

Opinnäytetyö (AMK)

Bio- ja elintarviketekniikka

Elintarviketekniikka

2010

Aleksi Kaapola

LAIMENNETUN EMÄSPESULIUOKSEN CIP- PUHDISTUSTEHON TESTAUS



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Bio- ja elintarviketekniikka | Elintarviketekniikka

valmistumispäivä | Sivumäärä 42

Ohjaajat Tommi Laaksonen, Lehtori, Olli Kaartinen, Tuotantopäällikkö

Alexi Kaapola

Laimennetun emäspesuliuoksen CIP-puhdistustehon testaus

CIP:llä (Cleaning In Place) eli kiertopesulla tarkoitetaan suljettujen tuotantolaitteiden pesua niitä avaamatta. Pesut suoritetaan niin, että kaikissa osissa, joissa tuote kulkee, kierrätetään vesi ja pesuliokset. CIP on useimmiten automatisoitu prosessi, jota ohjataan joko pesukeskuksesta, pestävän laitteen ohjauspaneelista tai erillisestä tietokoneesta.

CIP:n periaatteena on yhdistää pesuaineiden kemiallisen aktiivisuuden ja lian poistamiseen tarvittavan virtauksen mekaanisen vaikutuksen edut. Oikea vaikutusaika, lämpötila, pesuliuoksen kemiallinen energia ja virtauksen muodostama mekaaninen energia yhdessä muodostavat puhdistusvaikutuksen.

Scanegg Suomi Oy on kananmunavalmisteyritys. Tehtaan pastörinti- ja pakkauslinjastot pestään käyttäen kiertopesua. Työn tarkoituksena oli laskea emäspesuaineen pitoisuutta ja tutkia päästäisiinkö yhtä hyvään tai hyväksyttävään hygieniatasoon kuin alkuperäisellä pesulla päästään. Lisäksi selvitettiin laskisiko emäspesuaineen laimennus liian korkeaa jäteveden pH:ta.

Työ koostui kahdesta kahden viikon mittaisesta testijaksosta, joiden aikana oli käytössä laimeampi emäspesuliuos. Pesutulosta seurattiin munamassatuotteista päivittäin otetuilla bakteerinäytteillä. Lisäksi seurattiin pesun aikaista virtausnopeutta, jonka oli noustava 8000 l/h, jotta voitiin olla varmoja putkipastörin puhtaudesta.

Tuloksista huomattiin, että tuotteiden bakteeritaso pysyi asiakkaille luvattujen rajojen alapuolella. Ensimmäisellä testiviikolla pumpun tyhjäkäynti aiheutti nousua bakteerimäärissä. Munamassassa oli ilmakuplia eikä sen takia pastöroitunut kunnolla. Toisella testijaksolla bakteerimäärät olivat alhaisia, eikä havaittavissa ollut mitään ongelmia. Laimennettu pesuliuos ei vaikuttanut ratkaisevasti jäteveden pH:n. Se pysyi noin pH-arvossa 11 koko testijakson ajan.

ASIASANAT:

kiertopesu, CIP, bakteeri

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Biotechnology and Food Technology | Food Technology

Date | Total number of pages 42

Instructors Tommi Laaksonen, Senior Lecturer, Olli Kaarttinen, Production Manager

Aleksi Kaapola

CIP effectiveness of diluted alkali washing fluid

CIP (Cleaning In Place) is a cleaning method where closed production equipment is cleaned without disassembly. During washing the water and cleaning solutions are recycled through all parts where products flow. CIP is often an automated process which is controlled from either a cleaning center or a control panel or through a separate computer.

The principle of CIP is to combine the chemical activity of the cleaning solution with the benefits of the dirt-removing mechanical flow. The cleaning effect is formed by the combination of the right cleaning duration, and temperature, the chemical activity of the cleaning solution and the mechanical energy formed by the flow.

Scanegg Suomi Oy is a manufacturer of egg products. The pasteurizing lines and the packaging lines of the factory are cleaned by means of CIP. The aim of the study was to lower the concentration of the alkali washing fluid and examine if the hygiene level is as good or acceptable as that achieved by the original wash. In addition the pH of the wastewaters of the factory was too high so it was determined whether the lower concentration of alkali cleaning solution would lower the pH.

The study consisted of two separate test periods of two weeks each. The washing results were monitored every day by taking bacteriological product samples. Also the CIP stream velocity was monitored because it was essential that it reached 8000 l/h. to ensure that the pipe pasteurizer was cleaned properly.

The conclusion was that the bacterial level stayed below the limits that were promised to the customers. During the first test period idle use of one pump caused air bubbles in the egg mass. Because of this, the egg mass was not pasteurized properly leading to a slight rise in the bacterial level. During the second test period the bacterial level was low and no problems occurred. Diluted alkali washing fluid had no crucial effect on the wastewater pH level which remained at approximately pH 11 during the test periods.

KEYWORDS:

Cleaning In Place, CIP, bacteria

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO.....	6
2 PUHDISTUS JA DESINFIOINTI	7
3 CIP-KIERTOPESU	8
3.1 Pesuprosessi	9
3.1.1Tuotejäämien poisto	9
3.1.2Esihuuhtelu	10
3.1.3Ensimmäisen pesuaineen kierrätys	10
3.1.4Välihuuhtelu	10
3.1.5Toisen pesuaineen kierrätys	11
3.1.6Toinen välihuuhtelu	11
3.1.7Desinfiointi	11
3.1.8Loppuhuuhdeltu	11
3.2 Linja ja tankkipesu	12
3.3 Prosessiputkiston osat ja CIP	13
3.3.1 Pumput	13
3.4 Putkipastöörin CIP-pesu	13
3.5 Tyypillinen kerran pesuliukuksia käyttävä CIP- pesujärjestelmä	14
4 KIERTOPESUUN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT	18
4.1 Mekaaninen energia	18
4.2 Kemiallinen energia	18
4.2.1Pesuaineiden jako fysikaalis-kemiallisten ominaisuuksien perusteella	18
4.3 Lämpöenergia	19
4.4 Vaikutusaika	19
4.5 Desinfiointi	19
5 KIERTOPESUN ETUJA JA HAITTOJA	20
5.1 Edut	20
5.2 Haitat	20
6 KANANMUNAMASSAN PASTÖROINTI.....	21
KOKEELLINEN OSA	21
7 TYÖN TARKOITUS	21
8 TYÖN SUORITUS	22
8.1 Näytteenotto pesutuloksen seurannassa	23
8.2 Näytteistä tehtävät määritykset	24

8.3 Pesuliuosnäytteiden väkevyyshmääritykset	25
8.4 Jätevesinäytteiden pH-määritys	25
9 TYÖN TULOKSET	26
9.1 Tuloksiin vaikuttavia tekijöitä	26
9.2 Tuotteiden bakteerimäärät	27
9.3 Raakamassan kokonaisbakteerimäärät	30
9.4 Emäspesuaineliuosten väkevyydet työn aikana	31
9.5 Jäteveden pH	31
10 TULOSTEN TULKINTAA JA ARVIOINTIA	32
10.1 Kustannussäästöt	34
LÄHTEET	36
LIITTEET	
1. Einesmunamassan kokonaisbakteerimäärät, 1. testijakso	
2. Einesmunamassan kokonaisbakteerimäärät, 2. testijakso	
3. Kokomunamassan kokonaisbakteerimäärät, 1. testijakso	
4. Kokomunamassan kokonaisbakteerimäärät, 2. testijakso	
5. Vakioidun munamassan kokonaisbakteerimäärät, 1. testijakso	
6. Vakioidun munamassan kokonaisbakteerimäärät, 2. testijakso	
KUVAT	
Kuva 1. Esimerkki kiertopesujärjestelmästä	9
TAULUKOT	
Taulukko 1. Pienen pesukierron resepti	16
Taulukko 2. Ison pesukierron resepti	17
Taulukko 3. Einesmunamassan bakteerimäärät testijaksojen aikana	28
Taulukko 4. Kokomunamassan bakteerimäärät testijaksojen aikana	29
Taulukko 5. Vakioidun munamassan bakteerimäärät testijaksojen aikana	30
Taulukko 6. Raakamassan bakteerimäärät testijaksojen aikana	31
Taulukko 7. Emäspesuaineliuosten johtokyvyt ja väkevyydet	31
Taulukko 8. Jäteveden pH:t ja mittauspäivinä käytössä ollut pesuliuoksen johtokykyarvo	32

1 Johdanto

Kiertopesulla tarkoitetaan suljettujen tuotantolaitteiden pesua niitä avaamatta. Tästä englanninkielinen nimi CIP, Cleaning In Place. Pesut suoritetaan niin, että kaikissa osissa joissa tuote kulkee, kierrätetään vesi ja pesuliuokset. CIP on useimmiten automatisoitu prosessi, jota ohjataan joko pesukeskuksesta, pestävän laitteen ohjauspaneelista tai erillisestä tietokoneesta.¹

CIP pesujärjestelmä on muodostunut tärkeäksi osaksi prosesseja, joissa hygieniavaatimukset ovat korkeat. Panimot ja meijerit ovat käyttäneen kiertopesua jo vuosia. Laite- ja asennuskustannusten takia sen soveltaminen monissa tehtaissa on ollut vähäistä. Lisäksi se ei sovellu kaikkien prosessilaitteiden pesuun kovin hyvin. Näiden seikkojen takia CIP-järjestelmä on aina prosessikohtainen. Se suunnitellaan aina kullekin tehtaalle ja prosessille erikseen, koska ei ole olemassa yleispätevää CIP-pesujärjestelmää, joka soveltuisin samanlaisena kaikkiin kohteisiin. Kiertopesu soveltuu parhaiten lämmönvaihtimien, putkistojen, säiliöiden, homogenisaattoreiden ja sentrifuugien puhdistukseen.²

