



LUMINOMETRIN KÄYTTÖÖNOTTO JA SEN SOVELTUVUUDEN TESTAAMINEN

Fazer Makeiset Oy

Bio- ja elintarviketekniikan opinnäytetyö
Bio- ja elintarviketekniikka, insinööri (AMK)
Kevät 2024
Janni Metsämuuronen

Opinnäytetyön tavoitteena oli määrittää adenosiinitrifosfaattia (ATP) mittaavalle luminometrille raja-arvot Fazer Makeisten Lappeenrannan tehtaalle. Tämän lisäksi tehtiin selvitystä voisiko bioluminesenssimenetelmä korvata nykyisen mikrobiviljelymenetelmän tehtaan säännöllisessä hygienian seurannassa. Tarkoituksena oli myös tutustua luminometrin käyttöön ja luoda sille käyttöönottosuunnitelma. Työn tilaajana toimi Fazer Makeiset Oy, Lappeenrannan tehdas.

Opinnäytetyön alkuun koottiin yleistä tietoa elintarviketurvallisuudesta ja -hygieniasta. Tietoa haettiin eri kirjallisuuden lähteistä sekä viranomaisten luomista julkaisuista ja raporteista. Työn edetessä syvennyttiin puhtauteen vaikuttaviin tekijöihin sekä mikrobeihin. Pintahygienian mittausmenetelmät osoissa perehdyttiin bioluminesenssiin sekä kokonaisbakteerien määrittäisiin. Selvitystyötä tehtiin myös ATP:n määrää kuvaavan suhteellisen valon yksikön (RLU) ja kokonaisbakteerien mittaauksessa käytettävän pesäkkeen muodostavaa yksikköä (pmy) korrelaatiosta keskenään.

Lopputuloksena saatiin ohjeistus, miten luminometrin käyttöönotto tapahtuu ja miten määritetään mittauksissa ja seurannassa tarvittavat raja-arvot. Lopullisia raja-arvojen määrittämiä ei salassapitovelvollisuuden vuoksi voida käydä läpi, mutta kerättyjen mittausten keskiarvoja tarkastellaan mittauskohteiden käyttötarkoitusten ja pintamateriaalien avulla. Mittaustulokset ovat jaettuna kuljettimiin, koneisiin ja työvälineisiin sekä materiaalin puolesta ruostumattomaan teräkseen ja muoviin. Mittausten tulokset olivat pääasiassa erittäin hyviä, muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta.

Johtopäätöksenä voitiin todeta, että ATP:n mittaus ei tällä hetkellä sovi tehtaan nykyisiin toimintatapoihin, ainakaan siten kuin siellä oli ajateltu. Tähän johtopäätökseen tultiin siksi, että henkilöt, jotka osaavat käyttää luminometriä eivät ole aina paikalla tuotantolinjojen pesujen aikana. Jos ATP:n mittaus halutaan osaksi säännöllistä seurantaa, tulisi tuotannon henkilökuntaa ja työnjohtoa opastaa ja kouluttaa käyttämään luminometriä. Saatujen tulosten perusteella voitiin kuitenkin todeta, että luminometrillä mitatut tulokset olivat luotettavia ja luminometri sopii tällä hetkellä parhaiten sellaisiin tarkastuksiin, jotka tapahtuvat satunnaisesti.

Avainsanat Luminometri, adenosiinitrifosfaatti, elintarvikehygieniä, pintahygienia, elintarviketurvallisuus

Sivut 40 sivua

The aim of the thesis was to determine the limit values for the luminometer measuring adenosine triphosphate (ATP) for the Fazer Confectionery. In addition, it was examined whether the bioluminescence method could replace the current microbial culture method in the regular hygiene monitoring at the factory. The purpose was also to become familiar with the use of the luminometer and create a deployment plan for it. The commissioner of the project was Fazer Confectionery, Lappeenranta.

At first, general concepts in food safety and hygiene were introduced. Information was collected from various literature sources as well as publications and reports created by the authorities. Thereafter, factors affecting cleanliness and microbes were presented. Bioluminescence as well as the commissioner's current microbial measurement method were overviewed in a separate section on methods of surface hygiene measurement. The theoretical part of the thesis included a review of some current research on the correlation between RLU (relative light unit), which describes the amount of ATP, and CFU (colony-forming unit) which describes the number of colonies.

The study resulted in providing instructions on how to implement the luminometer and how to determine the limit values necessary for measurements and monitoring were created for the client. Due to the obligation of confidentiality, the final determinations of limit values could not be reviewed, but the average values of the collected measurements were examined considering the use and surface materials of the measurement objects. The measurement results were divided into conveyors, machines and work tools, and by material into stainless steel and plastic. The results of the measurements were mainly very good, with a few exceptions.

In conclusion, it could be indicated that the measurement of ATP is not currently suitable for the current operating methods of the factory, at least in the way it was originally intended. This conclusion was reached because people who know how to use a luminometer are not always present during the washing of the production lines. If the ATP luminometry is to be part of regular monitoring, the production staff and management should be instructed and trained to use a luminometer. However, based on the results obtained, it could be concluded that the results measured with the luminometer were valid and that the luminometer is currently best suited for random inspections.

