin -A versatile stabilizer, <http://www.danisco.com/product-range/pectin/>.
- [18]: Viitattu 23.9.2014, DuPont, Sugar replacement -Litesse, <http://www.danisco.com/product-range/fiber/litesse/sugar-replacement/>.

[19]: Viitattu 23.9.2014, LSBU, <http://www1.lsbu.ac.uk/water/hysta.html#fun>.

[20]: Viitattu 17.11.2014, Ruokatieto, 2011. Uutinen: Kolmasosa maailmassa tuotetusta ruoasta ei päädy ihmisten vatsoihin. <http://www.ruokatieto.fi/uutiset/kolmasosa-maailmassa-tuotetustaruuasta-ei-paady-ihmisten-vatsoihin>.

[21]: Viitattu 17.11.2014, Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT, 2012. Raportti 41: Ruokahävikki suomalaisessa ruokaketjussa, Foodspill 2010-2012 -hankkeen loppuraportti. <http://www.mtt.fi/mtrraportti/pdf/mtrraportti41.pdf>.

[22]: Lauri Tanskanen, Prosessisuunnittelija, Tetra Pak.

[23]: (2002). Dairy Technology; Invensys APV, Anhydro A/S, Tanska.

[24]: Viitattu 19.11.2014, E-Koodit.fi, E900: Dimetyylipolysiloksaani, <http://ekoodit.fi/E900/dimetyylipolysiloksaani/>.

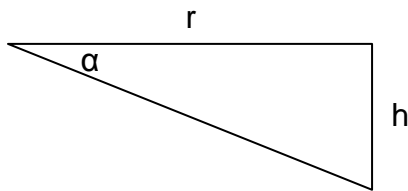
[25]: Viitattu 19.11.2014, U.S. Food and Drug Administration, FDA 173.340, <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/CFR-2012-title21-vol3/pdf/CFR-2012-title21-vol3-sec173-340.pdf>.

## Laskukaavat

Tässä liitteessä esitetään kaikki opinnäytetyössä käytettävät laskukaavat ja johdetaan yhtälöt tarvittaviin muotoihin.

Säiliöiden tuotejäämien säteen laskeminen:

$$\tan \alpha = \frac{h}{r} \rightarrow r = \frac{h}{\tan \alpha}$$

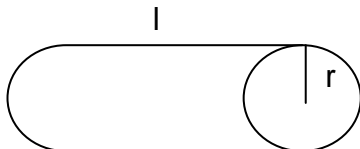


Säiliöiden tuotejäämien laskeminen:

$$V = \frac{r^2 \times \pi \times h}{3}$$

Säiliöiden purkuventtiilille kulkevien putkien tuotejäämä:

$$V = r^2 \times \pi \times l$$



Tuote- ja vesityöntöjen hävikin laskeminen:

$$V = \frac{v}{3600} \times t$$

$V$  = Tilavuus

$v$  = Tilavuusvirtaus (L/h)

$t$  = aika (s)

Ominaispainon avulla laskettu varastoon valmistuvan tuotteen määrä:

$$m = ME \times V_p \times 10 \times p$$

$V_p$  = Purkin tilavuus (L)

$m$  = Massa (kg)

$ME$  = Myyntierien määrä (kpl)

$p$  = Tuotteen ominaispaino (kg/L)

Purkkien painon keskiarvolla laskettu varastoon valmistuvan tuotteen määrä:

$$m = \frac{(ME \times 10 \times m_p) - (ME \times 10 \times m_t)}{1000}$$

$m$  = Massa (kg)

$ME$  = Myyntierien määrä (kpl)

$m_p$  = Pakattujen purkkien painon keskiarvo (g)

$m_t$  = Tyhjän purkin eli pakkausmateriaalin massa (g)

## Veteen sekoittuneen tuotteen pienen määrän vaikutus säiliölliseen optimaalista tuotetta

Tuote- ja vesityöntöjä optimoidessa on mahdollista, että tuotesäiliöihin pääsee hieman veden sekaista tuotetta. Tässä liitteessä tutkitaan miten paljon täyden säiliön tuotteeseen vaikuttaa pieni määrä veteen sekoittunutta tuotetta. Vaikutus tutkitaan tuotteen kuiva-aineen heikkenemisenä.

Tuote-/vesityöntön virtausnopeus:  $v = 4500 \text{ L/h}$

Tuotteen optimi kuiva-ainepitoisuus = 14,8 %

Veteen sekoittuneen tuotteen kuiva-ainepitoisuus = 10 %

Vesityöntön yhteydessä 5000 L säiliöön pääsi 5 sekuntia veteen sekoittunutta tuotetta 4500 L/h virtausnopeudella.

Säiliöön päässeeseen veden sekaisen tuotteen määrä:  $V_h = \frac{4500 \text{ L/h}}{3600 \text{ s}} \times 5 \text{ s} = 6,25 \text{ L}$

Veden sekaisen tuotteen kuiva-aineen määrä:  $V_{hK-A} = 6,25 \text{ L} \times 0,1 = 0,625 \text{ L}$

Säiliön kuiva-aineen määrä:  $V_{sK-A} = 5000 \text{ L} \times 0,148 = 740 \text{ L}$

Tässä vaiheessa säiliössä on yhteensä tuotetta  $5000 \text{ L} + 6,25 \text{ L} = 5006,25 \text{ L}$ , josta kuiva-ainetta on  $740 \text{ L} + 0,625 \text{ L} = 740,625 \text{ L}$ .

Tällöin säiliön kuiva-ainepitoisuudeksi saadaan:  $5006,25 \text{ L} \times X = 740,625 \text{ L}$

$$X = \frac{740,625 \text{ L}}{5006,25 \text{ L}} = 0,14794$$

Joten pieni määrä veteen sekoittunutta tuotetta laskee täyden säiliöllisen tuotteen kuiva-ainepitoisuutta:  $1 - \frac{0,14794}{0,148} = 0,000406 \approx 0,04 \%$

Sillä kaikissa tehtaan säiliöissä on sekoittimet voidaan todeta pienen määrän veteen sekoittuneen tuotteen vaikutuksen olevan lähes olematon. Vaikka säiliöön päätyisi sama määrä puhdasta vettä ( $K-A = 0,5 \%$ ) laskisi se täyden säiliön kuiva-ainetta vain 0,12 prosentilla.