CIP:n periaatteena on yhdistää pesuaineiden kemiallisen aktiivisuuden ja lian poistamiseen tarvittavan virtauksen mekaanisen vaikutuksen edut. Pesuaine annostellaan veteen ja johdetaan likaantuneelle pinnalle. Oikea vaikutusaika, lämpötila, pesuliuoksen kemiallinen energia ja virtauksen muodostama mekaaninen energia yhdessä muodostavat puhdistusvaikutuksen. Jotta puhdistus olisi mahdollisimman tehokas, suhteellisen suuri määrä pesuliuosta on johdettava puhdistettaville pinnoille ja vaikutusajan on oltava viidestä minuutista tuntiin. Tästä syystä pesuliuoksen ja veden kierrätys on tärkeää, jotta saadaan riittävä vaikutusaika ja samalla säästyy pesuaineita, vettä ja energiaa.²

Oikein suunnitellut CIP-pesujärjestelmät pystyvät puhdistamaan tietynlaiset elintarviketeollisuuden laitteet yhtä hyvin kuin, että ne purettaisiin ja pestäisiin käsin. Tämän myötä useissa elintarvikkeiden tuotantolaitoksissa CIP onkin korvannut kokonaan tai osittain laitteiden käsin pesemisen. Huolellisesti

suunnitellun CIP-kiertopesujärjestelmän pääpiirre onkin, että tuotantoprosessien laitteistoja ei tarvitse purkaa puhdistusta varten.²

Työ suoritettiin kanamunavalmisteita tekevässä Scanegg Suomi Oy:ssä. Siellä tutustuin kiertopesujärjestelmään, jota käytetään kananmunamassan pastörinti- ja pakkauslinjojen päivittäiseen puhdistukseen. Työn alussa emäspesuliuoksen pitoisuutta laskettiin noin viidesosa alkuperäisestä ja tutkittiin, päästäisiinkö yhtä hyvään tai hyväksyttävään hygieniatasoon kuin alkuperäisellä pesulla päästiin. Tällöin säästettäisiin pesuainekustannuksissa ja laitteistoihin kohdistuisi vähemmän kemiallista räsitusta. Lisäksi seurattiin muutoksen vaikutuksia jäteveden happamuuteen, josta oli muodostunut ongelma jätevedenkäsittelyssä.

2 Puhdistus ja desinfiointi

Puhdistuksen ja desinfiointin tarkoituksena on poistaa mikro-organismeja tai niiden kasvua edistäviä aineita sekä poistaa aineita, jotka voivat johtaa vieraiden aineiden kontaminaatioon tai joissa tuhoeläimet voivat pesiä. Tämä vähentää patogeenien kontaminaatoriskiä, sekä kasvattaa tuotteen elinikää poistamalla pilaantumista aiheuttavia bakteereita. Puhdistuksella poistetaan linjastosta vanhoja tuotejäämiä, jotka saattavat heikentää uusien tuotteiden laatua.³

Puhdistus ja desinfiointi pidentävät tuotantolaitteistojen ja pintojen elinikää ja ehkäisee niiden vahingoittumista. Se luo turvallisen ja puhtaan työympäristön työntekijöille, sekä antaa positiivisen kuvan vierailijoille ja parantaa auditointien palautetta.³

Korkeaa hygieniatasoa vaativissa laitoksissa ongelmana on usein epäpuhtauksien kertyminen tuotantotilojen eri pinnoille, kuten laitteistoihin, putkistoihin, säiliöihin, pakkauskoneisiin- ja materiaaleihin sekä lattioihin, seiniin ja kattoihin. Biotekniikan ja muissa korkeaa hygieniatasoa vaativissa laitoksissa mikrobien torjuntaan on suhtauduttava vakavasti ja sen takia niissä puhdistetaan prosessi- ja tuotantotilat säännöllisin väliajoin.⁴

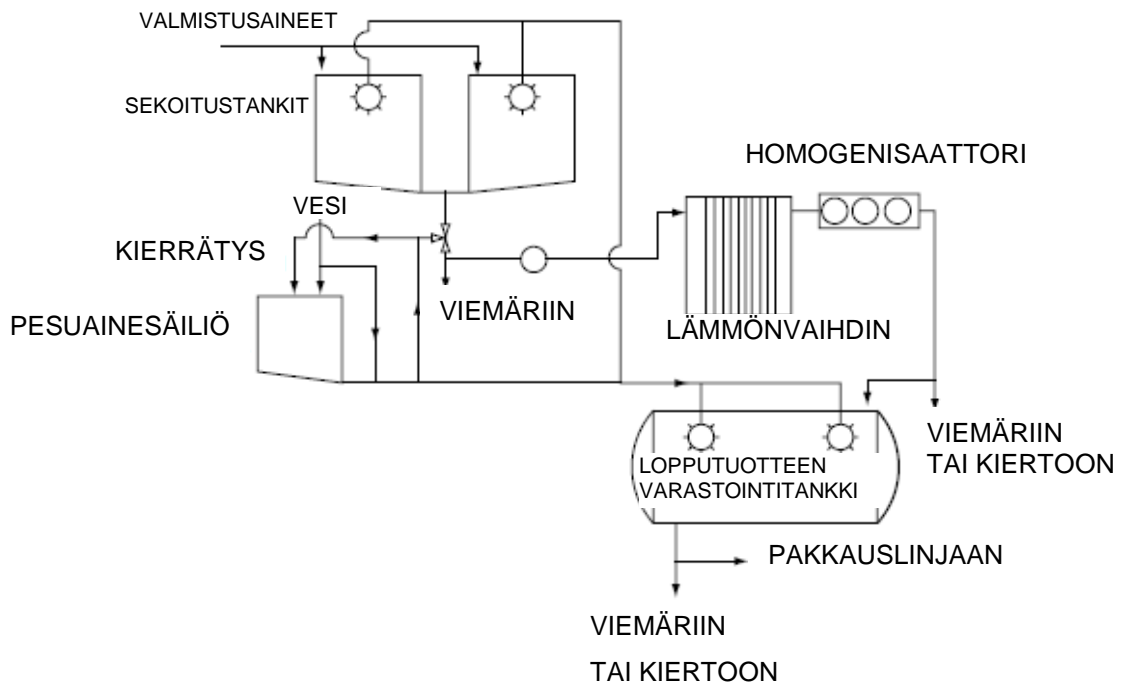
Kontaminaatioiden torjunnassa oikea psykologinen asenne on tärkeää. Mikrobit eivät ole silmällä nähtäviä, joten voi olla vaikeaa uskoa, ettei puhtaalta näyttävä pinta ole biologisesti puhdas. Biologisesti puhdas pinta ei kuitenkaan tarkoita sitä, ettei se olisi fysikaalisesti tai kemiallisesti likainen. Biologinen puhtaus on kuitenkin helpommin saavutettavissa rutiininomaisella puhdistuksella. Huolellisesti suoritettut puhdistukset takaavat moitteettomasti toimivat prosessit ja hyvän laadun hygienian puolesta. Huonosti suoritettuna puhdistuksesta saattaa syntyä väärä turvallisuuden tunne ja ovat siten ajan haaskausta vieden niiden edun, ennaltaehkäisyä.⁴

3 CIP-kiertopesu

Korkeaa hygieniavaativissa elintarviketeollisuuden laitoksissa on pitkään käytetty prosessilinjoiden ja -laitteistojen puhdistukseen CIP (Clean In Place) ja SIP (Sterilization In Place) kiertopesutekniikoita. Laitokset, jotka käyttävät näitä tekniikoita saavat helpommin hankittua validoinnin ja ISO 9000 laatujärjestelmän, minkä johdosta saadaan kustannussäästöjä.⁴

Prosessilaitoksessa CIP:n pesurutiineja ohjataan automaattisesti erillisen paneelin kautta tai suoraan pesuresepteistä. Tällöin saadaan hyvä toistettavuus pesuihin kun valmis ohjelma ohjaa venttiileitä ja pumppuja. Pesuaineita ja vettä pumpataan CIP-säiliöistä syöttöpumpuilla eri kiertopestäviin kohteisiin. Toistuvien käyttöjen jälkeen likaiset pesunesteet johdetaan viemäriin ja ne korvataan uusilla puhtailla pesuliuksilla.⁴ Kerran pesuliuksia käyttävässä kiertopesussa, pesuliuosten tultua likaisiksi pesun jälkeen, ne johdetaan viemäriin.²

Kuva 1 havainnollistaa miten CIP-järjestelmä toimii. Kuvassa on esitetty yksinkertainen prosessilinja: lähtösäiliöt, lämmönvaihdin, homogenisaattori, valmiin tuotteen varastointitankki ja pesuainesäiliö.²



Kuva 1. Esimerkki kiertopesujärjestelmästä

3.1 Pesuprosessi

Pesuprosessi noudattaa yleisesti ottaen teollisuuden alasta riippumatta tiettyä kaavaa sisältäen sarjan irrallisia tasoja tai syklejä.⁵

