

**ESL- laitteiston kapasiteetilaskelma ja tehokkuuden
maksimointi**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Visamäki, bio- ja elintarviketekniikka

2020

Sini Larke

Bio- ja elintarviketekniikka
Visamäki

Tekijä	Sini Larke	Vuosi 2020
Työn nimi	ESL- laitteiston kapasiteetilaskelma ja tehokkuuden maksimointi	
Työn ohjaaja/t	Helena Kautola	

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli saada todenmukainen kuva meijerissä sijaitsevan uuden ESL (Extended Shelf Life)- laitteiston kapasiteetista ja siihen vaikuttavista tekijöistä. Työn tilaajalle Arla Oy:lle tuli vuonna 2019 uusi ESL- laitteisto, joka otettiin täyspäiväisesti käyttöön vuoden 2019 kesän loppupuolella. Opinnäytetyön tarkoituksena oli laskea laitteiston todellinen kapasiteetti, jonka avulla tulevia tuotantomääriä voidaan suunnitella. Kapasiteetti laskettiin vanhojen ajoraporttien avulla. Laitteiston kapasiteetti 104 411 l/päivä on yli kaksi kertaa teoreettista kapasiteettiä pienempi, mutta kapasiteetti on Arlan viikoittaisille tuotantomäärille riittävä.

Tuotannon seisokit vaikuttavat kapasiteettiin negatiivisesti. Suurimpien ongelmien selvittämiseksi laadittiin ongelmaraportti, johon kirjattiin tarkkaan tuotannon pysähtymisen syy, kesto ja mahdollinen ratkaisu. Ongelmaraporttia täytettiin ensin neljän viikon ajan, ja kuukauden tauon jälkeen raporttia täytettiin vielä kaksi viikkoa. Vaikka määrällisesti eniten ongelmia oli pakkauksen ja jälkipakkauksen puolella, ajallisesti eniten ongelmia aiheutti ESL- laitteiston laiterikot. Laiterikkojen pitkätkin kestot johtuvat varaosien saatavuudesta. Yleisimpiin laitteen osiin löytyy varaosia meijerin varastosta, mutta erikoisemmat osat pitää tilata muualta. Tasaisten huoltovälien avulla laiterikkojen määrää voidaan vähentää. Yksi jatkuvimmista ongelmista oli ESL- laitteiston jäähdytysjärjestelmän, eli glykolijärjestelmän automaattisen ilmauksen toimimattomuus. Ilmaus on mahdollista tehdä manuaalisesti, mutta vain muutama laitoshenkilö osaa tehdä sen. Prosessioperaattoreilla ei ole pääsyä glykolijärjestelmän luokse, joten laitoshuollolle tehtiin ohjeistus glykolin ilmaukseen. Jatkossa ilmaus tulisi tehdä säännöllisesti.

Avainsanat Tehokkuus, kapasiteetti, ESL- maito

Sivut 21 sivua, joista liitteitä 2 sivua

Biotechnology and Food Engineering
Visamäki, Hämeenlinna

Author	Sini Larke	Year 2020
Subject	Calculating the actual capacity and maximizing the efficiency of ESL Plant	
Supervisors	Helena Kautola	

ABSTRACT

The aim of this thesis was to calculate the actual capacity of the new dairy ESL (Extended Shelf Life) plant and to find the factors that affect it. The commissioner Arla Oy started full production on the new ESL plant in the late summer of 2019. To find out the actual capacity, old production reports were used. All production breaks affect the capacity negatively. Minimizing problems appearing during production will improve the efficiency of the new ESL plant. A problem list report was made to help to find out the main problems causing the breaks.

Actual capacity of the ESL plant is 104 411 L/d. The theoretical capacity of the ESL plant is over two times better than the calculated actual capacity. Smaller production days also affected the capacity. The actual capacity does not mean that it is the maximum production volume, but instead it shows the expected direction, at least.

The results from the report of the problem list showed that the packaging caused the most problems, but the ESL plants caused the longest problems. The hardware faults can be problematic concerning the availability of spare parts. Arla's dairy factory has a limited storage space for the spare parts, so some of them must be ordered from elsewhere. One of the most common breaks obtained by the ESL plant was caused by the problems of the automatic air removal from glycol. The production does not start until the right temperature is reached by the cooling with ice water and glycol. It can be easily fixed by releasing the air manually. The manual release must be done by the maintenance personnel, but only a few persons know how. To help them release air, an air release instruction was made. To prevent breaks, the air releasing should be done regularly.

Keywords Efficiency, capacity, extended shelf life.

Pages 21 pages including appendices 2 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	MITÄ ON ESL.....	1
2.1	ESL- käsittelyn toimintaperiaatteet.....	1
2.2	Lämpökäsittely	2
2.2.1	Suora Lämpökäsittely	2
2.2.2	Epäsuora lämpökäsittely	3
2.2.3	Lämpökäsittelyn vaikutus.....	4
2.3	Erilaiset ESL- laitteistot.....	6
2.4	Vaaditut määräykset ESL- tuotteille.....	7
2.4.1	Säilyvyys.....	7
2.4.2	Elintarvikelainsäädäntö	8
3	PROSESSIN KUVAUS.....	8
3.1	Vakiointi.....	9
3.2	ESL- laitteisto.....	10
3.3	Pakkaus.....	12
4	KÄYTETYT MENETELMÄT JA LAITTEISTOT	13
4.1	Teoreettinen kapasiteetti.....	14
4.2	Todellinen kapasiteetti.....	15
5	ONGELMIEN KARTOITUS JA ANALYSOINTI	16
5.1	Yleisimmät pysäytyksien syyt.....	18
5.2	Ratkaisut.....	19
5.2.1	Glykolijärjestelmän ongelmien ratkaisu	19
6	YHTEENVETO	20
	LÄHTEET	22

Liitteet

Liite 1 Ongelmaraportti

Liite 2 Glykolijärjestelmän ilmaus – ohje

1 JOHDANTO

Työn aihe koskee Arla Oy:n Sipoon meijerin uutta ESL (Extended Shelf Life)-laitteistoa. Työn tilaajana toimii Arla Oy. Uutta laitteistoa alettiin hyljälleen ottamaan käyttöön vanhan laitteiston rinnalle, kesällä 2019, ja saman vuoden syksyllä se otettiin virallisesti käyttöön kokopäiväisesti. Uusi laitteisto eroaa ohjelmistoltaan ja teholtaan merkittävästi vanhasta laitteistosta. Uusi laitteisto on kaksi kertaa vanhaa tehokkaampi. Syksy meni vielä samoissa tuotantomäärissä, mitä vanhalla laitteistolla pystyttiin tuottamaan. Vuonna 2020 siirryttiin keskeytymättömään vuororytmiin ja täysiin tuotantomääriin.

Opinnäytetyön ensimmäinen aihe tuli todellisten päivittäisten tuotantomäärien tiedon tarpeesta. Päivittäiset tuotantomäärät tehdään nyt tulleiden tilausten mukaan, mutta jokaisella laitteella tulee raja jossain vaiheessa vastaan. Todelliseen kapasiteettiin vaikuttavat kaikki laitteiston, ja sen sidonnaisosien seisokit. Sidonnaisosat jaettiin tässä työssä ESL-käsittelyä ennen tapahtuvaan vakiointiin ja valmiin tuotteen pakkaukseen. Tarkoituksena oli selvittää mikä vaikuttaa eniten laitteiston tehokkuuteen ja miten sitä voidaan parantaa.

2 MITÄ ON ESL

ESL-käsittely maito tarkoittaa pidempään säilyvää maitoa, kuin normaalin pastörintikäsitteilyn saanut maito. ESL tulee englannin kielen sanoista extendet shelf life, joka tarkoittaa pidennettyä säilyvyysaikaa. Maidon lämpökäsittely parantaa tuotteen mikrobiologista laatua tehden siitä kuluttajalle turvallisemman. Lämpökäsittely tuhoaa tehokkaasti erilaisia patogeenisiä kuten salmonellaa ja listeriaa. ESL-käsittelyn periaatteena on tuhota myös mahdollisimman paljon itiöllisiä bakteereita, jolloin säilyvyys +7 °C asteessa paranee. ESL tuotteiden säilytyslämpötila on alle + 6 °C astetta, eli sama kuin pastöroitujen maitojen. Matalan lämpötilan periaatteena on vähentää keitetyn makua, joka on yleistä UHT (Ultra High Temperature) - tuotteissa. ESL-käsittely ei siis tuhoa kaikkia maidossa esiintyviä bakteereita, joten steriilit käsittelymenetelmät ja kylmäsäilytys on tärkeää laadun takaamisen kannalta. (Deeth 2017; Rankin 2002, 1633-1634.)