Keywords Luminometer, food Safety, hygiene, adenosine triphosphate

Pages 40 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Elintarviketurvallisuus Suomessa	2
2.1	Elintarvikkeidenvalvonta osana niiden turvallisuutta	2
2.2	Omavalvonta.....	3
3	Elintarvikehygieniä ja tuotantotilojen puhtaanapito	5
3.1	Biofilmi	6
3.2	Puhdistukseen vaikuttavat tekijät	6
3.3	Laittehygieniä.....	7
4	Mikrobit	8
4.1	Bakteerit	10
4.2	Hiivat.....	11
4.3	Homeet	11
4.4	Virukset.....	12
5	Pintahygienian mittausmenetelmät.....	13
5.1	Hygicult-mittausmenetelmä.....	13
5.2	Bioluminesenssi	14
5.3	ATP-mittauksen raja-arvot ja tuloksiin vaikuttavia asioita	15
5.4	Kokonaisbakteerien ja ATP-mittausten verrannollisuus.....	17
6	Työn suoritus	18
6.1	Ohjeet näytteenottoon.....	18
6.2	Raja-arvojen määrittäminen luminometrille	19
7	Tulokset	21
7.1	Käyttötarkoitus	23
7.2	Materiaalit	26
8	Johtopäätelmät ja pohdiskelut.....	29
	Lähteet	31

Kuvat, taulukot ja kaavat

Kuva 1. Hygicult TPC (Yellow Service, n.d.)	14
Kuva 2. Bioluminesenssi reaktioyhtälö (M3, 2010.).....	15
Kuva 3. Ehdotetut raja-arvot luminometrille (3M, 2014).....	16
Kuva 4. Raja-arvojen asteikot	20
Kuva 5. Näytteiden määrät.....	22
Kuva 6. Kuljettimet: mittausten keskiarvot.....	24
Kuva 7. Koneet: mittausten keskiarvot	25
Kuva 8. Työvälineet: mittausten keskiarvot	26
Kuva 9. Ruostumaton teräs: mittausten keskiarvot	27
Kuva 10. Muovi: mittausten keskiarvot.....	28
Taulukko 1. Esimerkki arvot raja-arvojen määrittämiseen.	20
Taulukko 2. Esimerkki arvot raja-arvojen määrittämiseen.	20
Taulukko 3. Raja-arvot jaettuna kahteen luokkaan.....	21
Taulukko 4. Raja-arvot jaettuna kolmeen luokkaan	21
Taulukko 5. Näytteenottopisteet.....	22

Käytetyt lyhenteet

Lyhenteiden selitykset:

ATP Adenosinotrifosfaatti

EFSA European Food Safety Authority, Euroopan elintarviketurvallisuusviranomainen

HACCP Hazard Analysis and Critical Control Points, vaarojen analysointi ja kriittiset kohdat niiden hallitsemiseksi

pmy pesäkkeen muodostavaa yksikköä

CFU Colony-Forming Unit, pesäkkeen muodostavaa yksikköä

RLU Relative light unit, suhteellinen valon yksikkö

TPC Total plate count, kokonaisbakteeri pesäkkeiden lukumäärä

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä kuvataan pintahygieniaa mittaavan laitteen eli luminometrin soveltumista Fazer Makeisten tehtaalle Lappeenrantaan. Luminometrin toiminta perustuu adenosiinitrifosfaatin eli ATP:n mittaamiseen. Luminometrin käyttöön otosta luotiin suunnitelma, jonka perusteella suoritettiin opinnäytetyön kokeellinen osuus. Tehtaalla oli ennestään käytössä kokonaisbakteereja mittaava Hygicult-mittausmenetelmä. Tämän työn tarkoituksena oli kartoittaa Hygicultien mahdollinen korvaaminen luminometrillä tehtaan säännöllisessä hygienianvalvonnassa. ATP:n mittaus on nopea menetelmä, jolla saadaan selville pintahygienian taso. Nykyinen Hygicult-testausmenetelmä koettiin hitaaksi, joten tarkoituksena oli selvittää luminometrin soveltuminen tehtaan nykyisiin käytänteisiin.

Tämä opinnäytetyö toteutettiin toiminnallisena työnä. Tutkimuksessa käytettiin pääasiassa kvantitatiivisia tutkimusmenetelmiä. Työ koostui näytteiden keräämisestä sekä tulosten analysoinnista. Tutkimuskysymysten avulla selvitettiin, miten puhtauden raja-arvot määritetään, onko luminometrillä mitattu tulos riittävä esimerkiksi jonkun laitteen käyttöönottopäätöstä tehdessä tai miten mitattavien pintojen materiaali vaikuttaa lopputulokseen.