3.1.1 Tuotejäämien poisto

Tuotejäämien poistolla CIP-pesun yhteydessä tarkoitetaan yleensä tuotteen laskemista pois putkistoista. Tuotteen poisto tapahtuu joko pelkästään painovoiman avulla tai korvaamalla tuote vedellä, paineilmalla tai putkiston läpi ajattevalla kiinteällä kappaleella. Tuotteen poisto on yleisesti liitetty esihuuhtelun yhteyteen niin, että tuote suunnataan keräystankkiin tai suoraan viemäriin venttiilien avulla. Tämä suoritetaan joko automatisoidulla venttiilillä ja ajastimella tai monimutkaisemmilla menetelmillä, kuten paluulinjan sameussensoreilla, jotka huomaavat kun tuote on poistunut putkistosta ja tilalla on huuhteluvettä. Tähän on suotavaa liittää ajastin, jos järjestelmä epäonnistuu kääntämään venttiilit pois keräystankista.⁵

3.1.2 Esihuuhtelu

Esihhuhtelusykli käyttää usein talteenotettua ”vettä” välihuhteluista. Tämä vähentää vedenkulutusta ja hyödyntää huuhteluveden pesuainejäämät sekä mahdollisen lämpöenergian. Lämmitettyjä esihuuhteluita käytetään myös järjestelmissä, joissa lämpö tehostaa huomattavasti tuotejäämien poistoa. Tankkien, siilojen ja säiliöiden esihuuhtelussa käytetään huuhteluveden kovaa ryöppyä tai pulssimaista suihkuttamista, joka irrottaa tehokkaasti tuotejäämiä ja voi vähentää vedenkulutusta huomattavasti.⁵

3.1.3 Ensimmäisen pesuaineen kierrätys

Ensimmäisen pesuaineen kierrossa pääasiallinen järjestelmän puhdistus tapahtuu kun putkistossa oleva lika liukenee tai irtoaa pesuaineeseen. Pesuaineen tärkeä ominaisuus on, että liennut lika ei enää saostu pinnoille vaan pysyy lienneena pesuaineessa kierron ajan. Pesuainekierron kesto täytyy arvioida kokemuksen ja kokeilujen avulla. Kierto kestää yleensä 15 minuuttia kun kyseessä on pieni järjestelmä ja isojen monimutkaisten järjestelmien pesukierto voi kestää jopa tunnin. Pesuaikaa pystytään lyhentämään kompensoimalla lyhempää kontaktiaikaa korkealla lämmöllä, väkevämmällä pesuaineella tai käyttämällä mahdollisesti kalliimpia ja tehokkaampia pesuaineita. Pesukierron ajastus aloitetaan kun säädetty lämpötila saavutetaan. Tämä voi kuitenkin johtaa kohtuuttomaan kierron keston jos lämmitysjärjestelmä on tehoton.

Pesuaineiden vaahtoaminen voi olla ongelmallista ja se yhdistetään usein tuotteiden kontaminaatioon. Se voi johtua ilmaa vuotavasta venttiilistä tai vastaavasta putkiston osasta, jota kautta ilmaa pääsee pesukiertoon. Pehmennetty vesi voi myös edesauttaa vaahtoamista.⁵

3.1.4 Välihuuhtelu

Välihuuhtelun tarkoituksena on poistaa kaikki pesuainejäämät ja huokoiset likajäämät putkistosta. Osittaisessa pesuaineiden uudelleenkäytössä

mahdollisimman paljon pesuainetta kerätään huuhtelun yhteydessä talteen, kuten myös lämpöenergiaa. Välihuuhtelussa käytetään yleensä kylmää vesijohtovettä, mutta jos toinen pesu on kuumapesu voi olla hyödyllistä käyttää huuhteluun lämmintä vettä, mahdollisesti talteenotetulla lämmöllä lämmitettyä. Itse huuhteluvesi voidaan ottaa myös talteen ja käyttää uudestaan toisessa huuteluissa.⁵

3.1.5 Toisen pesuaineen kierrätys

Toisen pesuaineen kierrätys tehdään usein happamilla pesuaineilla emäksisen ensimmäisen pesun jälkeen. Toista pesua käytetään järjestelmissä, joissa on kulkenut prosessoituja tuotteita, kuten lämmönvaihtimissa ja juustosammioissa.⁵

3.1.6 Toinen välihuuhtelu

Toisessa välihuuhtelussa käytetään lähes aina kylmää vesijohtovettä. Veden puhtaus on tässä vaiheessa tärkeää, ellei desinfiointia enää tapahdu. Joissakin järjestelmissä, joissa ei käytetä desinfiointia, huuhteluvesi saatetaan käsitellä klooridioksidilla.⁵

3.1.7 Desinfiointi

Desinfiointi suoritetaan yleensä kylmällä hapettavalla biosidillä, kuten natriumhypokloriitilla tai peretikkahapolla. Kuumaa vettä voidaan myös käyttää, jos kemiallisia desinfiointiaineita halutaan välttää. Kuumen veden käyttö on myös tehokasta, mutta vaatii tehokkaan lämmitysjärjestelmän, joka voi olla kallis.⁵

3.1.8 Loppuhuuhdtelu

Loppuhuuhdteluun käytetään kylmää vesijohtovettä ja sen puhtaus on tärkeää, koska likainen huuhteluvesi voi johtaa jälkikontaminaatioon ja tuotteiden pilaantumiseen.⁵

3.2 Linja ja tankkipesu

Pääsääntöisesti on käytössä kahdenlaisia putkistoja, jotka pitää puhdistaa. Ensimmäiseksi ovat putkistot, joita pitkin raaka-aine ja tuote kulkevat ja toiseksi pienimuotoisemmat prosessiputkistot, kuten pastöreiden putket. Näitä pestessä on otettava huomioon myös se, että putkistot eivät ole ainoastaan pitkiä ja suorina. Putkistoissa on myös saumoja, mutkia, kolmihaaroja ja venttiileitä.⁶

Linjapesussa tuotantolinjat pestään niin, että pesukeskuksen pumppu kierrättää pesuliuoksia sarjaan kytkettyjen prosessiputkistojen ja laitteiden läpi. Pesuneste voi olla kertakäyttöistä tai se voidaan ottaa talteen uudelleenkäyttöä varten. Pesukeskuksen syöttöpumppu voi kierrättää yksin koko linjaston pesunesteet, koska pesussa olevat linjan laitteistot ja niihin yhteydessä olevat putkistot ovat ilmatiiviit. Huomioon otettavaa on kuitenkin se, että prosessiputkiston virtauspoikkipinta-ala ei saa vaihdella suuresti tai syntyä painehäviö.⁴

Tankit pestään rinnakkain tai yksittäin. Yleisesti käytetään pesupalloja tai suuttimia, joiden suihkun avulla säiliöiden ja muiden vastaavien, kuten siilojen ja sekoittimien sisäpinnat pestään. Tankkipesussa säiliöön tulee aina korvausilma, jolloin tarvitaan syöttöpumpun lisäksi aina palautuspumppu, joka palauttaa likaisen pesunesteen sen loppusijoituspaikkaan.⁴

Tankkeja voidaan pestä kahdella eri periaatteella: suuri pesuainemäärä/pieni paine tai pieni pesuainemäärä/suuri paine.

Käytettäessä suurta pesuainemäärää, mutta pientä painetta pyritään varmistamaan, että pesuaine peittää ja valuu koko sisäpinnan alueella. Pesuaine suihkutetaan paikallaan olevalla suihkupallolla säiliön sisälle. Tämä tarkoittaa sitä, että pesu tapahtuu pelkästään pesuaineen valuttamisella ja huuhtomisella. Jos on ongelmia saavuttaa vaadittu hygieniataso, voidaan pesuun yhdistää paljon lämpöenergiaa, lisätä pesuaikaa tai väkevöidä pesunestettä.⁶

Suuri pesuainemäärä/pieni paine-periaate on kallis ratkaisu, koska se kuluttaa paljon pesuainetta ja sitä varten täytyy olla suhteellisen suuret keräystankit.

Myös likaisen pesunesteen hävittäminen voi olla haasteellista ja vaatia jälkikäsitelyä. Tällä puhdistustavalla on vain rajallinen kyky poistaa biofilmejä ja bakteerikasvustoja, jotka voivat tarttua hyvinkin sileään pintaan.⁶

Pieni pesuainemäärä/suuri paine-tankkipesussa pientä määrää pesuliuosta suihkutetaan suurella paineella tankin sisäpinnoille. Puhdistus tapahtuu pääasiassa fyysisen voiman avulla, eikä pesuliuoksen valumisen avulla. Tehokas puhdistus varmistetaan hallitulla puhdistuskuviolla. Tämä puhdistusmalli on tehokas, kuluttaa vähän pesuainetta ja vettä, sekä on nopea minimoiden tuotannon seisokkia.⁶

3.3 Prosessiputkiston osat ja CIP

Prosessiputkiston osat tulee suunnitella niin, että niiden myötä ei muodostu kuolleita kulmia ja koloja, joihin pesuneste ja lämpö eivät pääse. Tämän takia ne on yleensä koottu hitsaamalla ja putkien haaroituksissa on käytetty venttiileitä. Putkistojen ja laitteistojen välisiä letkuja tulee välttää, koska ne eivät ole yhtä hygieenisinä kuin ruostumattomasta teräksestä valmistetut putket.⁴