2.1 ESL-käsittelyn toimintaperiaatteet

ESL-maidot kuumennetaan 125 °C – 135 °C asteeseen noin 0,5 - 2 sekunnin ajan. ESL-maidot voidaan kuumentaa joko suoralla tai epäsuoralla menetelmällä. Infuusio ja injektio ovat yleisiä suoria menetelmiä. Niissä

esilämmitetty tuote suihkutetaan höyryyn, tai höyry tuotteeseen. Suorissa menetelmissä tuote kuumenee äkillisesti, kun taas epäsuorissa tavoitelämpötilaan pääsy kestää vähän kauemmin. Useassa ESL- laitteistossa voidaan käyttää molempia menetelmiä. Esilämmitykseen epäsuoraa, jolloin lämpötila saadaan 65 °C – 75 °C asteeseen. Lopullinen lämpötilan nosto suoritetaan yleensä suoralla menetelmällä. Suorissa menetelmissä tuotteen joukkoon pääsee vesihöyryä. Vesihöyry on mahdollista poistaa tuotteesta vakuumin avulla. Vakuumissa on alipaine, jolloin tuote alkaa kiehua nopeasti, ja höyry huuhtoutuu siitä ulos. (Milkworks n.d; Walstra, Wouters & Geurts 2006.)

2.2 Lämpökäsittely

Lämpökäsittely vaikuttaa maidon jokaiseen osaan, kuten makuun, väriin, laktoosiin, proteiineihin ja mikrobitoimintaan. Lämpötilan lisäksi lämmityksen kesto vaikuttaa ratkaisevasti tuotelaatuun. Lämmityksen kestolla tarkoitetaan aikaa, jonka tuote viettää lämpökäsittelyn tavoitelämpötilassa. Korkeampi lämpötila ja pidempi kesto parantavat tuotteen säilyvyyttä, mutta vaikuttavat makuun negatiivisesti. Lämpökäsittelystä aiheutunut negatiivinen maku esiintyy tuotteessa keitetyn, palaneen, karamelisoituneen tai kuumennetun makuisina. Kuumennus 135 °C asteessa kolmen sekunnin ajan tuhoaa riittävästi bakteereja, mutta samalla muuttaa maidon makua negatiivisesti. ESL- käsittelyissä käytetään sen vuoksi yleensä 125 °C – 135 °C asteen lämpökäsittelyä 0,5 – 2 sekunnin ajan. (Walstra 2006.)

Lämpökäsittely voidaan jakaa suoriin ja epäsuoriin menetelmiin. Suorissa menetelmissä tuote kuumennetaan lisäämällä tuote kuumaan höyryyn, tai lisäämällä höyry tuotteeseen. Epäsuorissa menetelmissä tuote ei ole suoraan kosketuksissa kuumentavan aineen kanssa, vaan kuumennus tapahtuu esimerkiksi levylämmönvaihtimilla. ESL- käsittelyissä käytetään yleensä molempia tapoja, esilämmitykseen epäsuoria ja varsinaiseen lämpökäsittelyyn suorita. (Rankin 2002.)

2.2.1 Suora Lämpökäsittely

Suorassa lämpökäsittelyssä kuumennuksessa käytetään infuusiota tai injektiota. Tuote menee infuusiokammioon suuttimen kautta, joka suihkuttaa tuotteen kammion keskelle tulevaan höyryyn. Tuote lisätään infuusiokammioon yläkautta. Kuvasta 1 voidaan nähdä tuoteputket infuusiokammion päällä, sekä höyryputket, jotka johtavat kammion yläosan sivulle. Tuotteen lisääntynyt pinta-ala nopeuttaa tavoitelämpötilan saavutusaikaa. Injektiossa höyry lisätään paineella tuotteeseen. Keston pituus ESL tuotteille on 125,0 - 135 °C asteessa 0,5 – 3.5 sekuntia. (Rankin 2002, SPX FLOW 2019.)



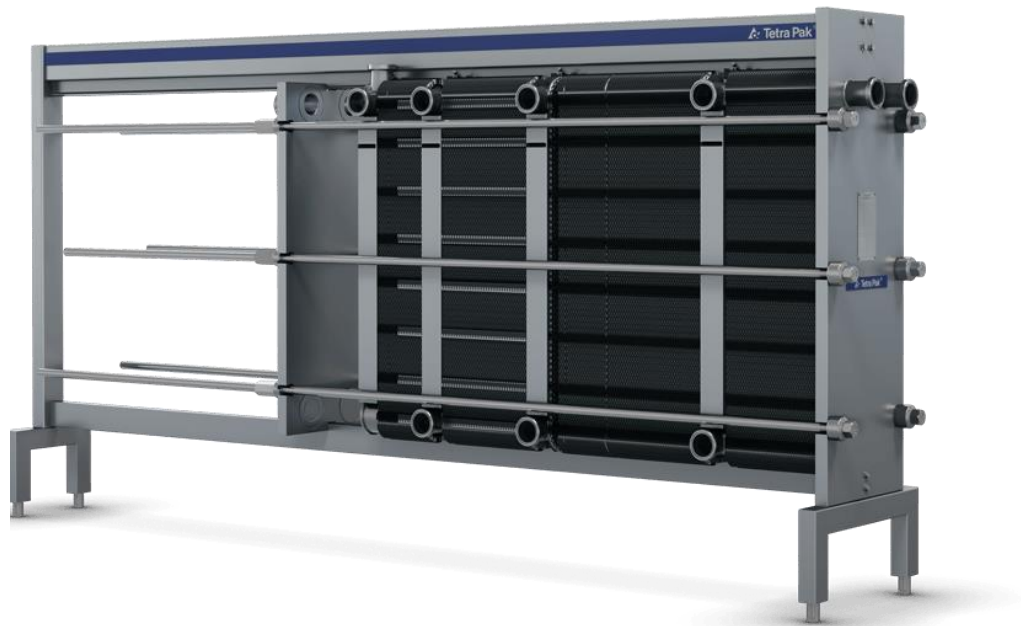
Kuva 1 Infuusiokammio (Larke 2020)

Suoran lämpökäsittelyn apuna kuitenkin käytetään usein epäsuoraa lämpökäsittelyä. Jotta suorassa lämpökäsittelyssä saavutetaan haluttu lämpötila tarpeeksi nopeasti, pitää tuote esilämmittää. Esilämmitykseen käytetään usein levylämmönvaihtimia, jolla tuotteen lämpötila nostetaan usein 75 – 95 °C asteeseen. (Walstra 2006.)

2.2.2 Epäsuora lämpökäsittely

Epäsuoria lämpökäsittelymenetelmiä ovat esimerkiksi levylämmönvaihtimet ja putkilämmönvaihtimet. Kuvassa 2 on esimerkki levylämmönvaihtimesta. Niiden koko kuitenkin vaihtelee haluttujen tulosten perusteella. Levyjen määrällä voidaan säädellä lämmityksen kestoa. Epäsuorat tavat voivat olla energiatehokkaita. Levy- ja putkilämmönvaihtimissa on sama periaate. Jo kuumennettu tuote jäähtyy kylmän tuotteen tullessa pastööriin, samalla esilämmittäen kylmän tuotteen. Kuumennukseen voidaan käyttää joko höyryä tai vettä. Tuote ei ole missään vaiheessa kosketuksessa lämmittävän aineen kanssa. Levylämmönvaihtimia ei kuitenkaan kannata käyttää yli 100 °C asteen kuumennukseen, sillä ohuet levyt eivät kestä siihen vaadittavaa painetta. Putkilämmönvaihtimissa tuote voidaan lämmittää jopa 150 °C asteeseen. Putkilämmönvaihtimia käytetään ESL-

ja UHT- prosesseissa. Siinä tuote kulkee kapeita putkia pitkin tuottaen turbulentin virtauksen ja lyhyen sekä tehokkaan kuumennusajan. Tuoteputket kulkevat isompien höyry ja vesiputkien sisällä. (Rankin 2002; Walstra 2006.)