Kokeellisen osuuden lisäksi työssä perehdytään myös elintarviketurvallisuuden ja -hygienian kannalta tärkeisiin käsitteisiin. Tämän jälkeen tutustutaan työn suorituksessa tarvittaviin pintahygienian mittausmenetelmiin, sekä näiden menetelmien tulosten verrannollisuuteen. Lopussa kerrotaan työnsuorituksesta, sekä raja-arvojen määrittämisestä ATP:n mittauksessa. Salassapitovelvollisuuden vuoksi lopulliset mittausarvot ja tarkat mittauskohteet on päätetty pitää salassa. Mittausten tuloksia päästään kuitenkin katsomaan keskiarvojen muodossa. Tuloksia käydään läpi mittauskohteiden käyttötarkoituksen ja pintamateriaalien kautta. Tämä tapahtuu vertaamalla ATP-mittausten tuloksia Hygicult TPC:llä mitattuihin kokonaisbakteerien tuloksiin.

Työn tilaajana toimi Fazer Makeiset Oy, Lappeenranta. Fazer Makeisten Lappeenrannan tehtaalla valmistetaan marmeladi- ja sokerimakeisia sekä purukumeja ja ksylitolipastilleja. Makeisia valmistetaan tehtaalla vuosittain noin 20 miljoonaa kiloa ja tehdas työllistää noin 400 henkilöä. Makeisilla työskentelee kokonaisuudessaan noin 2000 henkilöä ja sen muut toimipisteet sijaitsevat Vantaalla ja Lahdessa. Fazer Makeiset on osa Fazer konsernia ja myös yksi johtavista makeisyhtiöistä Suomessa. (Fazer Makeiset Oy, henkilökohtainen tiedonanto, n.d.)

2 Elintarviketurvallisuus Suomessa

Elintarviketurvallisuus Suomessa on maailman mittakaavassa korkealla tasolla. Sen saavuttamiseksi on tehty vuosia määrätietoista työtä. Elintarviketurvallisuus pitää sisällään koko matkan raaka-aineesta valmiiksi tuotteeksi, joka myydään kuluttajalle. Yhden tuotteen valmistamiseen voidaan tarvita monia eri välikäsiä, joiden kaikkien tulee kantaa vastuu ohjeiden ja sääntöjen noudattamisesta. (ETL, n.d.)

Elintarviketurvallisuudella tarkoitetaan oikeiden ja turvallisten valmistusmenetelmien lisäksi myös oikeanlaisia pakkausmerkintöjä, sekä tuotteiden ja raaka-aineiden jäljitettävyyttä. Tuotteen tulee olla puhdas ja turvallinen koko matkan ajan raaka-aineesta lopputuotteeksi. Tätä pyritään osaltaan takaamaan lukuisilla lakisääteisillä toimenpiteillä, ja elintarviketurvallisuus onkin eräs säädellyimmistä teollisuuden aloista Euroopassa. Viranomaiset valvovat sääntöjen noudattamista muun muassa Oiva-tarkastuksilla, mutta suurin vastuu on toimijalla itsellään. Kaikilla elintarvikealan yrityksillä tulee olla omavalvontasuunnitelma, jota noudattamalla voidaan taata turvalliset elintarvikkeet. (ETL, n.d.) Vakavimmillaan elintarviketurvallisuutta ja hygieniaa laiminlyövät työntekijät ja yritykset voivat vaarantaa ihmishenkiä, sillä elintarvikkeiden kautta on mahdollista levitä ruokamyrkytyksiä aiheuttavia mikrobeja tai niiden tuottamia toksineja (Ruokavirasto, 2024).

Elintarviketurvallisuuden takaamiseksi on luotu työkaluja, joilla yritys voi osoittaa hallitsevansa vastuullisen toiminnan elintarvikealalla toimiessaan. ISO 22000 -standardi on elintarvikealan yrityksille hyvä työkalu hallintajärjestelmän rakentamiseksi. Se sisältyy sellaisenaan myös FSSC 22000 -sertifiointiin. Sertifioidusta hallintajärjestelmästä saadulla sertifikaatilla voidaan viestiä asiakkaille ja muille sidosryhmille toimivasta järjestelmästä, sekä yrityksen vastuullisuudesta ja sitoutumisesta elintarvikeriskien hallintaan. Sertifioitu elintarviketurvallisuusjärjestelmä on yhä useammin perusvaatimus, jos tuotteita halutaan viedä maailmalle. Sertifikaatti on voimassa kolme vuotta ja siitä tehdään seuranta-arvioinnit vuosittain. (Kiwa, n.d.)

2.1 Elintarvikkeidenvalvonta osana niiden turvallisuutta

Suomessa elintarvikkeiden valvonta perustuu EU-lainsäädäntöön sekä maa- ja metsätalousministeriön laatimaan tarkentavaan kansalliseen elintarvikelakiin (297/2021), sekä muihin asetuksiin. Elintarvikelain tarkoituksena on suojella kuluttajaa terveydellisiltä ja taloudellisilta haitoilta. Laki velvoittaa elintarvikealan toimijoita huolehtimaan elintarvikkeiden ja niiden kanssa kosketuksissa olevien materiaalien laadusta sekä varmistamaan niistä annettavien tietojen oikeellisuus ja riittävyys. Elintarvikkeiden valvontaa suorittavat monet eri

tahot Suomessa ja elintarvikelain 3 luvussa kerrotaan tarkemmin elintarvikealan viranomaisista sekä niiden tehtävistä. (Elintarvikelaki 297/2021)