3.3.1 Pumput

Pumppujen puhdistettavuus on tärkeä kriteeri pumppuja valittaessa. Monissa tapauksissa kuitenkin pumput valitaan käytännöllisyyden mukaan, kuten syöttöpaineen ja virtausnopeuden mukaan. Yleiset vaatimukset pumpuille on, että vuodot on helposti havaittavissa ja läpikulkumuodot on mahdollisimman tasaiset ja ilman teräviä kulmia. Pumpun tiivisteet tulisi olla helposti vaihdettavissa ja huollettavissa. Laakereiden pitää olla erillään tuotteesta ja olla itsestään voitelevia tai tiivistettyjä.⁶

3.4 Putkipastöörin CIP-pesu

Putkipastöörin putkistoissa on usein eri läpimittaisia putkia, joiden myötä aiheutuu painehäviötä. Putkikierukoiden puhtautta on vaikea tutkia silmämääräisesti ja niitä on vaikea purkaa. Näin ollen, jos syntyy tukos tai ahtauma, niiden puhdistus on vaikeaa. Suorat putket ovat usein kolmesta

kuuteen metriä pitkiä moduuleita. Ne on yhdistetty toisiinsa muodostaen vaaditun pastöörijärjestelmän vaakatasoon. Vaakatasoon asennettu pastööri voi olla vaikea täysin tyhjentää huuhteluvesistä, vaikka se olisi asennettu pieneen kulmaan. Suorien putkiosien sisäpinta voidaan tarkastaa silmämääräisesti tai niistä voidaan ottaa pintasivelynäytteitä irrottamalla niiden moduulien päädyt.⁶

3.5 Tyypillinen kerran pesuliuksia käyttävä CIP- pesujärjestelmä

Opinnäytetyö tehtiin tehtaassa, jossa on kerran pesuliuksia käyttävä CIP-pesujärjestelmä. Sillä tarkoitetaan kiertopesua, jossa pesuliuksia käytetään vain kerran. Pesun jälkeen ne johdetaan viemäriin. Pesuainesäiliöt sijaitsevat yleensä lähellä puhdistettavia ja sanitoitavia laitteistoja. Tästä syystä pesuaineiden ja huuhteluvesien kulutukset ovat suhteellisen matalia. Kerran pesuliuksia käyttävää CIP-pesua käytetään usein laitteistoissa, jotka likaantuvat paljon, jolloin pesuaineiden uudelleenkäyttö ei ole enää mahdollista. Jotkut kerran pesuliuksia käyttävät kiertopesut ovat suunniteltu niin, että ne käyttävät esipesuun toisen kiertopesujärjestelmän pesuaineita ja huuhteluvesiä, jotka kierrättävät niitä.²

Kun verrataan muihin CIP-pesujärjestelmiin, kerran pesuliuksia käyttävä CIP-pesujärjestelmä on kompaktimpi ja investointikustannukset ovat matalammat. Se on myös yksinkertaisempi ja voidaan hankkia esikoottuna, sekä sen asennus on helppoa.²

Kerran pesuliuksia käyttävään CIP-pesujärjestelmään kuuluu keskipakopumppu ja säiliö, johon on liitetty tasoantureita ja pneumaattisia venttiileitä höyryä ja vettä varten. Venttiilien avulla säädellään myös pesukierron poistoa, ylivuotoa ja läpivirtausta. Poisto tapahtuu yleensä huuhtelun päätyttyä. Kiertopesua ohjataan ohjauspöydästä, jossa on pesuohjelmat ja jonka kautta voidaan seurata ja säätää lämpötilaa, painetta ja venttiileitä.²

Tyypillinen CIP-kiertopesuohjelma kestää noin 20 minuutista 2 tuntiin. Scanegg Suomi Oy:ssä kiertopesu on kaksivaiheinen. Vaiheita kutsutaan pieneksi ja isoksi pesukierroksi. Pieneen pesukiertoön kuuluu putkipastöörin ja

homogenisaattorin kiertopesu pelkällä emäspesuaineella, mutta ei hapolla. Pesukierto kestää kokonaisuudessaan noin tunnin ja 30 minuuttia, mutta emäspesun kestoja usein kasvatetaan 25 minuutista noin 33 minuuttiin jos siihen on riittävästi ylimääräistä aikaa. Iso pesukierto sisältää putkipastöörin, valmismassatankin ja pakkauskoneen pesun. Pesussa käytetään molempia, emäs- ja happopesuaineita. Emäspesu kestää 25 minuuttia ja happopesu noin 16 minuuttia. Myös isossa pesukierrossa emäspesun kestoja voidaan kasvattaa ja normaalisti koko pesu kestää noin 2 tuntia.⁷

Lipeäpesun aikalaskuri alkaa laskea kun järjestelmä saavuttaa 70 °C lämpötilan ja happopesu kun lämpötila saavuttaa 60 °C sekä oikeat johtokyvyt (ominaissähkönjohtokyky); emäkselle 50 S/cm ja hapolle 39 S/cm. Emäspesun puolella välissä virtausnopeus nostetaan 7 minuutiksi 14000 l/h. Normaalisti virtaus nousee pesun edetessä vähitellen 4000 l/h:sta 8000 l/h:iin. Kun virtausnopeus saavuttaa pesujen lopussa 8000 l/h voidaan olettaa, että järjestelmä on puhdistunut. Happopesun puolella välissä virtausnopeus nostetaan 7 minuutiksi 16000 l/h.⁷

Taulukossa 1 on esitetty pienen pesukierron resepti ja taulukossa 2 on esitetty ison pesukierron resepti.

Taulukko 1. Pienen pesukierron resepti

1.	huuhtelu	300 sekuntia
2.	virtauksen suunnanvaihdot	
3.	huuhtelu paluu	300 sekuntia
4.	virtauksen suunnanvaihdot	
5.	Emäspesu	1500 sekuntia
6.	virtauksen suunnanvaihdot	
7.	emäspesu paluu	600 sekuntia
8.	virtauksen suunnanvaihdot	
9.	balanssitankin tyhjennys	
10.	huuhtelu	300 sekuntia
11.	virtauksen suunnanvaihdot	
12.	huuhtelu paluu	300 sekuntia
13.	balanssitankin tyhjennys	
14.	virtauksen suunnanvaihdot	
15.	kylmähuuhtelu	300 sekuntia

Taulukko 2. Ison pesukierron resepti

1.	huuhtelu	500 sekuntia
2.	virtauksen suunnanvaihdot	
3.	huuhtelu paluu 500 sekuntia	500 sekuntia
4.	virtauksen suunnanvaihdot	
5.	emäspesu	1500 sekuntia
6.	virtauksen suunnanvaihdot	
7.	emäspesu paluu	600 sekuntia
8.	virtauksen suunnanvaihdot	
9.	balanssitankin tyhjennys	
10.	huuhtelu	300 sekuntia
11.	virtauksen suunnanvaihdot	
12.	huuhtelu paluu	300 sekuntia
13.	virtauksen suunnanvaihdot	
14.	happopesu	1000 sekuntia
15.	virtauksen suunnanvaihdot	
16.	balanssitankin tyhjennys	
17.	huuhtelu	300 sekuntia
18.	virtauksen suunnanvaihdot	
19.	huuhtelu paluu	300 sekuntia
20.	virtauksen suunnanvaihdot	
21.	kylmähuuhtelu	300 sekuntia

4 Kiertopesuun vaikuttavat tekijät

4.1 Mekaaninen energia

Mekaanisella puhdistuksella tarkoitetaan nesteiden turbulenttisen virtauksen aiheuttamaa voimaa. Turbulenttinen virtaus syntyy hankauksesta kun neste on yhteydessä kiinteään pintaan. Turbulenttinen virtaus voidaan ilmaista Reynoldsin lukuna pinnan rajakerroksessa (käytännössä Re on oltava 10 000 sileissä putkissa, jotta virtaus olisi turbulenttinen).⁸

Virtausnopeus putkessa tulisi olla 1,5-2,0 m/s. Virtausnopeuden ollessa liian suuri aiheutuu siitä painehäviö putkistoon. Järjestelmän putkiston ei pitäisi sisältää useaa eri putkiston halkaisijaa, koska tällöin vaikuttavat virtausnopeudet ovat liian isoja tai pieniä. Eri putkikokoja käytettäessä, niiden määrä on rajoitettava kahteen.⁸

4.2 Kemiallinen energia

Puhdistusaineiden tehokkuus perustuu niiden kemialliseen aktiivisuuteen, koostumukseen, pitoisuuteen, pintajännitykseen ja hajotusvoimaan. Pesuaineen pitää liueta nopeasti ja täydellisesti veteen, sekä vaikuttaa nopeasti likaan, jota sen pitää poistaa (kuten rasva, proteiinit ja tärkkelys).⁴

Pesuaineella pitää olla myös korkea lian kuljetuskapasiteetti ja sen täytyy olla helposti vedellä huuhdeltava. Lisäksi pesuaine ei saa vaahdota ja sen pitää olla yhteensopiva muiden tehtaassa käytettävien materiaalien kanssa sekä tappaa tehokkaasti bakteereita ja olla halpaa. Pesuaineiden johtokyvyn täytyy olla suurempi kuin veden sekä sen täytyy olla lineaarinen pesuaineen väkevyyden kanssa.⁴

4.2.1 Pesuaineiden jako fysikaalis-kemiallisten ominaisuuksien perusteella

Epäorgaaniset hapot, suola-, rikki- ja typpihappo, ovat korrodoivia, mutta tehokkaita. Emäkset kuten, natriumhydroksidi ovat tehokkaita ja halpoja. Se

sopii hyvin ruostumattomille pinnoille ja lasille, mutta syövyttää alumiinia. Natriummetasilikaatti on tehokas eikä se syövytä pintoja. Natriumbikarbonaatti ei ole niin tehokas, mutta sitä on helppo käsitellä.⁴