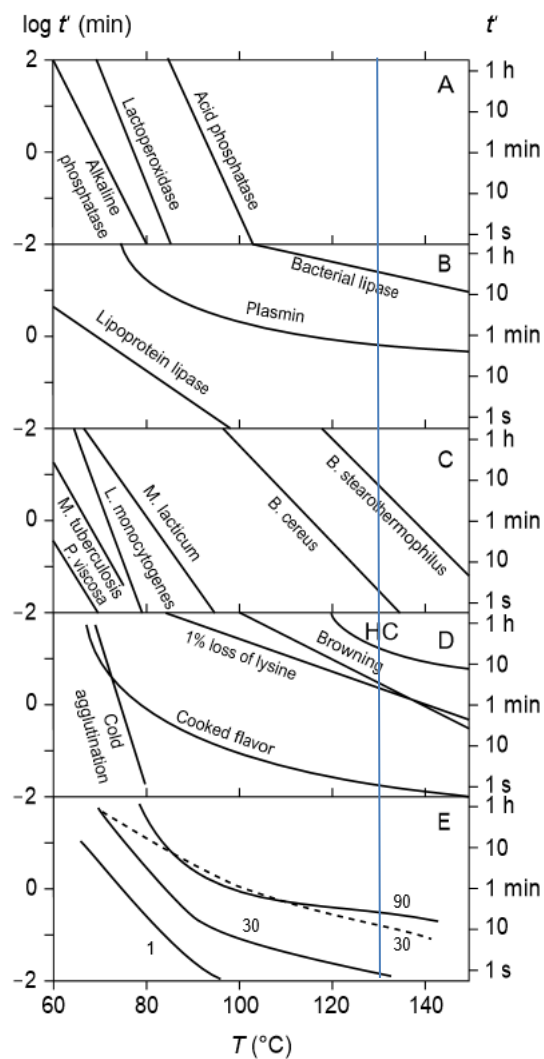
Kuva 2 Levylämmönvaihdin (Tetrapak n.d)

2.2.3 Lämpökäsittelyn vaikutus

Korkea lämpökäsittely saattaa tuhota maidossa olevia tärkeitä ravintoaineita, kuten vitamiineja ja proteiineja. Prosessin lämpötiloja valittaessa on tunnettava lämpötilan ja sen keston vaikutus tuotteeseen. Mitä lyhyempi lämpökäsittely on, sitä vähemmän vaikutusta sillä on maitoon. Se pätee myös maidon mikrobitoimintaan. Pitkä lämpökäsittely korkeassa lämpötilassa takaa tuotteen säilyvyyden myös huoneenlämmössä, mutta vaikuttaa selkeästi maidon makuun. (Rankin 2002.)

Kuvassa 3 on esitetty kuumennuksen ja keston vaikutusta maidon eri osiin. Kuvan 3 kohdasta D voidaan tulkita miten keitetty maku (cooked flavor) kehittyy maitoon noin 130 °C asteessa jo sekunnissa. Keitetty maku johtuu β -laktoglobuliinin denaturoitumisesta. Ruskean värin muodos-

tumiseen, eli Maillardin reaktioon sen sijaan menee noin viisi minuuttia. Lämpökäsittely vaikuttaa myös erilaisten entsyymien aktiivisuuteen. Kuten kuvan 3 kohdasta A ja B voidaan tulkita, lämpökäsittely lopettaa joidenkin entsyymien toiminnan. Esimerkiksi lipoproteiinilipaasin kohdalla, entsyymin aktiivisuus saattaa aiheuttaa kylmässä kokkaroitumista homogoinnin jälkeen. Entsyymien toiminta voi vaikuttaa joihinkin tuotteisiin myös negatiivisesti. Laktoosittoman maidon valmistuksessa käytetään laktaasientsyymiä laktoosin pilkkomiseen, jolloin tuotteesta saadaan laktoositon. Entsyymitoiminnan päättymisen vuoksi tuotteen laktoosittoisuus täytyy varmistaa ennen lämpökäsittelyä tai laktaasientsyymi täytyy lisätä lämpökäsittelyn jälkeen. (Walstra 2006; Deeth 2017.)



Kuva 3 Lämpökäsittelyn voimakkuuden vaikutus maitoon (Walstra 2006, 243)

ESL- käsittely ei tuhoa täysin kaikkia maidoissa esiintyviä bakteereita, kuten kuvasta 3 kohdasta C voidaan tulkita. Se tuhoaa kuitenkin suurimman osan maidossa esiintyvistä bakteereista, kuten *Salmonellan*, *E. colin* ja *Listerian*. ESL- maidot on kuitenkin säilytettävä kylmässä, jotta bakteerien, kuten *Bacillus cereus*, toiminta ei aktivoituisi Kohdassa E kuvataan mai-

don yleisimpien proteiinien liukenemattomuuden muutosta. 1 %, 30 % ja 90 % kuvaavat β -laktoglobuliinin eli maidon yleisimmän heraproteiinin liukenemattomuutta, ja 30 % (---) α -laktalbumiinin liukenemattomuutta. (Walstra 2006.)

2.3 Erilaiset ESL- laitteistot

Arlan uusi ESL- laitteisto on Yhdysvaltalaisen SPX FLOW yrityksen Infusion ESL Plant- laitteisto, joka nähdään kuvassa 7. Lisäksi varidos, jolla lisätään kermaan laktaasientsyymi, on GEA:n valmistama. Suurin osa ESL- laitteistoista on samoja millä valmistetaan myös UHT- tuotteita. Laitteiston valinnassa ensimmäiseksi on valittava halutaanko käyttää infuusiota vai injektiota. Infusion kesto on injektiota tarkempi, joten se sopii myös herkemille tuotteille. Infuusio on kuitenkin hieman injektiota kalliimpi. Injektiolla voidaan ajaa tuotteita joiden partikkelikoko on 0,1 – 5 mm. Infuusiolla voidaan ajaa vain 1 mm partikkelikokoon saakka. Infuusiolla on injektiota pidemmät tuotantoajat, eli ajot vaativat vähemmän välipesuja. ESL- tuotteisiin riittää pieni partikkelikoko. Ne vaativat mahdollisimman tarkan kuumennuksen, jotta virhemakuja ei pääse syntymään. Infuusio sopii ESL- tuotteille paremmin kuin injektio. (SPX FLOW 2017)

Erilaisia ESL- laitteistoja etsiessä vastaan tulee usein valmiit UHT- laitteistot jotka soveltuvat myös ESL- ajoon, tai mahdollisuus koota laitteisto valmistajan eri osista. Suurille meijereille ESL- ja UHT- laitteistoja valmistavia yrityksiä ovat SPX FLOW, GEA ja Tetrapak. GEA:lla on ainoastaan valmiita UHT- laitteistoja, mutta niissä ei käytetä infuusiota. Tetrapakilla ei myöskään ole valmiita ESL- laitteistoja, mutta se tarjoaa erilaisia laitteita, mistä ESL- laitteisto voidaan rakentaa. Tetrapakin muutama UHT- laitteisto soveltuu myös ESL-tuotteille. SPX FLOW:n Infusion ESL Plant- laitteisto on spesifioitu juuri ESL- tuotteille, mutta myös SPX FLOW:n UHT- laitteistot soveltuvat ESL-ajoon. (SPX FLOW 2017; Tetra Pak n.d.)

Taulukossa 1. vertaillaan kolmea ESL- tuotteiden valmistukseen soveltuva valmistalaitteistoa. SPX FLOW Infusion Pure-Lac ja Tetrapak Tetra Therm Aseptic VTIS laitteistot on tarkoitettu UHT- tuotantoon, mutta lämpötiloja ja kestoja voidaan muuttaa ESL- tuotantoon sopiviksi. Tetra Therm Aseptic VTIS käyttää injektiota, josta johtuu suurempi tuotevalikoima. Tetrapak kuitenkin tarjoaa mahdollisuutta vaihtaa infuusioon, jolloin keittoja ja kastikkeita ei voida enää valmistaa. Kaikilla vertailtavilla laitteistoilla on melkein sama kapasiteetti. Infusion Pure-Lac on hieman kahta muuta pienempi, mutta vakiointitankkien ja pakkauskoneiden takia meijereille riittää yleensä kapasiteetiksi alle 20 000 l/h. (SPX FLOW 2017; Tetra Pak n.d.)

Taulukko 1 Erileisteten laitteistojen standardiarvojen vertailu (SPX FLOW 2017; Tetra Pak n.d.)

	SPX FLOW (infusion ESL Plant)	SPX FLOW (Infusion Pure-Lac™)	Tetrapak (Tetra Therm® Aseptic VTIS)
Kapasiteetti (l/h)	2000 – 30 000	2000 – 26 000	2000 – 30 000
Kesto (s)	0,5	0,5	4
Lämpötila (°C)	129,0	135,0	140
Tuotteet	Maito ja maitojuomat, Kerma, jäätelömassa	Maito ja maitojuomat, Kerma, jäätelömassa	Maito, kerma, ESL- tuotteet, soijamaito, jäätelömassa, kasvirasvat ja sileät keitot ja kastikkeet

2.4 Vaaditut määräykset ESL- tuotteille

Maito sisältää luontaisesti paljon tärkeitä ravintoaineita kuten C-, B2- ja B12-vitamiineja, kalsiumia, jodia ja fosforia. ESL- maitoon lisätään D-vitamiinia edesauttamaan kalsiumin imeytymistä. ESL- tuotteille on määriteltäviä tietyt säilyvyys-, lämpökäsittely- ja pakkausrajat. ESL- tuotteet vaativat kylmäsäilytyksen, joten prosessi on tarkka maidon lypsystä kaupan hyllyyn. ESL- tuotteiden vakiointiin voidaan käyttää kermaa, raakamaitoa ja kurria, eli rasvatonta maitoa. (Arla Oy n.d.)