Ruokavirasto tutkii elintarvikkeista erilaisien taudinaiheuttajien ja raskasmetallien pitoisuutta tai saantia sekä ihmisillä että eläimillä. Nämä tutkimukset ovat apuna lainsäädännön päivittämisessä ja ohjaamisessa. Kunnat puolestaan hoitavat elintarvikevalvontaa omana yrityksenään. Valvonnan toimet perustuvat Ruokaviraston määräyksiin. Lainsäädäntö, määräykset ja yhteistyö ovat apuna erilaisten taudinaiheuttajien ja terveydelle vaarallisten aineiden torjunnassa ruoan tuotantoketjuissa. Tämä on yksi syy sille, miksi Suomessa esiintyy huomattavasti vähemmän taudinaiheuttajia kuin muualla Euroopassa. Ruokaviraston ja kunnan lisäksi elintarvikkeiden valvontaa suorittaa myös Tulli. Tullin tehtävänä on valvoa EU:n jäsenmaista ja kolmansista maista tulevia elintarvikkeita. Tarkastuksissa käytetään laboratoriotutkimuksia, joiden avulla elintarvikkeista määritetään muun muassa kasvinsuojeluaineiden jäämiä, hometoksiineja tai geenimuuntelua. Väärrennetyt elintarvikkeet ovat uusi ja iso haaste Euroopassa, mutta Tulli pyrkii estämään niiden pääsyn Suomen markkinoille. (Kuluttajaliitto, n.d.)

Suomalaisia elintarvikkeita valvotaan myös kansainvälisellä tasolla. Euroopan elintarviketurvallisuusvirasto EFSA vastaa ruoan turvallisuudesta Euroopassa. EFSA kerää tietoa ja tekee riskiarvioiteja laajasti asioista, jotka vaikuttavat suoraan tai välillisesti elintarvikkeiden turvallisuuteen. Euroopan komissio hyödyntää EFSA:n antamia lausuntoja päätöksenteossa. EFSA:n tehtävänä on antaa vankka tieteellinen perusta elintarviketurvallisuutta koskevien lainsäädännöllisten toimenpiteiden määrittämiselle. Sen tavoitteena on myös tarjota asianmukaista ja tarkkaa tietoa elintarviketurvallisuudesta kaikille. (Kuluttajaliitto, n.d.)

2.2 Omavalvonta

Omavalvonnalla tarkoitetaan elintarvikealan toimijoiden tekemää jatkuvaa ja järjestelmällistä hygienian valvontaa sekä tuotteiden laadun tarkastusta. Sen tarkoituksena on ennaltaehkäistä ongelmia ja vaaratilanteita ensisijaisesti tuoteturvallisuuden näkökulmasta. (Ijäs & Saloniemi, 2021, s. 48) Omavalvonnan avulla ihmiselle terveydellistä haittaa aiheuttavat vaaratekijät voidaan havaita jo ennen kuin tuotteita lasketaan markkinoille. Vaarat voivat olla mikrobiologisia, kemiallisia tai fysikaalisia ja niiden todennäköisyys voi vaihdella tilanteen mukaan. (Ruokavirasto, n.d.-c) Omavalvonnalla voidaan parantaa yrityksen taloudellista tulosta ja toimintaa. Tietoisuus jo olemassa olevien elintarvikkeiden määristä ja niiden oikeista säilytystavoista voi ehkäistä mm. ruokahävikin määrää. Samalla tavalla voidaan tarkastella myös pesu- ja desinfiointiaineita. Annostelemalla ja optimoimalla

niiden käyttöä voidaan säästää merkittävästi rahaa ja parantaa työturvallisuutta. (Ijäs & Saloniemi, 2021, s. 48)

Omavalvonnan perusteena on riskien arviointi, mutta usein apuna käytetään niin kutsuttua HACCP-periaatetta. HACCP tulee sanoista Hazard Analysis and Critical Control Points. Sen tarkoituksen on tunnistaa vaaratekijöitä niin todennäköisyyteen kuin vakavuuteen nojaten. HACCP:n avulla voidaan havaita tilanteet ja paikat, jotka tarvitsevat kriittisen hallintapisteen. (Ijäs & Saloniemi, 2021, s. 48) HACCP-periaatteita on olemassa yhteensä seitsemän erilaista:

1. Vaarojen arviointi
2. Kriittisten hallintapisteen määrittäminen
3. Kriittisten rajojen määrittäminen
4. Kriittisten hallintapisteen seuranta- ja käytäntöjen laatiminen
5. Korjaavien toimenpiteiden määrittäminen
6. Todentamiskäytäntöjen laatiminen ja HACCP-ohjelman validointi
7. HACCP-asiakirjat ja tallenteet

Näiden periaatteiden avulla voidaan tarkastaa kaikki tuoteturvallisuuteen vaikuttavat asiat aina raaka-aineesta lopputuotteeseen asti. On mahdollista, että kaikissa prosesseissa ei havaita kriittisiä hallintapisteitä, mutta usein tehty työ opettaa uusia toimintatapoja sekä lisää omien tuotteiden, prosessien ja työvaiheiden tuntemusta. (Ruokavirasto, n.d.-a.)