Fosfaatit, kuten polyfosfaatit, rehevöittävät luontoa, mutta estävät korroosiota ja ovat tehokkaita dispergoimisessa eli estää lian tarttumista uudelleen puhdistettavaan pintaan. Pinta-aktiivisia aineita ovat saippuat. Kelatiinin muodostajia ovat EDTA ja glukonihappo. Orgaanisia happoja on esimerkiksi glukonihappo, joka on tehokas pesuaine.⁴

4.3 Lämpöenergia

Lämpötila vaikuttaa pesuaineiden tehokkuuteen ja CIP-pesulle optimaalinen lämpötila määritetään puhdistustehtävän ja käytettävän pesuaineen mukaan. Yli 40 °C:een esihuuhtelua ei suositella, koska proteiinit ja tärkkelykset kokevat kemiallisia muutoksia näissä lämpötiloissa, kuten jähmettymistä pestäville pinnoille ja siksi haittaavat jälkimmäisiä pesuvaiheita.⁸

4.4 Vaikutusaika

Tarpeeksi pitkä vaikutusaika vaaditaan, jotta kemialliset ja fysikaaliset ilmiöt tapahtuvat. Tarvittava vaikutusaika riippuu monesta eri tekijästä: desinfiointiaineen ominaisuuksista ja konsentraatiosta, pH:sta, lämpötilasta, lian määrästä ja laadusta sekä bakteerien määrästä ja niiden herkyydestä desinfiointiaineille.⁹

4.5 Desinfiointi

Desinfioinnilla pyritään varmistamaan, että vedessä ei ole pesun jälkeen patogeenisiä bakteereita. Desinfiointiaineen on oltava ihmisille myrkytön, bakteereita tappava ja nopeavaikutteinen. Aikaa säästään desinfiointiaine ja pesuaine voidaan syöttää kiertoon yhtä aikaa.⁴

5 Kiertopesun etuja ja haittoja

5.1 Edut

CIP vaatii vähemmän työvoimaa, koska manuaalinen puhdistus vähenee. CIP-järjestelmä puhdistaa automaattisesti prosessilaitteiston ja käyttövälineistön. Tämä ominaisuus tulee yhä tärkeämmäksi palkkojen noustessa ja luotettavien työntekijöiden löytäminen on yhä vaikeampaa.

Automatisoitu operaatio puhdistaa ja sanitoi tehokkaammin ja yhdenmukaisemmin kuin manuaalinen puhdistus. Ajastettu tai tietokoneohjattu pesu puhdistaa ja sanitoi laitteiston täsmällisemmin.

Kustannussäästöjä syntyy, koska automatisointi mahdollistaa optimaalisen veden, pesuaineiden ja sanitointiaineiden annostelun ja uudelleenkäytön.

Automaattisen puhdistuksen myötä laitteistot, putket ja tankit voidaan puhdistaa heti niiden käytön jälkeen, jolloin välitön uudelleenkäyttö on mahdollista.

Työntekijöiden ei tarvitse astua sisään CIP pestyihin säiliöihin puhdistukseen niitä, jolloin onnettomuuksien riski pienenee.¹⁰

5.2 Haitat

CIP-järjestelmät tehdään usein tilaustyönä. Suunnittelu ja asennus nostavat hintaa ja laitteisto on kallis.

Monimutkaiset laitteistot ja systeemit vaativat hyvää kunnossapitoa ja CIP-järjestelmät ovat joustamattomia. Puhdistusjärjestelmät voivat puhdistaa tehokkaasti vain ne alueet laitteistosta, jotka ovat asennettu järjestelmään. CIP ei ole tehokas erittäin likaisiin kohteisiin ja on vaikea suunnitella CIP-järjestelmää niin, että se puhdistaisi kaikki prosessilaitteet.¹⁰

6 Kananmunamassan pastörinti

Munavalmisteiden pastörinti eli lämpökäsittely on vaativa prosessi. On tärkeää, että tuote on mikrobiologisilta ja muilta ominaisuuksiltaan spesifikaatioiden mukainen. Munamassan pastöroinnissa vaikeutena on ylä- ja alalämpötilarajat. Ne ovat toisiaan hyvin lähellä, jolloin prosessi vaatii henkilökunnalta erityisten suurta huolellisuutta.¹¹

Pastörinti voidaan suorittaa eri lämpötiloissa, noin 61 °C ja 67 °C väliltä ja pastörintiaika on kolmen ja viiden minuutin väliltä. Scanegg Suomi Oy:ssä munamassojen pastörintilämpötilat ovat 64,3 °C ja 65,3 °C, riippuen tuotteesta. Eri maissa ja laitoksissa pastörintikokeilla on yritetty etsiä paras mahdollinen pastörintilämpötila ja -kesto aika. Tärkeimpinä lähtökohtina ovat olleet kokonaisbakteerien, kolibakteerien ja itiöllisten bakteerien mahdollisimman alhainen määrä valmiissa tuotteessa. Lisäksi toiminnallisten ominaisuuksien tulisi säilyä mahdollisimman alkuperäisinä.¹¹

Kokeellinen osa

7 Työn tarkoitus

Pesua pystytään säätämään muuttamalla yhtä tai useampaa neljästä tekijästä: pesulämpötilaa nostamalla tai laskemalla, muuttamalla virtausnopeutta, pidentämällä tai lyhentämällä pesuun käytettyä aikaa ja käyttämällä eri pitoisia pesuaineliuoksia. Työn alkuperäisenä tarkoituksena oli laskea lipeäpesuaineen pitoisuutta ja mahdollisesti vähentää loppuhuuhteluihin käytettyä aikaa. Lisäksi jäteveden pH oli liian korkea ja ylitti pH-arvon 11. Tämän toivottiin laskevan, kun pesussa käytettäisiin laimeampaa emäspesuliuosta.

Työssä tutkittiin, päästäisiinkö yhtä hyvään tai hyväksyttävään hygieniatasoon kuin alkuperäisellä pesulla päästään. Tällöin olisi voitu säästää pesuaineen ja veden kulutuksissa. Säästöt vaikuttaisivat suoraan taloudellisesti sekä

rahallisesti että välillisesti laitteistojen ja putkistojen pienempänä kulutuksena. Lisäksi matalampi jäteveden pH ei aiheuttaisi enää ongelmia jätevedenpuhdistuksen kanssa.

Työn alussa selvisi, että kiertopesun virtausnopeuteen ei voitu vaikuttaa. Laitteisto oli mitoitettu niin, että virtausnopeuden noustessa yli 8000 l/h voitiin putkistoja pitää puhtaana. Tämä virtausnopeus saavutettiin ison pesukierron loppupuolella, jolloin varsinaista pesuaikaa ei voitu myöskään lyhentää pienestä tai isosta pesukierrosta. Pesujen lämpötilat olivat jo optimissaan, jolloin niihin ei voitu vaikuttaa. Huuhteluihin käytetty aika oli laskettu minimiin ja kiertopesijöiltä selvisi, että jos huuhteluun käytettyä aikaa vähennettäisiin, jäisivät laitteisto ja putket liian kuumiksi. Happopesu jätettiin nykyisiin arvoihin, koska sen muutoksien seuraaminen olisi ollut vaikeaa. Happopesu ei vaikuta mikrobiologiseen puhtauteen kovinkaan paljoa vaan pikemminkin kalkinpoistoon putkistoista. Taloudellisiin säästöihin päästäisiin näin ollen vain emäspesuliuksen pitoisuutta laskemalla.

8 Työn suoritus

Työ suunniteltiin alun perin yhden kuukauden mittaiseksi testijaksoksi. Toisen testiviikon lopussa viikolla 49 tuotteiden bakteerimäärät alkoivat kasvaa ja syyksi selvisi myöhemmin vaahtoaminen. Tämän takia emäspesuaineen väkevyys nostettiin takaisin alkuperäiseen, jotta voitiin varmistua vaaditusta hygieniatasosta. Testijaksoa jatkettiin viikolla 2 ja päätettiin jättää myös se kahden viikon mittaiseksi testijaksoksi. Arvioitiin tehtaassa aikaisempien kokeilujen perusteella, että kahden viikon testijakso riittäisi. Tätä lyhemässä ajassa muutokset eivät ehkä olisi näkyneet.

Työ aloitettiin viikolla 48 laskemalla ohjauspaneelista molempien pesujen emäspesuliuksen johtokykyä arvoon 41 S/cm ja samalla varmistettiin pesuliuosväkevyys titraamalla sitä joka maanantai. Ensimmäisen kahden viikon ajan seurattiin ja varmistettiin pesuaineannostelun toimivuus ja luotettavuus tarkkailemalla laitteistossa olevaa johtokykymittaria. Työn aikana jokaisesta

tuote-erästä otettiin vähintään yksi näyte, josta määritettiin maljaviljelyllä kokonaisbakteerit, enterobakteerit, *B. cereus* ja *S. aureus* määrät. Näiden tulosten avulla voitiin selvittää, riittäisikö alennettu pesuliuosväkevyys vaadittuun hygieniatasoon niin, että kierrossa olevat laitteet ja putkistot puhdistuisivat. Lisäksi seurattiin pesulioksen virtausnopeutta ensimmäisen kahden viikon ajan. Virtausnopeuden nousu 8000 l/h isossa pesukierrossa oli tärkeää, jotta voitiin varmistua putkistojen puhtaudesta. Laimennetun pesuaineen lianirrotusteho pystyttiin näin varmistamaan. Mikäli haluttua virtausnopeutta ei olisi saavutettu, olisi pesuaikaa nostettu 500 tai 1000 sekunnilla tai aloitettu uusi pesukierto väkevämällä pesuliuksella.