2.4.1 Säilyvyys

ESL- käsitelty maito tulee säilyttää kylmässä. Säilytyslämpötilan ollessa +3 °C, on ESL- käsitellyn maidon säilyvyys jopa 50 päivää. Lämpötilan ollessa +7 °C, on tuotteen säilyvyys enää 25 päivää. Mitä korkeampi säilytyslämpötila on, sitä lyhyempi tuotteen hyllyajasta tulee. Kaupoissa kylmäsäilytystuotteita tulee säilyttää +2 - +6 °C lämpötilassa. ESL- maitojen parasta ennen aika asetetaan usein 21 – 35 päivää tuotteen valmistuksesta, jotta tuotteen mikrobiologinen turvallisuus ja laatu on taattu. (Deeth 2017; Rankin 2002)

ESL- maitoihin käytettävän raaka-maidon (käsittelemätön maito) on oltava puhdasta mikrobiologisesti sekä kemiallisesti. Raaka-maidon huono laatu, kuten liian korkea säilytyslämpö tai aika, vaikuttavat negatiivisesti valmiin tuotteen makuun ja säilyvyyteen. Säilyvyyden maksimoimiseksi ESL- käsittely tulee suorittaa normaalien aseptisten työskentely menetelmien lisäksi steriilisti. Suomessa maidot pakataan muovilla vuorattuihin kartonkitölkkeihin, jotka pakkaus kone taittelee muotoon, käsittelee

vetyperoksidilla, UV-valolla ja hepasuodatetulla ilmalla. Ulkomailla maidot pakataan usein muovisiin pulloihin. Kartonkitölkkeihin pakkaaminen suojaa tuotetta valolta, jolloin tuotteen aistinvarainen laatu ei pääse heikkenemään. (Schmidt, Kaufmann, Kulozik, Scherer & Wenning 2012; Aho, Hilden 2007)

2.4.2 Elintarvikelainsäädäntö

Elintarvikelain määräyksen mukaan jokaisella elintarvikealan toimijalla on oltava järjestelmä oman toimialan vaarojen tunnistamiseen ja hallintaan. Järjestelmä tulee käydä selväksi omavalvonnassa. (Finlex 2019/1397). Yleisin käytössä oleva järjestelmä on HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points), jonka avulla tunnistetaan, arvioidaan ja hallitaan elintarviketurvallisuuden kannalta kriittisiä pisteitä (Ruokavirasto 2019). ESL-tuotteissa kriittiset pisteet liittyvät tarpeeksi kuumaan lämpötilaan sekä jäähdytykseen.

Euroopan parlamentin asetuksen mukaan suomalaisista ja ruotsalaisista eläinperäisistä pastöroitavista tuotteista ei tarvitse ottaa salmonellanäytettä. Kuitenkin monissa meijereissä raaka-maidosta otetaan salmonellanäyte tuoteturvallisuuden takaamiseksi, ja se on osana meijerin omavalvontasuunnitelmaa. Maitotiloilta on otettava salmonellanäyte naudan ulosteesta vähintään kerran vuodessa. Uusilta tiloilta tulee ottaa näyte ennen ensimmäisen raakamaitoerän toimittamista. (Laying down specific hygiene rules for food of animal origin 2004/853; Ruokavirasto 2020.)

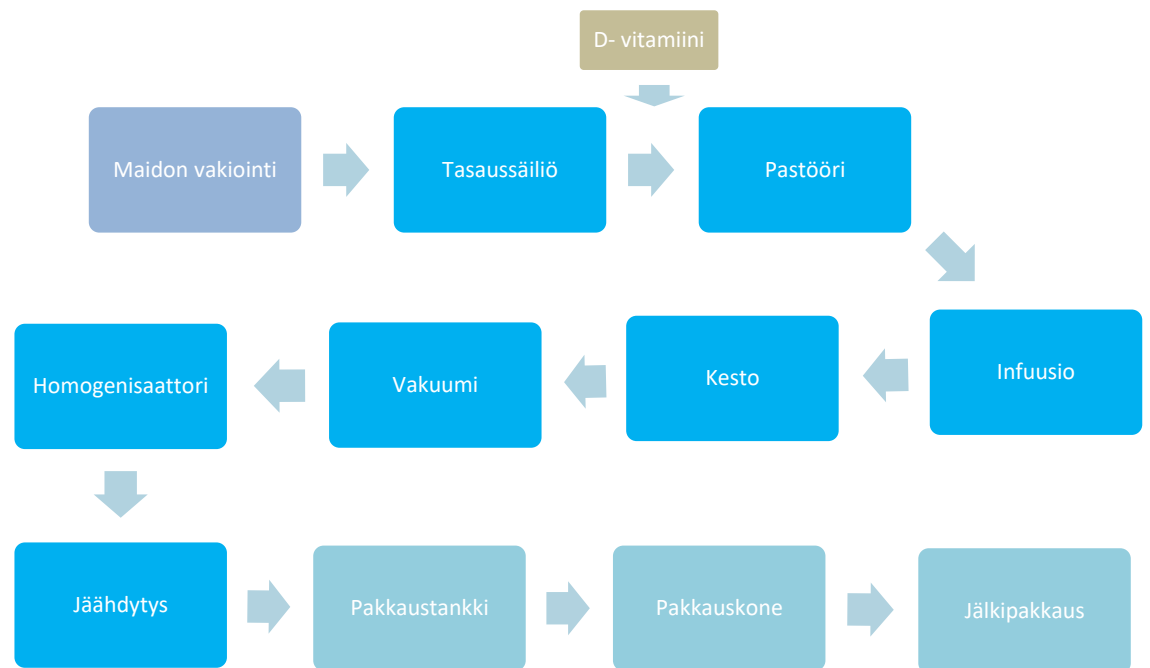
Suomalaiset saavat pimeiden talvien takia liian vähän D-vitamiinia aurin-gosta. Siksi maa- ja metsätalousministeriön asettaman elintarvikelain mukaan rasvattomaan maitoon on lisättävä vähintään 1µg/100 ml D-vitamiinia, jos se homogenisoidaan. D- vitamiinia lisätään yleensä myös kaikkiin muihinkin homogenisoitaviin maitoihin, sillä se edistää maidosta saatavan kalsiumin imeytymistä. D- vitamiini vaikuttaa myös lihasten ja immuunijärjestelmän toimintaan. (Maa- ja metsätalousministeriön asetus rasvattoman homogenoidun maidon D-vitamiinoinnista 2016/754.)

3 PROSESSIN KUVAUS

Prosessi koostuu vakioinnista, lämpökäsittelystä ja pakkauksesta. Kuvassa 4 on kuvattu yksinkertainen prosessikaavio maitojen valmistuksesta ESL-laitteella. Prosessin sujumiseen vaikuttaa monta eri tekijää, kuten maidon ja kurrin saatavuus, sekä laitteiden toimivuus. Osana lämpökäsittelyä on esilämmitys, infuusio, vakuumi, homogenisaattori, sekä lopullinen jäähdytys. Jäähdytykseen laitteisto käyttää jääveden lisäksi glykolia. Esijäähdytys tapahtuu normaalilla vesijohtovedellä, eli tornivedellä. Vakuumin yhteydessä on esijäähdytys, johon käytetään tornivettä. Homogenisointia

ei tehdä kerмоille, sillä se estää rasvan erottumista pilkkomalla rasvaa ja stabiloimalla tuotetta (Wilbey 2002, 1347). Kermit kulkevat homogenisattorin läpi ilman paineiden nostamista.

ESL- laitteiston kapasiteetti maidoille on 14000 l/h ja kerмоille 10000 l/h. Jos laitetta ei koplata, eli vaihdeta tuoteputkien reittiä kerмоille, on niiden kapasiteetti 7000 l/h. Valittu sterilointilämpötila on 129,0 °C astetta ja kesto 0,5 sekuntia. ESL- osasto toimii keskeytymättömässä kolmivuo-rossa. Jälkipakkauksesta puuttuu lauantain ja sunnuntain välinen yövuoro, joten ajot keskeytyvät lauantai-iltana yleensä vähintään 12 tunnin ajaksi. (SPX FLOW Direct infusion and injection plant, type SDH/SDI operation manual)



Kuva 4 ESL- prosessikaavio maidoille

3.1 Vakiointi

Maitojen vakiointi tapahtuu kahteen 10 000 litran säiliöön. Säiliöt on vähintään huuhdeltava jokaisen tuotevaihdon jälkeen. Maitojen vakiointiin käytetään kurria (rasvatonta maitoa) ja kermaa. Maitojuomien vakioinnissa siilosta vakioidaan valmis maitojuoma, joka on suodatettu vähintään kuusi tuntia ja enintään 48 tuntia aikaisemmin. Vakioidusta tuotteesta analysoidaan rasva, proteiini, kuiva-aine ja laktoosi, sekä maitojuomista otetaan steriilinäyte mikrobiologisia analyysejä varten.