Omavalvonta on kaikille elintarvikealan toimijoille lakisääteinen. Sen suunnittelusta vastaa yrityksen omistaja tai määrätty henkilö. Omavalvonta on jatkuvaa seuranta ja sitä tulee päivittää sitä mukaa, kun poikkeamia huomataan tai toiminta muuttuu. Yrityksen tulee perehdyttää kaikki sen työntekijät omavalvontaan ja vaatia hygieniapassin suorittamista. Omavalvonnan sisällön määrittelee se, minkälaisia tuotteita yritys valmistaa. Yleisesti tuotteista tulisi tarkkailla mm. hajua, makua, rakennetta ja ulkonäköä. Näiden lisäksi voidaan tarkkailla tuotteen tai raaka-aineen happamuutta, suolapitoisuutta tai/ja siinä havaittujen mikrobin määrää. Tällöin tutkittaville ominaisuuksille tai pitoisuuksille asetetaan rajat, joita ei saa ylittää. Jos rajat ylittyvät jostain syystä, on yrityksen ryhdyttävä korjaaviin toimenpiteisiin. Korjaavia toimenpiteitä voivat olla esimerkiksi lisäpuhdistukset, lisänäytteet tai toiminnan kehittäminen. (Ijäs & Saloniemi, 2021, ss. 48–49; Hygieniapassi, n.d.-b)

Teollisuudessa käytetään usein erilaisia mittauslaitteita, joiden avulla voidaan varmistaa tuotteiden turvallisuus. Näitä laitteita ovat mm. metallinilmaisimet ja röntgenit. Näiden avulla tuotteen seasta voidaan tunnistaa sinne kuulumattomia partikkeleita. Myös laitteiden

itsensä toimivuutta tulee testata monta kertaa päivässä. Tiheällä testauksella mahdollinen ongelmatilanne voidaan rajata pienempään tuotemäärään ja ajankohtaan. Erilaiset mittaus- ja seurantatulokset kirjataan joko käsin tai digitaalisesti ja arkistoidaan. Nämä kirjaukset ovat tärkeitä, sillä ongelman ilmetessä myöhemmin näihin tallenteisiin voidaan palata ja tarkistaa mitä kyseisessä valmistus erässä on voinut tapahtua. (Ijäs & Saloniemi, 2021, s. 49)

3 Elintarvikehygieniä ja tuotantotilojen puhtaanapito

Elintarvikealalla puhtauden ja hyvän hygienian tulisi olla yksi tärkeimmistä yrityksen kriteereistä ja tavoitteista. Elintarvikelainsäädännössä hygienia tarkoittaa toimenpiteitä, joilla voidaan varmistaa elintarvikkeiden mikrobiologinen turvallisuus. Käsitteenä se kattaa erilaisia toimia, kuten huolehtimisen raaka-aineiden mikrobiologisesta laadusta, kylmäketjun ylläpitämisen sekä bakteerikontaminaatioiden välttämisen. (Lähtenmäki-Uutela, 2007)

Elintarvikehygienian asetus 852/2004/EY velvoittaa elintarvikealantoimijoita huolehtimaan mm. elintarvikkeiden turvallisuudesta, hyvien hygieniatapojen noudattamisesta sekä soveltamaan HACCP-periaatteita. Sen II liitteessä kerrotaan laajasti erilaisista yleisistä hygieniavaatimuksista. Luvuissa 1 ja 2 käsitellään elintarvikehuoneiston rakenteellisista vaatimuksista hygienian näkökulmasta. (Elintarvikehygienian asetus 852/2004)

Elintarvikehygienian ja tuotantotilojen puhdistusten toteutumista voidaan seurata mm. omavalvonnan avulla. Puhdistuksen päätavoitteena on estää valmistettavan tuotteen kontaminaatio. Puhdistuksella estetään raaka-ainejäämien kertyminen, sillä se on erittäin otollinen paikka mikrobien kasvulle. Samalla voidaan ehkäistä sairauksia aiheuttavien mikrobien kasvua ja toksiinien muodostusta. Pahimmassa tapauksessa kontaminoituneet tuotteet voivat aiheuttaa laajankin ruokamyrkytys epidemian. Raaka-ainejäämien lisäksi koneiden ja tilojen pinnoilta poistetaan muutakin likaa ja pölyä, joiden ei toivota menevän tuotteeseen. (Ijäs & Saloniemi, 2021, s. 42; Perkiömäki ym., n.d., s. 16)

Erilaisiin mikrobeihin tehoavat parhaiten erilaiset pesu- ja puhdistusmenetelmät. Menetelmän valintaan vaikuttavat suuresti puhdistettavan pinnan materiaali sekä valmistettavat tuotteet. Pesuja suoritettaessa tulee myös pohtia, vaatiiko puhdistettava kohde kemiallisen puhdistuksen lisäksi myös mekaanista puhdistusta kuten hankausta. Teollisuudessa käytetään pääasiassa vesipesua, mutta tarvittaessa voidaan myös käyttää pesuaineita. Pesuaineita on kaiken vahvuisia happamista emäksisiin. Puhdistus voidaan viimeistellä desinfioinnilla, jonka tarkoituksena on tappaa loputkin mikrobit (laite)pinnoilta. Osassa pesuaineissa desinfiointiaine on valmiina pesuseoksessa. (Perkiömäki ym., n.d., s. 16)