Viikolla 2 aloitettiin jälleen uusi testijakso. Kuten edellisessäkin testijaksossa tuotteista seurattiin otettujen näytteiden bakteerimääriä. Pesuaineväkevyys mitattiin maanantaisin titraamalla. Johtokykymittaria ei enää seurattu, koska ensimmäisen testijakson aikana varmistettiin pesuaineannostuksen luotettavuus ja kyky pitää vaadittu pH koko pesun ajan. Toisen testiviikon aikana alettiin seurata jäteveden pH-pitoisuutta. Laitteisto laitettiin päälle tiistaisin ja sammutettiin torstaina. Näin saatiin 2 näytettä per viikko. Muualla tehtaassa tehtävien happopesujen aikana jäteveden pH:ta ei kannattanut seurata, koska ne laskivat jäteveden pH:ta. Testijakson jälkeen 29.1.2010 koko pastörinti ja pakkauslinjasto avattiin. Kaikki laitteet ja putket puhdistettiin sekä tiivisteet vaihdettiin. Selvisi, että pastöörin putkistot olivat täysin puhtaat lialta, joten pesut olivat siltä osin onnistuneet.

8.1 Näytteenotto pesutuloksen seurannassa

Pesutulosta selvitetessä seurattiin pastöroitujen tuotteiden bakteeritasoa sekä pesuliuosten väkevyyttä. Työhön ei liitetty huuhteluvesinäytteiden tuloksia, koska ne olivat aina 0-1 pmy/ml. Tuotenäytteet otettiin pakkaussalissa olevasta pakkauskoneesta. Näytepusseja käytetään 10 litran aseptisiä pusseja, jotka ovat säteilytetty. Pakkauskone syöttää näytteen aseptisesti pussiin automaattisesti avaten ja sulkien pussin. Lisäksi kone puhaltaa näytepussein suuhun steriiliä ilmaa, jolloin näyte ei kontaminoidu.

Näytteitä otettiin jokaisesta tuote-erästä vähintään kerran. Kontteja pakatessa jokaista asiakasta varten otettiin oma näyte. Tämän takia tietyistä tuotteista tuli päivän aikana useita näytteitä. Jos asiakas oli tilannut yhden kontin munamassaa, otettiin näyte ennen sen pakkausta. Jos sama asiakas oli tilannut esimerkiksi neljä konttia munamassaa, otettiin vain 1 näyte ennen ensimmäisen kontin täyttöä, ellei muuta oltu sovittu. 10 kg:n pakkauksia tehdessä näyte otettiin aina ennen pakkaamisen aloittamista. Lisänäyte otettiin kun oli pakattu 4000 kg. Tuotenäytteistä kirjattiin ylös näytteenottohetki, pastörintierä, asiakas ja tuotteen nimi sekä näytteen ottajan allekirjoitus.

8.2 Näytteistä tehtävät määritykset

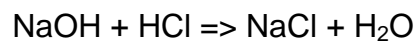
Työn aikana jokaisesta tuote-erästä otettiin vähintään yksi näyte, josta määritettiin maljaviljelyllä kokonaisbakteerit, enterobakteerit, *B. cereus* ja *S. aureus*-bakteerien määrät. Työssä seurattiin pääsääntöisesti kokonaisbakteeri ja enterobakteerimääriä, koska ne määritetään jokaisesta näytteestä. *B. cereus* ja *S. aureus* määrityksiä tehtiin joka päivä, mutta ei jokaisesta näytteestä. Niiden tulokset olivat lähes aina <10, joka käytännössä tarkoittaa nollaa pesäkettä. Kokonaisbakteerimääritykset tehtiin ISO4833:2003 ja enterobakteerimääritykset NMKL 144:2005-ohjeiden mukaisesti. Menetelmäohjeet ovat kirjattu laboratorion laatukäsikirjaan.

Työn aikana bakteerimääritykset tehtiin Scanegg Suomi Oy:n omassa laboratoriossa. Sovittiin, että tehtaan oma laborantti suorittaa määritykset. Näin varmistettiin, että määritykset olivat aina saman henkilön tekemiä ja samalla rutiinilla kuin ennenkin, jolloin ne olivat vertailukelpoisia aikaisempien tuloksien kanssa. Ulkopuolisen perehdyttäminen laboratorion laitteisiin ja systeemeihin olisi vienyt turhaa aikaa. Näin määrityksiin ei tullut eri työskentelytavoista johtuvia virheitä tai eroja. Tulokset eivät olisi ollut yhtä luotettavia, jos minä olisin ne tehnyt.

8.3 Pesuliuosnäytteiden väkevyyismääritykset

CIP-pesun emäspesuliuoksista (ensimmäinen ja toinen pesu) mitattiin pitoisuus titraamalla sitä joka perjantai. Lisäksi ensimmäisen kahden viikon koeaikana seurattiin joka työpäivä emäspesuliuoksen johtokykyä siihen tarkoitettulla mittarilla, joka on osana pesujärjestelmää. Johtokyvystä voidaan laskea verrannon avulla pesuliuoksen pitoisuus. Titraamalla oli varmistettu, että johtokyvyn ollessa 50 S/cm, pesuliuoksen pitoisuus on noin 2,2 %. Eli kun haluttiin pesuliuoksen pitoisuudeksi 1,8 %, johtokyky oli muutettava arvoon 41 S/cm. Johtokykyä seurattiin siksi, että haluttiin varmistaa laitteiston tarkkuus ja kyky pitää pesuliuoksen väkevyyss halutussa arvossa pesun aikana.

Emäsluoksen titrauksessa pesuliuosta otettiin titrausastiaan 10 ml ja sekaan tiputettiin pari pisaraa fenoliftaleiinia indikaattoriksi. Liuos värjäytyi vaaleanpunaiseksi. Byretistä päästettiin pisaroittain titrausliuoksena olevaa 0,1 molaarista suolahappoa (HCl) näytteeseen, kunnes se muuttui värittömäksi. Titrauksessa tapahtuva reaktio:



Kuluneen suolahapon määrän ja muuntokertoimen avulla pystyttiin laskemaan liuoksen pitoisuus prosentteina valmiilla kaavalla.

8.4 Jätevesinäytteiden pH-määritys

Jätevesinäytteet otettiin erillisellä laitteistolla, joka otti näytteen alipaineella jätevesisäiliöstä. Laitteisto ohjelmoitiin niin, että se otti 250ml jätevettä keräysastiaan 15 minuutin välein vuorokauden ajan. Tällä tavoin saatiin pH:lle luotettava vuorokauden keskiarvo. Laitteisto sammutettiin, kun se oli ottanut vuorokauden näytteet. Keräysastiaa sekoitettiin ja siitä otettiin muovimukillinen jätevettä. pH-määritys suoritettiin tehtaan omassa laboratoriossa.

Jätevesinäytteitä otettiin yhteensä kolmena viikkona, joista yksi oli viikkona, jolloin oli käytössä normaali pesuresepti. Näytteet otettiin aina tiistai-torstaipäivinä, jolloin jäteveten ei vaikuttanut muualla tehtaassa suoritettavat

happopesut. Happopesut laskevat jäteveden pH:n alle normaalin 11:ta, jonka takia jäteveden pH:n seuranta noina päivinä olisi ollut turhaa.

9 Työn tulokset

9.1 Tuloksiin vaikuttavia tekijöitä

Kiertopesun onnistumiseen vaikuttaa ensimmäiseksi se, että pesut ovat suoritettu oikein. Ajat, lämpötilat, virtausnopeudet ja pesuliuospitoisuudet ovat oltava asetusten mukaiset ja on varmistettava, että kaikki linjastossa olevat laitteet ja putkistot peseytyvät. Useimmiten linjastoissa on kohtia, jotka ovat vaikeasti pestäviä eli joihin kiertopesu ei vaikuta täydellä teholla, eivätkä varmuudella puhdistu täysin. Scanegg Suomi Oy:n kiertopestävässä linjastossa tällaisia kohtia ovat mm. käsiventtiilit, joiden avulla ohjataan massaa oikeisiin paikkoihin sulkemalla ja avaamalla niitä. Niiden sisällä oleva läppä voi pesun aikana jäädä vinoon, jolloin kiertopesun virtaus ei saavuta venttiilin jokaista kohtaa. Tämän takia niitä pitäisi käänellä pesun aikana, jolloin varmistuttaisiin niiden hyvästä puhdistumisesta. Putkien perät aiheuttavat myös ongelmia kiertopesun tehokkuuteen. Niissä virtaus ei pääse kulkemaan läpi vaan pesuneste käy niissä ja lähtee takaisin toiseen suuntaan. Tällaisissa kohdissa turbulენტtista virtausta ei välttämättä tapahdu, jolloin mekaaninen puhdistus jää heikoksi. Pakkauskoneen syöttösuussa on pieniä koloja, joiden puhdistus on erittäin vaikeaa. Kiertopesu ei itsessään pääse puhdistamaan kyseisiä kohtia, jolloin ne on puhdistettava käsin. Nämä kohdat ovat kuitenkin suoraan kosketuksissa valmiiden tuotteiden kanssa, joten kolojen puhtaus on välttämätöntä jälkikontaminoinnin estämiseksi.