3.2 ESL- laitteisto

Ennen tuotannon aloitusta puhdas laitteisto on steriloitava. Sterilointi tapahtuu automaation avulla, mutta haluttu keston aika ja infuusion lämpötila pitää valita ennen sterilointia. Steriloinnin jälkeen infuusion lämpötilan on pysyttävä vähintään yli 126,0 °C asteessa tavoitelämpötilan ollessa 129,0 °C astetta. Jos lämpötila laskee alle 126,0 °C asteen, laitteisto menettää steriiliyden, ja tuotanto loppuu heti. Tuotannon aikana lämpötila saattaa laskea, jolloin on otettava välipesu.



Kuva 5 Vakuumikammio (Larke 2020)

Vakioitu maito ajetaan ensin ESL- laitteiston tasaussäiliöön. Tasaussäiliö takaa tasaisemman tuotevirtauksen. D-vitamiinin lisäys maitoihin tapahtuu heti ajon alussa ennen lämpökäsittelyä. Esilämmitys ja jäähditys tapahtuvat putki- ja levylämmönvaihtimilla. Esilämmityksestä tuote menee infuusiokammioon, jossa se saavuttaa halutun lämpötilan 0,5 sekunnissa.

Tuote menee infuusiokammioon suuttimen kautta, joka suihkuttaa tuotteen kammion keskelle sylinterin muodossa. Höyry tulee kammion keskelle hitaasti sivuilta, kuten aiemmin kuvassa 1 nähdään. sekoittuen tuotteeseen ilman, että tuote koskee kammion sivuille. Infuusiokammiossa on noin 2,5 bar paine. Infuusiokammion jälkeen tuote ohjataan kestoputkeen. Keston pituus ESL tuotteille 129,0 °C asteessa on 0,5 sekuntia. Keston jälkeen tuote menee suoraan kuvassa 5 nähtävään vakuumiin, jossa infuusiokammiossa tuotteeseen sekoittunut höyry erottuu tuotteesta alipaineen avulla. Alipaineessa tuote rupeaa kiehumaan voimakkaasti, jolloin höyry erottuu tuotteesta. Nopea veden haihtuminen vaatii energiaa jonka se ottaa ympäröivästä tuotteesta, joka siten jäähtyy. Kondensoitunut höyry poistuu kammioista vakuumpumpun kautta levylämmönvaihtimiin. Tuote on vakuumista poistuessaan noin 73 °C asteista. Vielä lämmin tuote homogenisoidaan 130/30 baarin paineessa. Homogenisoitu tuote jäähdytetään lopulta glykoli-järjestelmän ja jääveden avulla 3 °C asteiseksi.

Laktoosittomien 15% kermojen ajossa tuotteeseen lisätään vielä lopussa entsyymiä Varidos- laitteiston kautta. Varidos valmistellaan juuri ennen kerman tuotannon aloitusta. Entsyymi lisätään Varidokseen steriilissä pussissa, joka kiinnitetään Varidokseen ontton neulan kautta. Ennen tuotantoa neula steriloidaan. Steriloinnissa menee noin viisi minuuttia, jonka jälkeen Varidos on valmis tuotantoon. Kuvassa 6 nähdään oikealla puolella Varidoksen ohjauspaneeli, josta sterilointi saadaan päälle. Entsyymi lisätään vasemmalla puolella olevasta kaapista.



Kuva 6 Varidos (Larke 2020)

Laitteisto täytyy pestä viimeistään 24 tuntia sen jälkeen kun tuotanto on alkanut. Laitteiston pesu tapahtuu CIP (Cleaning In Place)- pesuna, eli täysin automatisoidusti. CIP- pesua varten on laitteisto ajettava alas, eli poistettava steriilisyys. Pesu kestää noin 1,5 tuntia. Steriili laitteisto voidaan pestä ajojen välissä ACIP (Aseptic Clean In Place)- pesulla. Tuotannossa putkistoon kertyy tuotetta, jonka vuoksi steriililämpötila laskee. ACIP- pesulla kertymät saadaan poistettua, jolloin lämpötila nousee taas tavoitteeseen. ACIP- pesu on automatisoitu pesu, mutta kestää vain 40 minuuttia. Se on tehtävä yleensä muutaman kerran tuotannon aikana, riippuen tuotevaihtojen määrästä, tuotetuista määristä ja seisokeista.

3.3 Pakkaus

Lämpökäsitelty tuote ajetaan steriiliin pakkaustankkiin. Myös pakkauskoone tulee olla steriloitu ennen ajon alkua. Pakkaustankkien koko on 12 000 litraa, mutta tankkiin ajetaan maksimissaan 11 500 litraa, jotta tuote ei tule yli steriilistä tankista. Pakkaustankkeja on kaksi, mutta yhdelle pakkauskooneelle voidaan ajaa kerrallaan vain yhdestä tankista putkiliitosten

vuoksi. Maito tulee pakkauskoneelle 3 °C asteen lämpöisenä. Pakattu tuote siirtyy kuljettimia pitkin kylmätilassa tehtävään jälkipakkaukseen.

4 KÄYTETYT MENETELMÄT JA LAITTEISTOT

Työssä käytetyn laitteiston on valmistanut Yhdysvaltalainen yritys SPX FLOW. Arlalle asennetulle laitteistolle on määrätty valmistajan toimesta kapasiteetiksi 14 000 l/h. Valmistajan määräämä kapasiteetti tarkoittaa sitä nopeutta, jolla tuote virtaa laitteiston läpi. Laitteiston päiväkohtainen teoreettinen kapasiteetti lasketaan tuntimäärän avulla huomioiden kuitenkin tuotevaihdot ja pesutauot. Todellista kapasiteettia laskiessa valmistajan määräämä kapasiteetti ei muutu, mutta siinä huomioidaan tuotevaihtojen ja pesujen lisäksi laitteistoon vaikuttaneet ongelmat. Todellinen kapasiteetti lasketaan päivittäisten ajoraporttien perusteella toteutuneista ajomääristä. Ajoraportteihin kirjataan tuotetut määrät ja ajojen kestot.



Kuva 7 Infusion ESL Plant

Laitteen valmistajan SPX FLOW:n mukaan ESL- laitteisto tarvitsee kerran vuodessa kattavan vuosihuollon. Vuosihuolto kestää arviolta noin viisi päivää. Vuosihuollon voi suorittaa meijerin oma laitoshuolto. Vuosihuoltoa ei huomioida tässä työssä lasketussa kapasiteetissä, sillä tavoitteena on saada tietää päiväkohtainen kapasiteetti. Kermalle ei lasketa erikseen kapasiteettiä, sillä kermaa tuotetaan yhtenä, tarvittaessa kahtena päivä-

nä viikossa. Kermapäivinä tehdään myös maitoa, joten hitaammat kerman ajot tulee huomioida laskuissa.

4.1 Teoreettinen kapasiteetti

Teoreettista kapasiteettia laskiessa tulee huomioida pesutauko, sekä mahdolliset tuotevaihdot ja kermojen ajot. ESL- laitteisto tulee pestä 24 tunnin välein. Jos pesutauon jälkeen ei tule heti tuotantoa, 24 tuntia alkaa ensimmäisestä tuoteajosta. Pesutaukoon sisältyy ESL- laitteiston, pakkaustankin ja pakkauskoneen pesut ja steriloinnit. Keskimäärin pesutaukoon menee neljä tuntia. Tässä työssä käytetty pesutauon pituus päivässä on kaksi tuntia, jolloin tuotantoa jää 22 tuntia.

Jos kermoja ei lasketa, ESL- tuotteita on yhteensä viisi. Viisi tuotetta tarkoittaa neljä tuotevaihtoa päivässä. Vaikka kaikkia tuotteita ei valmistetaisi joka päivä, saatetaan jotain maitojuomia valmistaa kaksi kertaa päivässä pitkien hydrolyysiaikojen takia.