Jos laitepinnalle jää likaa ja mikrobeja, on mahdollista, että mikrobit alkavat muodostaa ympärilleen biofilmiä. Biofilmillä tarkoitetaan mikrobikasvustoa, joka kestää hyvin kuumuutta ja kemiallisia aineita. Puutteellisesti puhdistetut tuotantopinnat voivat houkuttaa paikalle myös tuhoeläimiä. Erilaiset kuoriaiset ja perhoset elintarviketuotannossa ovat merkki siitä, että kyseisen toimitilan puhdistus- ja hygieniataso ei ole tarpeeksi korkealla. (Anticimex, n.d.)

3.1 Biofilmi

Biofilmi koostuu pinnalla olevista bakteereista, bakteerien tuottamista solun ulkopuoleisista yhdisteistä sekä muusta orgaanisesta ja epäorgaanisesta aineksesta. Orgaaniseksi aineeksi katsotaan muun muassa eläinperäiset rasvat ja proteiinit ja kun taas epäorgaaniset epäpuhtaudet ovat mineraaleja, kuten vedessä esiintyvä kalsium. Nämä tekijät voivat yhdessä veden kanssa muodostaa biofilmin. Biofilmin muodostuminen vaatii bakteerien kiinnittymistä pinnalle. Nämä pinnat voivat olla eläviä tai elottomia, kuten prosessipinnat. Kiinnittymisen jälkeen bakteeri alkaa tuottamaan sokeri- ja proteiiniyhdisteitä eli eksopolysakkarideja ja glykoproteiineja. Pinnalla oleva rasva ja proteiini edistää bakteerin kiinnittymistä pinnalle ja tarjoaa samalla soluille ravintoa ja suojaa. (Lundén & Tolvanen, 2007, s. 370)

Kiinnittyneiden bakteerien sekä sen muodostamien solujen ja biofilmin poistaminen on hankalaa niiden ominaisuuksien takia. Bakteerien kestävyys ulkoisia stressitekijöitä kuten desinfiointiainetta, kuumuutta ja happamuutta kohtaan kasvaa niiden kiinnittyessä. Nämä edellä mainitut tekijät ja monet muut tekijät ovat avainasemassa kontaminaation poistamiseen. Bakteerien kestävyuden lisääntymiseen on todennäköisesti monia syitä. Kun solut ovat osana biofilmiä, niiden aineenvaihdunta muuttuu melko vähäiseksi. Tällöin solut eivät ole kovinkaan herkkiä ulkoisille stressitekijöille. Biofilmin poistaminen vaikeutuu mitä vanhempaa se on. Vanhempi biofilmi kestää paremmin mekaanista rasitusta. Tämän lisäksi solujen tuottama glykoproteiini suojaa solua ja estää näin desinfiointiaineen pääsyä solun pinnalle. Tämän vuoksi on tärkeää, että muodostunut biofilmi ja kiinnittyneet solut poistetaan pinnoilta mahdollisimman usein. (Lundén & Tolvanen, 2007, s. 370)

3.2 Puhdistukseen vaikuttavat tekijät

Elintarvikelaitoksessa käytettävien koneiden ja laitteiden materiaalien on oltava helposti puhdistettavia ja myrkyttömiä. Materiaalien tulee kestää siihen tarkoitettuja tuotanto-oloja, kuten alhaisia tai korkeita lämpötiloja, kosteutta, kemikaaleja, korroosiota tai mekaanista rasitusta. Laitteista tai rakenteista ei saa joutua vierasesineitä valmistettavan tuotteen

sekaan. Tuotantotilojen seinä- ja lattiapintojen tulee olla sileitä, sillä erilaiset kolot antavat mikrobeille mahdollisuuden vältellä puhdistusta. Lattiapinta ei saa kuitenkaan olla niin sileä, että siitä muodostuu työturvallisuusriski esimerkiksi liukastumisvaara. On myös tärkeää, että lattioiden kallistukset ovat riittävän jyrkkiä, jotta vesi ei jää seisomaan lattialle. Kiinnittämällä huomiota edellä mainittuihin asioihin, voidaan minimoida mikrobien määrän kasvua tuotantotiloissa. (Jokela, 2007, s. 356)

Tuotantotiloja suunniteltaessa on tärkeää ottaa huomioon myös ylärakenteisiin ja ilmanvaihtoon liittyvät puhdistukset. Samoin kuin lattian ja seinien, myös sisäkaton pinnan tulisi olla mahdollisimman sileä puhdistamisen helpottamiseksi. Hankalasti puhdistettaviin paikkoihin kertyvät epäpuhtaudet houkuttelevat helposti tuhoeläimiä, ja juuri ilmastointiputket voivat tarjota niille otollisen kulkureitin tuotantotiloihin. (Jokela, 2007, s. 357)