Pastöroitujen tuotteiden kohdalla kokonaisbakteerimääriä seurattaessa täytyy muistaa, että niihin vaikuttaa linjaston puhtauden lisäksi raakamassan bakteeritaso eli kokonaisbakteerimäärä, josta lähdetään liikkeelle. Pastörinti ei tapa kaikkia massassa olevia bakteereja, vain osan niistä, jolloin tuote säilyy pitempään. Pastörintilaitteita markkinoidaan asiakkaille niiden

pastörintikapasiteetin mukaan. Eli puhutaan ”neljän nollan” ja ”kolmen nollan” pastööreistä. Näillä tarkoitetaan sitä prosenttia bakteereista mikä jää tuotteeseen pastöroinnin jälkeen esim. 0,01 % ja 0,1 %. Näin ollen raakamassasta, jossa on paljon bakteereita, ei voi saada yhtä hyvää lopputuotetta kuin vähemmän bakteereita sisältävästä raakamassasta. Vaahtoaminen heikentää pastöroinnin tehokkuutta ilmakuplista johtuen. Sen seurauksena massa voi jäädä huomattavasti enemmän bakteereita kuin mitä normaalisti siihen jäisi. Vaahtoamisen voivat aiheuttaa anturivirheistä johtuvat turhaan käyvät sekoittimet ja pumput. Massan bakteerimääriin vaikuttaa myös se, kuinka kauan kananmunamassa on seisonut säiliössä. Massan säilöntälämpötila on 4-6 °C, mutta massan seisoessa sen lämpötila alkaa nousta vaikuttaen bakteerimääriin ja niiden kasvunopeuteen. Näytteitä otettaessa kontaminaatiota on varottava. Virheellinen näyte antaa väärän tuloksen pakattavissa olevan tuotteen bakteerimääristä.

9.2 Tuotteiden bakteerimäärät

Taulukoista 3, 4 ja 5 selviää molempien testijaksojen aikana otetut enterobakteeri- ja kokonaisbakteerimäärät. Seuratut tuotteet olivat einesmunamassa, kokomunamassa ja vakioitu munamassa. Tiettyinä päivinä on samasta tuotteesta otettu useampi kuin yksi näyte. Tämä johtuu siitä, että on pakattu yli 4000 kg massaa kerralla tai asiakas on vaihtunut. Enterobakteerien kohdalla <10 merkintä tarkoittaa, ettei bakteereita ole löytynyt. Taulukossa 3 on esitetty einesmunamassan bakteerimäärät testijaksojen aikana. Taulukossa 4 on esitetty kokomunamassan bakteerimäärät testijaksojen aikana. Taulukossa 5 on esitetty vakioidun munamassan bakteerimäärät testijaksojen aikana.

Liitteissä 1 ja 2 näkyvät kaavioina einesmunamassan bakteerimäärät. Liitteissä 3 ja 4 on kokomunamassan bakteerimäärät kaavioissa ja liitteissä 5 ja 6 vakioidun munamassan bakteerimäärät.

Taulukko 3. Einesmunamassan bakteerimäärät testijaksojen aikana

Tuote	Päivämäärä	Enterob. pmy/ml	Kok.bakt. pmy/ml
Einesmunamassa	23.11.09	<10	1500
	24.11.09	<10	950
	24.11.09	<10	1200
	25.11.09	<10	1300
	26.11.09	<10	500
	30.11.09	<10	100
	30.11.09	<10	150
	01.12.09	<10	1300
	02.12.09	<10	3500
	03.12.09	<10	1800
	03.12.09	<10	3200
	11.1.10	<10	1100
	12.1.10	<10	950
	12.1.10	<10	2200
	13.1.10	<10	900
	18.1.10	<10	350
	19.1.10	<10	600
	19.1.10	<10	600
	20.1.10	<10	950
	21.1.10	<10	1500

Taulukko 4. Kokomunamassan bakteerimäärät testijaksojen aikana

Tuote	Päivämäärä	Enterob. pmy/ml	Kok.bakt. pmy/ml
Kokomunamassa	23.11.09	<10	850
	24.11.09	<10	100
	24.11.09	<10	100
	24.11.09	<10	200
	25.11.09	<10	550
	25.11.09	<10	300
	26.11.09	<10	700
	26.11.09	<10	450
	26.11.09	<10	600
	26.11.09	<10	600
	30.11.09	<10	550
	01.12.09	<10	450
	01.12.09	<10	600
	02.12.09	<10	650
	03.12.09	<10	2300
	04.12.09	<10	2000
	04.12.09	<10	3200
	04.12.09	<10	6300
	11.01.10	<10	650
	12.01.10	<10	700
	12.01.10	<10	550
	12.01.10	<10	300
	13.01.10	<10	1000
	13.01.10	<10	750
	13.01.10	80	650
	14.01.10	2	300
	14.01.10	2	400
	18.01.10	<10	400
	18.01.10	<10	650
	19.01.10	<10	100
	19.01.10	<10	350
19.01.10	<10	200	
19.01.10	<10	600	
20.01.10	<10	300	
21.01.10	<10	200	

Taulukko 5. Vakioidun munamassan bakteerimäärät testijaksojen aikana

Tuote	Päivämäärä	Enterob. pmy/ml	Kok.bakt. pmy/ml
Munamassa vakio	23.11.09	<10	500
	23.11.09	<10	350
	23.11.09	<10	300
	25.11.09	<10	500
	25.11.09	<10	800
	25.11.09	<10	450
	26.11.09	<10	800
	26.11.09	<10	450
	30.11.09	<10	400
	30.11.09	<10	500
	02.12.09	<10	1700
	02.12.09	<10	2200
	02.12.09	<10	300
	02.12.09	<10	2100
	11.01.10	<10	800
	11.01.10	<10	500
	11.01.10	<10	800
	13.01.10	<10	500
	13.01.10	<10	1000
	13.01.10	10	150
	13.01.10	<10	750
	18.01.10	<10	450
	18.01.10	<10	150
	18.01.10	<10	400
	20.01.10	<10	350
	20.01.10	<10	400
20.01.10	<10	850	

9.3 Raakamassan kokonaisbakteerimäärät

Raakamassasta ei otettu näytettä joka päivä, mutta kuitenkin joka viikko otettiin yksi tai kaksi näytettä. Ensimmäiseltä koeviikolta ei ole testeissä mukana olevaa raakamassan bakteerimäärää, koska perjantaina 27.11.2009 käytettiin säiliöautolla tuotua kananmunamassaa, joka oli jo kertaalleen pastöroitua. Taulukossa 6 on esitetty raakamassan bakteerimäärät testijaksojen aikana.

Taulukko 6. Raakamassan bakteerimäärät testijaksojen aikana

Päivämäärä	Kok.Bakt. cfu/ml
3.12.2009	3400000
4.12.2009	4100000
11.1.2010	4800000
18.1.2010	4500000

9.4 Emäspesuaineliuosten väkevyydet työn aikana

Emäspesuaineliuosten väkevyyksiä seurattiin ensimmäisen kahden viikon mittaisessa testijaksossa. Väkevyydet mitattiin johtokykyinä ja maanantaisin pesuliuosta titrattiin. Titrattut pesuaineväkevyydet on esitetty lihavoituna taulukossa 7. Lisäksi vertailun vuoksi taulukkoon on merkitty ennen testijaksoa titratut pesuaineväkevyydet, jolloin johtokyky oli asetettu arvoon 50 S/cm.

Taulukko 7. Emäspesuaineliuosten johtokyvyt ja väkevyydet

Päivämäärä	Pieni pesukierto		Iso pesukierto	
	Johtokyky S/cm	Väkevyyys %	Johtokyky S/cm	Väkevyyys %
02.11.09	50	2,2	50	2,2
09.11.09	50	2,4	50	2,5
16.11.09	50	2,4	50	2,5
23.11.09	41	1,9	41	1,9
24.11.09	41		41	
25.11.09	41		41	
26.11.09	41		41	
30.11.09	40,5	1,9	42	1,8
01.12.09	40,5		42	
02.12.09	42		41	
03.12.09	41		41	

9.5 Jäteveden pH

Jäteveden pH:ta seurattiin kolmena viikkona. Ensimmäisen ja toisen testijakson aikana ja niiden välissä normaalin pesun aikana, jolloin pesuaineen johtokyky oli 50 S/cm. Taulukossa 8 on ilmoitettu jäteveden mitattu pH, sekä seurattu johtokyky kyseisinä mittauspäivinä.

Taulukko 8. Jäteveden pH:t ja mittauspäivinä käytössä ollut pesuliuoksen johtokykyarvo

Päivämäärä	jäteveden pH	Johtokyky S/cm
02.12.09	10,5	41
03.12.09	10,7	41
29.12.09	11,3	50
30.12.09	11,1	50
19.01.10	11,2	40
20.01.10	11,1	40

10 Tulosten tulkintaa ja arviointia

Testijaksojen jokaiselta työpäivältä ei ole opinnäytetyössä huomioituja tuloksia. Se johtuu siitä, että esimerkiksi joka perjantaina laitteisto kiertopestiin ison ja pienen pesukierron lisäksi vahvasti emäksisellä pesunesteellä, joka desinfioi pesulinjan aktiivikloorilla. Tämän takia perjantaisin en seurannut jäteveden pH:ta enkä sitä, saavuttiko pesun virtausnopeudet 8000 l/h. Sitä pidettiin itsestäänselvytenä. Tämän lisäksi perjantaisin pakattiin lähes poikkeuksetta joitain mixejä eli tuotteita joissa on säilöntäaineita tai mm. maitojauhetta. Näitä tuotteita ei otettu mukaan tarkasteluun. Niiden bakteerimäärät olivat hyvin pieniä johtuen lisäaineista ja näytteitä tuli lukumäärällisesti vähän. Jotkut perjantaipäivät olivat myös kokonaan seisokkipäiviä, johtuen kunnossapidollisista töistä tai tilauskannat olivat niin pienet, että tuotteita ei kannattanut tehdä silloin.