Teoreettinen kapasiteetti huomioiden pesut ja tuotevaihdot (kaava 1):

$$(24 h - 2 h - 2 h) \times 14000 \frac{l}{h} = 280000 l \quad (1)$$

Kermaa valmistetaan yleensä kahta lajia päivässä yhteensä noin 8000 litraa. Määrä vaihtelee joka kerralla tilausten mukaan, ollen yleensä vähintään 6000 ja enintään 9000 litraa. Kermat ajetaan maitojen kanssa lomitain, joten laitteiston kapasiteetti on kermojen ajossa 7000 l/h.

Ensin on laskettava kerman ajojen kesto (kaava 2):

$$\frac{8000 l}{7000 \frac{l}{h}} = 1,14 h \quad (2)$$

Kerman ajojen keston ei huomioida tuotevaihtoa, vaan teoreettiseen kapasiteettiin lisätään yksi tuotevaihto lisää kermapäiville.

Teoreettinen kapasiteetti huomioiden pesut, tuotevaihdot ja kerman ajot (kaava 3):

$$\left((24 h - 2 h - 2,5 h - 1,4 h) \times 14000 \frac{l}{h} \right) + 8000 l = 272040 l \quad (3)$$

Päivässä pitäisi teoreettisesti saada valmistettua 280 000 litraa maitoa, tai 264 040 (272040-8000) litraa maitoa ja 8000 litraa kermää. Maitotilaukset ovat yleensä 100 000 – 180 000 litraa päivässä, joten laitteiston pitäisi yltää tilattuihin määriin helposti.

4.2 Todellinen kapasiteetti

Todellista kapasiteettia varten laskettiin aikaisempien ajoraporttien määrien avulla keskiarvo. Määrät laskettiin 1.3.2020 – 31.3.2020, eli samalta ajalta jolloin tehtiin liitteestä 1 löytyvää ongelmaraporttia. Jokaisen pesutauon välillä otettiin käyttöön uusi ajoraportti. Kuukauden aikana ajoraportteja tuli 22. Kuukauden 31 päivästä vain yhtenä päivänä ei ajettu mitään. Todellinen kapasiteetti laskettuna keskiarvolla on 104 411 litraa tuotetta päivässä. Tulosten mediaani, eli suuruusjärjestykseen laitettujen tulosten keskimäinen arvo oli 110 090. Muutaman päivän alle 100 000 litran tulos johtuu vajaista pakkauspäivistä. Pakkauskoneen siirtyminen toiselle osastolle, ja pakkaajan puuttuminen viikonloppuna yhdestä vuorosta vaikuttivat tuloksiin negatiivisesti. Nämä vaikutukset olivat kuitenkin tiedossa, joten suunnittelu voi ottaa ne huomioon aikaisempien päivien määrissä.

Keskiarvo saatiin laskemalla kaikkien raporttien tuotantomäärät yhteen, ja jakamalla arvo raporttien määrällä. Yksi raportti sisältää aina yhden pesuvälin tulokset. (Kaava 4):

$$\frac{2297035}{22} = 104410,68 \quad (4)$$

Mediaani saadaan laittamalla raporttikohtaiset tuotantomäärät suuruusjärjestykseen. Mediaani on suuruusjärjestyksessä keskimäisen tuloksen arvo, tai kahden keskimäisen tuloksen keskiarvo.

Tulosten hajonta oli suuri johtuen tuotannon ongelmista, sekä joidenkin päivien vähäisistä tuotantomääristä. Tuotantomäärien keskihajonnaksi saatiin 32771. Suuri keskihajonta tarkoittaa että jakauma ei ole keskittynyt.

Keskihajonta on varianssin neliöjuuri (Tilastokeskus n.d). Keskihajontaa varten pitää siis selvittää tulosten keskiarvo ja poikkeama keskiarvosta, joiden avulla saadaan varianssi. Keskihajonnalle on oma kaava, jossa x_i = tuotantomäärä, \bar{x} = keskiarvo ja n = tuotantomäärien lukumäärä (kaava 5):

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n} \quad (5)$$

Kapasiteetin laskemiseen käytettiin vain yhden kuukauden tuotantomääriä. Luotettavampaa tulosta varten olisi tutkittava monien kuukausien tuotantomääriä. Työssä lasketussa kapasiteetissa oli mukana päiviä, jolloin tuotantoa oli selvästi laitteiston kapasiteettia vähemmän. Kapasiteetti on laskettava uudestaan, jos tilaukset lisääntyvät ja tuotantomäärät nousevat huomattavasti.

Varsinaisessa ongelmaraportissa vakioinnista johtuvia ongelmia on esiintynyt yli viiden tunnin edestä, kuten yhteenvedossa taulukossa 4 nähdään. Rinnakkaiskartoituksessa taulukossa 5 vakioinnista johtuvia ongelmia oli vain alle tunti. Raportin tarkoista tuloksista selvisi vakiointiongelmien aiheutuneen muutaman päivän aikana, jolloin voitiin olettaa ongelman aiheutuneen hetkellisistä ongelmista, johon löytyi ratkaisu suhteellisen nopeasti.

Suunnittelusta johtuva yksi pysähdys oli tulos äkillisestä suunnitelman muutoksesta. Syy siihen että ongelmia ei ilmennyt suunnitelmien muuttuessa enempää, oli jatkuva kommunikointi suunnittelun ja operaattoreiden välillä. Suunnittelu varmisti yleensä vähintään kerran vuorossa ajankohtaisen tilanteen ja operaattori voi halutessaan pyytää seuraavan päivän ajojärjestyksiin muutoksia.

Taulukko 4 Yhteenvedo ongelmaraportista

Sarake1	yht. h
Vakiointi	5,5
ESL	74,5
Pakkaus	28
Suunnittelu	1,5

Taulukko 5 Yhteenvedo rinnakkaiskartoituksesta

Sarake1	yht. h
Vakiointi	0,5
ESL	21,5
Pakkaus	13,5
Suunnittelu	0

Tulokset mitattiin yhteensä kuuden viikon jaksolta, joiden välissä pidettiin vähän yli kuukauden tauko. ESL- laitteisto ja siihen liittyvät tekijät olivat laaja aihe, eikä kuudessa viikossa esiintynyt läheskään kaikki ESL- laitteistoon vaikuttavat ongelmat. Rinnakkaiskartoituksella saatiin kuitenkin selvitettyä ongelmien toistuvuus pidemmältä aikaväliltä. Uusia ongelmia syntyi koko ajan, mutta työhön tehdyssä ongelmien kartoituksessa selvisi selkeät ongelmien aiheuttajien osa-alueet. Osa alueet olivat sterilointi, laiterikot, automaatio, kermojen tuotannossa käytettävä laktaasientsyymien annostelulaitteisto Varidos, sekä jäähdytykseen käytettävä glykolijärjestelmä. Tarkempia toimenpiteisiin johtavien tulosten saamisia varten ongelmaraporttia pitäisi täyttää pitkin vuotta. Tässä työssä tehty ongelmien kartoitus on luotettava, mutta ei päde enää puolen vuoden päästä, jos tehokkuutta on saatu parannettua ratkaisemalla esiintyneet ongelmat.

5.1 Yleisimmät pysäytyksien syyt

Tulosten perusteella huomataan selkeästi ESL- ongelmien olevan suurin pysähdysten aiheuttaja. Ongelmaraporttia tulkitsemalla ESL- ongelmat jakautuvat sterilointiongelmiin, laiterikkoihin, automaatio-ongelmiin, varidos- ongelmiin eli laitteistoon, jolla laktoosittomiin kermoihin lisätään laktaasientsyymi, sekä glykolijärjestelmän ongelmiin. Taulukkojen 6 ja 7 perusteella on pääteltävissä syy ESL- laitteiston ongelmien suureen aikaan rinnakkaistuloksia verrattaessa. Melkein kaksi päivää kestänyt laiterikko tarkoittaa joko korjauksen vaativan erityisosaamista, tai rikkoutu-neeseen osaan ei ole varaosaa. Ongelmaraportista selviää kyseessä olleen varaosan puuttumisesta. Arlan Sipoon toimipisteellä on monta eri osastoja, eikä jokaiseen laitteen osaan voi olla varaosaa heti saatavilla, vaan ne on tilattava muualta.

Varidosta, jolla laktoosittomiin kermoihin lisätään laktaasientsyymi, käytetään vain tiettyjen kermojen ajoissa, joten Varidoksen ongelmien määrät vaikuttavat ensisilmäyksellä suurilta. Varidos kuitenkin steriloidaan joka päivä, muun laitteiston mukana, joten ongelmien määrä on normaalilla tasolla, sillä se on kuitenkin käynnissä joka päivä. Automaatio- ongelmat toistuvat tasaisin väliajoin, aiheuttaen usein muutaman tunnin viiveitä. Automaatio-ongelmissa on huomioitu myös tietoliikennekatkokset ja sähkökatkoksista johtuvat ongelmat, joita molempia esiintyi ongelmien kartoitusten aikana. Myös sterilointi ongelmat saattavat johtua tietoliikennekatkoksista. Sterilointiongelmissa sterilointi jää jumiin, jolloin laitteiston pysäytys ja uudelleen käynnistys on useimmiten poistanut ongelman.