Elintarvikelaitoksen sisällä vallitsee yleensä lievä ylipaine, sillä se estää mahdollisten ilmaperäisten kontaminaattien pääsyä laitokseen. Koska elintarvikelaitoksissa käytetään runsaasti vettä niin tuotannossa kuin puhdistuksissa, on tärkeää suunnitella ilmanvaihto ja höyrynpisto huolellisesti, sillä kondenssivesiongelmia ilmenevät usein erilaisten ilmanvaihto- ja vesiputkien pinnoilla. Kondenssivesi voi sisältää monenlaisia mikrobeja, joten on toivottavaa, ettei sitä joutuisi tuotevirran sekaan. Puhdistusten jälkeen tuotantotilat ja laitteet tulisi saada kuivattua mahdollisimman nopeasti, sillä kosteus ja lämpö kiihdyttävät mikrobien kasvua. Tämän vuoksi monissa tuotantotiloissa tulisi tavoitella alhaista ilmankosteutta. Alhainen ilmankosteus edistää myös pintojen kuivumista. (Jokela, 2007, s. 357)

3.3 Laittehygieniä

Elintarvikehuoneistossa erään suurimmista hygieniariskeistä muodostavat huonosti suunnitellut tilat sekä laitteiden ja pesupisteiden sijoittelu. Tilat tulisi suunnitella siten, että niissä on mahdollista liikkua ja työskennellä hygieenisesti. Suunnittelun pitää kuitenkin olla linjassa tehtaan toimintatapojen kanssa, sillä osa tuotevirroista voi olla suljetussa järjestelmässä tai kulkea täysin avoimella kuljettimella. Myös tuotannon työskentelytahti vaikuttaa puhdistusten suorittamiseen. Joissain tilanteissa tuotanto voidaan ajaa alas pesujen ajaksi ja joissakin tilanteissa pesut tulee suorittaa, vaikka tuotevirta olisikin ympärillä. Jälkimmäisessä esimerkissä tilat ja niiden puhdistukset tulee suunnitella siten, ettei tuoteturvallisuus vaarannu. Tilat ja toimintatavat on suunniteltava siten, että puhdistukset voidaan suorittaa tuotannon ollessa käynnissä. Tällöin tulee huolehtia siitä, ettei esimerkiksi kuljettimille roisku vettä, joka kontaminoisi tuotantopintoja tai mahdollisesti suojaamattomia elintarvikkeita. (Tolvanen, 2007, s. 359)

Laitteiden ja koneiden huono sijoittelu voi vaikuttaa merkittävästi puhdistusten suorittamiseen ja näin ollen puhdistusten laiminlyöminen on huomattavasti todennäköisempää. Myös laitteiden suunnittelulla on iso vaikutus tuotteiden hygieniaan. Laitteet tulisi rakentaa siten, että ne eivät kontaminoisi tuotteita bakteereilla tai kemiallisilla aineilla, kuten moottoriöljyllä tai voiteluaineilla. Laitteessa ei tulisi olla sellaisia rakenteita, jotka vaikeuttavat puhdistusta tai keräävät itseensä erityisesti likaa. Huonosti suunniteltu laite vaatii sen käyttäjältä enemmän aikaa ja työtä puhdistuksia suoritettaessa. (Tolvanen, 2007, s. 360)

4 Mikrobit

Mikrobit ovat pieniä eliöitä, joita esiintyy kaikkialla ympäristössämme. Ne ovat kooltaan niin pieniä, ettei niitä pystytä havaitsemaan ihmissilmällä vaan avuksi tarvitaan mikroskooppi. Mikrobeja on monenlaisia ja ne voivat olla ihmisen kannalta haitallisia, hyödyllisiä tai harmittomia. Elintarvikkeiden ja puhtaanapidon kannalta tärkeimpiä mikrobiryhmiä ovat bakteerit, hiivat, homeet ja virukset. (Ijäs & Saloniemi, 2021, s. 16; HygieniaPassi, n.d.-a)

Mikrobien kasvuun vaikuttavat elintilan kosteus, happamuuden taso, lämpötila, happimäärä sekä yleisesti ravinnon määrä. Kiinnittämällä huomiota näihin edellä mainittuihin asioihin voidaan estää pilaajamikrobien kasvu elintarvikkeissa ja täten tuotteet tai raaka-aineet saadaan säilymään pidempään. Joitakin mikrobeja voidaan tosin hyötykäyttää tiettyjen elintarvikkeiden valmistamiseen, kuten homejuustojen tai hapanmaitotuotteiden. (Ijäs & Saloniemi, 2021, s. 17; HygieniaPassi, n.d.-a)

Erilaiset mikrobit tarvitsevat ravinnokseen erilaisia ravintoaineita. Tämän takia niitä voidaan tutkia ja kasvattaa laboratorioissa erilaisilla kasvatusalustoilla. Hyvällä hygienialla voidaan estää mikrobien kasvua, sillä ruoantähteet toimivat niiden ravintona ja näin luovat otolliset kasvuolosuhteet. (Ijäs & Saloniemi, 2021, s. 17)