Enterokokki, *Bacillus cereus*, ja *Stafylococcus aureus*- bakteerimäärät olivat testijaksojen aikana lähes aina <10 eli näytteissä oli 0 pesäkettä. Niitä määritettiin jokaisesta tuotantoerästä, mutta ei jokaisesta näytteestä. *Bacillus cereus*- bakteereita löytyi viikolla 49 ja 2 parista kokomunamassanäytteestä 10-80 pmy/ml. Tämä on outoa, koska kyseisinä päivinä kokonaisbakteerimäärät olivat todella matalia, pääsääntöisesti alle 500 pmy/ml. Tämä voidaan kuitenkin selittää sillä, että *B. cereus* on itiöllinen bakteeri. Itiöt selviävät pastöroinnista, koska kananmunan ominaisuuksien takia sitä ei voida kuumentaa kuin noin 65

°C, jolloin itiöt eivät tuhoudu. Itiöt vaativat tuhoutuakseen 2-8 minuuttia 100 °C lämpötilassa.¹²

Kokonaisbakteerimääriä tutkiessani huomasin, että tuotteissa olleet bakteerimäärät olivat reilusti alle asiakkaille luvattujen rajojen. Kokonaisbakteerien kohdalla asiakkaille luvattu bakteerien yläraja on 10 000 pmy/ml, joka on määrätty omavalvonnassa. Enterobakteerimäärissä omavalvonnassa asiakkaille luvattu yläraja on 10 pmy/ml ja laki sallii 100 pmy/ml¹³. Testijaksot olivat kahden viikon mittaisia, jolloin pesujen onnistuminen näkyy vasta jälkimmäisellä testiviikolla. Kokonaisbakteerimäärissä on havaittavissa selvää nousua ensimmäisen testijakson jälkimmäisellä viikolla. 4.12.2009 Kokomunamassan bakteerimäärä nousi yhdessä näytteessä yli 6000 pmy/ml. Einesmunamassan ja vakioidun munamassan kokonaisbakteerimäärät kohosivat 2000-3500 pmy/ml loppuviikosta 49. Eli voidaan päätellä, että samasta syystä johtuvaa bakteerimäärän nousua oli kaikissa kolmessa munamassassa. Viikolla 50, joka ei enää kuulunut testijaksoon, havaittiin anturivirhe, joka aiheutti pumpun turhaa käyntiä. Se taas vaahdotti kananmunamassoja, jolloin niiden pastörinti ei onnistunut kunnolla. Bakteeritaso ei anturivirheestä huolimatta noussut yli rajojen eikä enterobakteereita jäänyt pastöroituihin tuotteisiin.

Kokonaisbakteerimäärissä on havaittavissa nousua ja laskua, mikä voidaan selittää raakamassan eri bakteerimäärillä, koska pastörintilaitteisto pastöroi aina samalla tavalla ja tuhoaa aina samassa suhteessa bakteereita. Tietysti vaahtoamiset ja muut poikkeustilanteet vaikuttavat pastörintin onnistumiseen, mutta niitä ei testijaksojen aikana havaittu yhtä anturivirhettä lukuun ottamatta.

Pesuliuosten johtokyvyissä ei ollut suuria poikkeamia. Laitteiston asetetut rajat pysyivät ja pesujen aikana johtokyky pysyi lähes samana. Johtokyvyt vaihtelivat ensimmäisellä testijaksolla 41,5 – 42 S/cm, jolloin asetusarvo oli 41. Titrauksilla varmistettiin pesuaineväkevyys oikeaksi ja se oli joka titrauskerralla noin 1,9 %, joka on hieman enemmän kuin asetetun johtokyvyn mukaan pitäisi olla. Titraus suoritettiin kuitenkin käsin pikatitrauslaitteistolla, jossa titrattavaa suolahappoa

tippui pesuaineliuokseen helposti hieman liikaa. Näin ollen titrausarvot saattavat olla hieman liian suuria.

Jätevesien pH laski yhdellä testiviikolla alle 11 pH:n, mutta ylitti sen kuitenkin toisella testiviikolla. Lisäksi pesuliuosten johtokyvyn ollessa normaali 50 S/cm, jätevesien väkevyydet olivat lähes samat kuin jälkimmäisellä testiviikolla. Pesuainepitoisuuden alennuksella ei siis ollut merkittävää muutosta jäteveden pH arvoihin. On muistettava, että jäteveden väkevyyteen vaikuttaa hyvin moni asia. Testissä olleen putkipastöörin lisäksi tehtaassa on levypastööri, jonka pesut vaikuttavat jäteveden väkevyyteen. Samaan jätevesisäiliöön kulkeutuu raakamassasäiliöiden pesuneste, kananmunarikkomon laitteistojen pesunesteet sekä tehdastilojen pesunesteet.

Tulosten varjolla voidaan päätellä, että laimeampi emäspesuliuos puhdistaa prosessilinjaston hyvin. Bakterimäärityksien mukaan pesut onnistuivat, eivätkä tuotteet jälkikontaminoituneet, koska putkistoihin ei jäänyt likaa eikä bakteereita. Vaikka ensimmäisen testijakson lopussa oli havaittavissa bakterimäärän nousua, selittynee se anturivialla ja vaahtoamisella. Toisella testijaksolla bakterimäärät pysyivät normaalissa, eikä mitään poikkeavaan havaittu. Lisäksi putkistojen pesujen onnistumista tukee suoritettu kunnossapitohuolto, jossa ei havaittu minkäänlaista likaa prosessiputkistossa. Testattu 1,8 % emäspesuliuos voidaan tulosten mukaan ottaa käyttöön Scanegg Suomi Oy:ssä. Se milloin pysyvä muutos tehdään, ei ole päätetty.

10.1 Kustannussäästöt

Vettä kuluu emäspesujen aikana yhteensä noin 1020 litraa. Pesuliuosväkevyyden ollessa 2,2 %, laitteisto lisää yhteensä ison- ja pienen pesukierron aikana pesunestettä veteen 22,44 litraa. Alennetulla 1,8 % väkevyydellä pesuainetta kuluu 18,36 litraa. Pesuainetta kuluu siis 4,08 litraa vähemmän päivässä. Pesuaineen litrahinta on 1,07 €, jolloin päiväsäästöksi tulee 4,37 €. Vuositasolla säästöä syntyy 1048,80€ olettaen, että tuotantoa on 240 päivänä vuodessa. Käytännössä työpäiviä ei tule 240 vuodessa seisokkien

takia. Lisäksi laitteistojen osat, kuten tiivisteet, kestävät paremmin laimeamman emäspesuaineen takia.

LÄHTEET

1. Lelieveld, Huub, Mostert, M., Holah, J., White, B. (2001) Hygiene in Food Processing: Principles and Practice. Cambridge England: Woodhead Publishing Limited ss. 211
2. Marriott, Norman G., Gravani, Robert. B. (2006) Principles of Food Sanitation, 5th ed. Boston, MA : Springer Science+Business Media ss. 201-204
3. Lelieveld, Huub, Mostert, M., Holah, J., White, B. (2001) Hygiene in Food Processing: Principles and Practice. Cambridge England: Woodhead Publishing Limited ss. 249
4. Luentomoniste Turun ammattikorkeakoulu, Heino, Joni (2008) Tehdassuunnittelu prosessiteollisuudessa ss. 91-94
5. Tamime, Adnan, Y.,(2008) Cleanin-In-Place: Dairy, Food and Beverage operations 3th edition Blackwell Publishing Ltd ss. 2-5
6. Tamime, Adnan, Y.,(2008) Cleanin-In-Place: Dairy, Food and Beverage operations 3th edition Blackwell Publishing Ltd ss. 96-103
7. Scanegg Suomi Oy, Kiertopesun käyttöohje
8. Lelieveld, Huub, Mostert, M., Holah. (2005) Improving Hygiene In the Food Industry, Cambridge England: Woodhead Publishing Limited ss. 452
9. Tamime, Adnan, Y.,(2008) Cleanin-In-Place: Dairy, Food and Beverage operations 3th edition Blackwell Publishing Ltd ss. 68
10. Marriott, Norman G., Gravani, Robert. B. (2006) Principles of Food Sanitation, 5th ed. Boston, MA : Springer Science+Business Media ss. 207-208
11. Scanegg Suomi OY Munatuotekäsikirja ss. 34
12. Elintarviketurvallisuusvirasto, bacillus cereus [online viitattu 11.05.2010] saatavilla www-muodossa:
http://www.evira.fi/portal/fi/elintarvikkeet/hygieniaosaaminen/tietopaketti/ruokamyrkytykset/ruokamyrkytyksia_aiheuttavia_bakteereja/bacillus_cereus/.
13. Komission asetus (EY) N:o 2073/2005 elintarvikkeiden mikrobiologisista vaatimuksista