Yksi jatkuvista ongelmista oli glykolijärjestelmän ongelmat. Kun ESL- laitteistolla ei ajettu tuotetta, se meni horrokseen. Ajon lähtiessä käyntiin laitteisto vaati tiettyjä ehtoja ennen lämpökäsittelyn aloitusta. Horroksen aikana jäähtymisen lämpötilat nousivat energian säästämiseksi. Tuotannon lähtiessä käyntiin glykolin lämpötila laski usein hitaasti. Lämpötilan hidaskasvu tavoitearvoon johtui ilman kertymisestä glykolijärjestelmään. Kermojen valmistuksessa tuote voi odottaa ESL- käsittelyä vain tietyn ajan, ennen sen pilaantumista. Jos glykolin tilanne on todella huono, se ei hoidu itsestään, vaan laitoshuollon pitää ilmata glykolijärjestelmä.

Taulukko 6 Yleisimmät ESL- ongelmat

Sarake1	h	h2	h3	h4	yht
Sterilointi	4,5	1			5,5
Laiterikko	45	8	2	3	58
Automaatio	1	4	2		7
Varidos	1	0,5			1,5
Glygoli	1	0,5	1		2,5

Taulukko 7 Yleisimmät ESL- ongelmat rinnakkaiskartoituksessa

Sarake1	h	h2	h3	yht
Sterilointi	9			9
Laiterikko	0,5	0,5		1
Automaatio	1	3		4
Varidos				0
Glygoli	0,5	0,5	6,5	7,5

5.2 Ratkaisut

Suurin ESL- ongelma oli laiterikot ja toistuvien ongelma oli glykolin ilmaus. Myös sterilointi ja automaatio-ongelmat aiheuttivat jonkin verran pysähdyksiä tuotantoon. Automaatiosta johtuvien ongelmien odotetaan korjaantuvan syksyllä tehtävässä automaatiopäivityksessä. Sterilointiongelmiin odotetaan myös korjaantuvan osittain automaatiopäivityksen mukana. Sterilointiongelmiin vaikuttivat myös vuotavat lauhdelinjat, joita korjattiin muutama viikko rinnakkaiskartoituksen jälkeen. ESL- laitteiston steriloinnin jumittuessa lämpötila ei nouse yli 120 °C asteen, eikä laitteiston tietokonepäänteen infokentässä lue mitään. Tällöin tulee laitteisto pysäyttää ja käynnistää hetken päästä uudelleen. Ongelman korjaamiseen ei ole tehty virallista ohjetta, mutta prosessioperaattoreiden omassa vihkossa se on ylhäällä. Vihkossa on myös paljon muuta tietoa, jolloin tietoa ongelmien syistä ja ratkaisuja voi olla vaikea löytää. Ongelmaraportista oli helppo löytää tieto, ja siinä tieto oli merkitty tarkkaan. Vihkoon päätyi usein vähän katkonaista tietoa, sillä ongelmaa käytiin läpi suullisesti vuoronvaihdossa. Erilaisten ESL- laitteiston ongelmien ratkaisua voisi nopeuttaa kirjaamalla ongelmat, niiden ratkaisut ja päivämäärät erilliseen vihkoon, josta ne on jatkossa helpommin löydettävissä.

Laiterikot ovat laaja ongelmakäsite. Jos tuotetta vuotaa lämpökäsittelyn jälkeisestä kohdasta, täytyy ajot lopettaa heti tuoteturvallisuuden takamiseksi. Suurin osa laiterikoista oli vain vuotava putkiliitos tai pumppu, jonka korjaus onnistui päivän ajojen loputtua. Laitteen isojen osien, kuten moottoreiden mennessä rikki, ne on tilattava muualta mahdollisimman nopeasti. Isompia laitteen osia ei kannata säilyttää meijerissä, ellei osan vaihtoa tarvita kuukausittain tai vuosittain.

5.2.1 Glykolijärjestelmän ongelmien ratkaisu

Glykolijärjestelmästä johtuneet ongelmat olivat olleet jo kauan tiedossa. Järjestelmässä ei ole riittävää ilmanpoistoa, jolloin järjestelmään kertyy painetta ja ilmataskuja. Liika paine pysäyttää järjestelmän pumput, eikä glykolia enää virtaa. Järjestelmässä on automaattinen ilmaussysteemi ja muutama ilmakello, mutta automaattinen systeemi ei toimi kunnolla. Ratkaisu ongelmaan on poistaa painetta ja ilmaa palauttamalla järjestel-

mästä glykolia tynnyriin, josta järjestelmä tarvittaessa täyttää itseään. Lopuksi pitää vielä suorittaa ilmaus manuaalisesti. Ongelma saattaa myös yksinkertaisesti johtua glykolin loppumisesta, jolloin sitä on manuaalisesti lisättävä tynnyriin, josta järjestelmä täyttää itsensä automaattisesti. Molemmat ongelmat vaativat laitoshuollon osallistumista, sillä operaattoreilla ei ole pääsyä glykolijärjestelmän luokse. Operaattori joutuu etsimään osaavan laitoshenkilön paikalle suorittamaan ilmauksen. Glykolijärjestelmän toiminta on opetettu vain muutamalle henkilölle laitoshuollossa.

Glykoliongelman lopullinen ratkaisu on saada automaattinen ilmaussysteemi toimimaan. Väliaikaisena ratkaisuna on suorittaa ilmaus säännöllisesti. Aluksi ilmaus tulisi suorittaa kerran viikossa, ennen kermojen ajoa. Jotta ilmaus onnistuu jokaiselta laitoshenkilöltä, on siihen tehtävä yksinkertainen ohje (liite 3.), jonka avulla ilmaus on jatkossa helppo suorittaa.

Arlan asiantuntijoiden avulla tein ohjeen glykolin ilmaukseen. Ohjeen testasi vuorossa ollut laitoshenkilö, joka ei ollut tehnyt ilmausta aikaisemmin. Ennen ohjeen testausta, oli glykolin lämpötilan hidas laskeminen tavoitearvoon aiheuttanut pieniä viivästyksiä jo muutaman päivän ajan. Laitoshenkilön mukaan ohjeen avulla ilmaus oli helppo suorittaa. Ilmauksen jälkeen glykolin lämpötila ei aiheuttanut viivästyksiä tuotantoon.

6 YHTEENVETO

Arlan uuden ESL-laitteiston SPX FLOW infusion ESL Plant todellinen kapasiteetti on 104 411 l/päivä. Todellisella kapasiteetilla tarkoitetaan toteutunutta kapasiteettiä, eikä parasta mahdollista kapasiteettiä. Teoreettinen kapasiteetti on hieman yli 270 000 l/päivä. Kapasiteettiin vaikuttaa pakkauksen tasaisesti toistuvat lyhyet häiriöt, sekä ESL-laitteiston isomat ongelmat. Laitteisto on ollut täyspäiväisessä käytössä vasta syksystä 2019 saakka, joten uusia ongelmia tulee esiin vielä jatkuvasti. Ongelmat koostuivat lähinnä ESL-laitteen automaatiohäiriöistä ja laiterikoista.

Suurin ESL-ongelma oli glykolijärjestelmässä. Glykolijärjestelmän automaattiseksi suunniteltu ilmaus ei toiminut, jonka vuoksi järjestelmään kertyi ilmaa ja painetta. Paineen ja ilman saa poistettua melko yksinkertaisesti manuaalisesti ilmaamalla järjestelmän. Glykolijärjestelmän ilmaus kuuluu laitoshuollolle, mutta vain muutama laitoshenkilö osasi sen tehdä. Osaamisen puute ratkeaa helposti tekemällä yleinen ohje glykolijärjestelmän ilmauksesta. Glykoliongelmat toistuvat usein, joten järjestelmän ilmaus tulee suorittaa säännöllisesti.

Ongelmista huolimatta todellinen kapasiteetti on Arlan tuotantomäärille riittävä. Ajoraporteissa osassa tuotantoa oli vain noin 15 tuntia käytössä olevan 24 tunnin sijaan. Vajaat tuotantopäivät vaikuttivat kapasiteettiin

mahdollisesti hyvin paljon. Todellisen kapasiteetin ei ole tarkoitus asettaa päiväkohtaista tuotantorajaa, vaan sen avulla voidaan arvioida tulevien tuotantomäärien toteutumisia ja jakaa viikon tuotannot järkevästi.

Ongelmien kartoituksessa erottui selkeästi raportoinnin tärkeys. Ongelmaraporttiin kirjattiin tarkat syyt ongelman johtumisesta ja ratkaisusta. Toistuvissa ongelmissa ratkaisu oli helppo löytää ongelmaraportista, jolloin vaaditut toimenpiteet oli mahdollista aloittaa heti. Ongelmien yksityiskohtainen ja selkeä kirjaus nopeuttaa ESL- laitteistosta johtuvien ongelmien ratkaisua.

LÄHTEET

Aho, J. & Hilden, T. (2007). *Maidon matkassa*. [Helsinki]: Opetushallitus.

Arla Oy (n.d). Monipuolinen maito. Haettu 3.7.2020 osoitteesta <https://www.arla.fi/yrittys/hyvinvointi/monipuolinen-maito/>

Bylund, G. (2003). *Dairy processing handbook* (2nd rev. ed.). Lund: Tetra Pak Processing Systems

Deeth, H. (2017). Optimum Thermal Processing for Extended Shelf-Life (ESL) Milk. *Foods*, 6(11), p. 102. doi:10.3390/foods6110102

Elintarvikelaki 13.1.2006/23. Haettu 23.6.2020 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2006/20060023#L3P19>

Laying down specific hygiene rules for food of animal origin 2004/853. Haettu 16.6.2020 osoitteesta <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02004R0853-20141117>

Gea (2020). Products. Haettu 25.6.2020 osoitteesta <https://www.gea.com/en/products/liquid-processing/thermal-treatment/index.jsp?i=dairy-processing>

Maa- ja metsätalousministeriön asetus rasvattoman homogenoidun maidon D-vitamiinoinnista 2016/754. Haettu 29.6.2020 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20160754>

Milkworks (n.d). Maito meijerissä. Haettu 8.6.2020 osoitteesta <https://www.milkworks.fi/maito-meijerissa/>

Rankin, S.A. (2002). Super-Pasteurized Milk. H. Roginski (toim.) *Encyclopedia of dairy sciences*. United States: Academic Press, 1633 – 1637.

Ruokavirasto (2020) Eläintautien valvonta- ja seurantaohjelmat 2020. Haettu 3.7.2020 osoitteesta https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjy1sCv7b3qAhVkkIsKHaImC4wQFjAGegQICBAB&url=https%3A%2F%2Fwww.ruokavirasto.fi%2Fglobalassets%2Fviljelijat%2Felaintenpi-to%2Felainten-terveys-ja-elintau-dit%2Felaintautien_seurantasuunnitelma_2020.pdf&usg=AOvVaw1KiyZCNjYt8LYZGNiB3CMp

Ruokavirasto (2019). HACCP. Haettu 23.6.2020 osoitteesta <https://www.ruokavirasto.fi/yriytykset/elintarvikeala/elintarvikealan-yhteiset-vaatimukset/omavalvonta/omavalvonnan-periaatteet/haccp/>

Schmidt, V. S., Kaufmann, V., Kulozik, U., Scherer, S. & Wenning, M. (2012). Microbial biodiversity, quality and shelf life of microfiltered and pasteurized extended shelf life (ESL) milk from Germany, Austria and Switzerland. *International Journal of Food Microbiology*, 154(1-2), pp. 1-9. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2011.12.002

SPX FLOW (2019). Direct infusion and injection plant, type SDH/SDI operation manual.

SPXFLOW (2017). Thermal Processing Technology. Haettu 25.6.2020 osoitteesta https://www.spxflow.com/assets/pdf/APV_Thermal_Processing_Technology_6751_03_01_2017_GB.pdf

Tetra pak® (n.d). Tetra Therm® Aseptic VTIS. Haettu 25.6.2020 osoitteesta <https://www.tetrapak.com/processing/uht-treatment/tetra-therm-aseptic-vtis>

Tetrapak (n.d) Kuva 2. levylämmönvaihdin. https://assets.tetrapak.com/static/pxp/processingequipmentsbenefits/tetra_plex_benefits.png

Tilastokeskus (n.d). Keskihajonta. Haettu 11.7.2020 osoitteesta <https://www.stat.fi/meta/kas/keskihajonta.html>

Walstra, P., Wouters, J. & Geurts, T. (2006). *Dairy science and technology*. Haettu 21.5.2020 osoitteesta <https://ebookcentral-proquest-com.ezproxy.hamk.fi/lib/hamk-ebooks/reader.action?docID=263085>

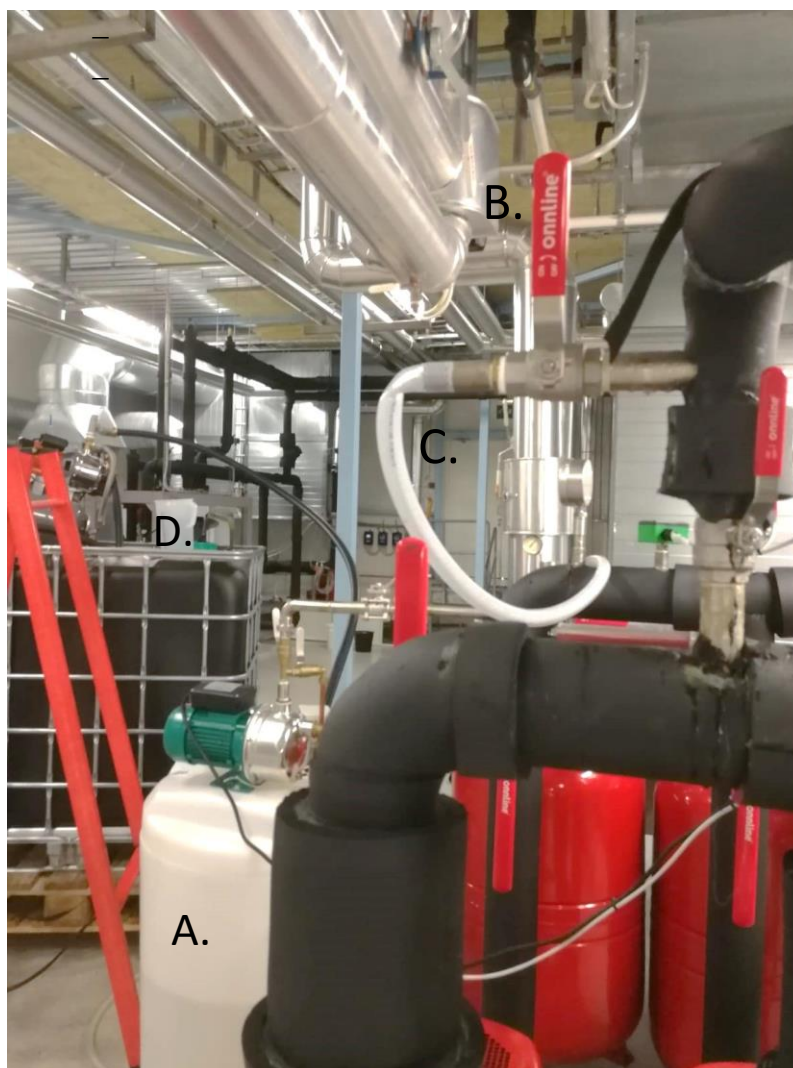
Wilbey, R.A. (2002) Homogenization of milk. H. Roginski (toim.) *Encyclopedia of dairy sciences*. United States: Academic Press, 1346-1349.

Glykolijärjestelmän ilmaus – ohje

ESL – LAITTEISTON GLYKOLIJÄRJESTELMÄN ILMAUS

Vaihe 1. sähkökeskus vanhan esl:n takana

- Tarkista ensin glykolin määrä tynnyristä A.
- Jos tynnyri A on tyhjä, saattaa glykolijärjestelmässä olla ilmatasku, tai liikaa painetta. Peruspaineen mittarissa 67LS22-PE03 pitää olla 1,1-1,4 bar.
- Paineen ollessa hyvä, täytä tynnyri A säiliöstä D, laittamalla säiliön päällä oleva pumppu päälle. Järjestelmä täyttyy tarvittaessa automaattisesti tynnyristä A.
- Älä täytä tynnyriä A liian täyteen. Noin $\frac{3}{4}$ riittää.
- Liika paine/ilmatasku saadaan poistettua palauttamalla tynnyriin glykolia järjestelmästä. Avaa hanaa B varovasti ja tue samalla letkua C, jotta letku pysyy paikallaan.



Vaihe 2. sähkökeskus separaattorin takana

- Tarkista paine mittarista 1. Ilmausta ei tarvitse tehdä jos paine on 2 baaria.
- Käännä kahva 2. oikealle, kunnes mittarin 1. paine nousee 2 baariin. Kahva kääntyy painamalla kahvan mustaa osaa.