Mikrobien kasvuun vaikuttaa merkittävästi myös elinympäristön happamuustaso. Happamuutta voidaan tulkita pH-asteikon avulla siten, että 0 on hapan, 7 neutraali ja 14 emäksinen. Monet elintarvikkeet ovat happamuudeltaan neutraaleja tai hieman happamia. Hapan ympäristö toimii usein hyvänä suojana bakteereita vastaan. Esimerkiksi ihmisen elimistön pH-taso on noin 7. Tämän lisäksi marjat ja hedelmät ovat usein luonnostaan happamia, jonka ansiosta ne säilyvät hyvin. Happoa on alettu lisäämään elintarvikkeisiin, kun on huomattu sen tuomat hyvät vaikutukset mikrobeja vastaan. Joihinkin mikrobeihin emäksinen ympäristö tehoaa paremmin. Esimerkiksi meijereissä putkistot pestään usein voimakkailla emäksillä, koska sen on todettu tuhoavan ei-toivottuja mikrobeja ja irrottavan likaa hyvin. (Ijäs & Saloniemi, 2021, s. 17)

Kosteus on myös yksi mikrobien kasvuun vaikuttavista tekijöistä. Mikrobien määrän on todettu kasvavan runsaasti elintarvikkeissa, joiden vesipitoisuus on korkea. Useat mikrobit eivät pysty elämään alhaisissa kosteuspitoisuuksissa. Tätä tietoa hyödynnetään usein elintarviketeollisuudessa, sillä elintarvikkeiden valmistuksessa niistä poistetaan usein kosteutta erilaisilla kuivausmenetelmillä säilyvyyden parantamiseksi. Kuivat elintarvikkeet säilyvät hyvin tiloissa, joissa ilmankosteus on alhainen. Vaikka tuotteen kosteus olisikin olematon, voi tuotteessa olla muunlaisia pilaantumisen aiheuttajia, kuten bakteerien itiöitä tai muita tuholaisia. Veden aktiivisuutta elintarvikkeissa voidaan pienentää myös käyttämällä sokeria tai suolaa. Ne sitovat elintarvikkeessa olevan veden sellaiseen muotoon, etteivät mikrobit pysty käyttämään sitä ja näin ollen niiden toiminta lakkaa. Suolauksen ja sokeroinnin rinnalla käytetään usein myös muita säilöntäaineita ja -menetelmiä. Puhtaanapidossa on myös tärkeää huomioida se, että puhdistettu pinta kuivataan pesun jälkeen, jotta mikrobeille ei tarjota tilaa kasvaa siinä. (Ijäs & Saloniemi, 2021, s. 18; HygieniaPassi, n.d.-a)

Lämpötilalla on myös oma merkityksensä mikrobien kasvuun. Suurin osa mikrobeista viihtyy parhaiten +6...+60 asteen lämpötilassa. Osa mikrobeista viihtyy taas merkittävästi kylmemmissä tai korkeammassa lämpötiloissa. Pakastamalla pystytään hidastamaan joidenkin mikrobien kasvua, mutta kun tuote sulatetaan, hengissä selvinneet mikrobit voivat alkaa lisääntymään nopeasti. Tuotteet, jotka luetaan helposti pilaantuviin elintarvikkeisiin, tulisi säilyttää +6 asteen lämpötilassa. Näiden tuotteiden kohdalla on erittäin tärkeää huomioida kylmäketjun katkeamattomuus. Lyhytaikaisesti tällaisten tuotteiden lämpötila saa nousta maksimissaan 3 astetta. Jos näitä herkästi pilaantuvia elintarvikkeita pidetään liian pitkään liian lämpimässä, kasvaa riski, että pilaajamikrobien määrä tuotteessa lisääntyy holtittomasti. Monet ruokamyrkytyksiä aiheuttavista bakteereista lisääntyvät parhaiten juuri huoneenlämmössä. Elintarvikkeiden valmistajan tulisi huolehtia ruoan riittävästä kypsäntämisestä sekä tämän jälkeen ripeästi jäädyttämisestä. Pakastaminen ja tuotteiden sulattaminen tulisi suorittaa myös nopeasti, jotta voidaan välttää mikrobien suosimat lämpötilat. Työskentelytiloja tai -tarvikkeita puhdistettaessa tulisi suosia korkeita lämpötiloja, sillä kuuma vesi tai vesihöyry toimii hyvin puhdistuksessa ja poistaa mikrobeja tehokkaasti. Niitä voidaan käyttää myös desinfiointimenetelmänä. (Ijäs & Saloniemi, 2021, s. 19)

Ravinnon, kosteuden ja lämpötilan lisäksi mikrobien toimintaan vaikuttaa olennaisesti myös hapen määrä. On olemassa mikrobeja, joiden toiminta riippuu täysin saatavilla olevasta hapesta. Mutta on myös olemassa mikrobeja, jotka toimivat paremmin hapettomassa tilassa. Kaikki happea tarvitsevat mikrobit kasvavat elintarvikkeiden pinnalla. Ilman happea elävät taas viihtyvät paremmin elintarvikkeen sisällä. Happea tarvitsevia mikrobeja vastaan on kehitetty pakkausformaattit, joita ovat vakuumpakkaukset sekä suojakaasupakkaukset. Näissä yhtenäistä on se, että pakkauksista on poistettu happi tai se on korvattu muilla

kaasuilla. Tämä estää muun muassa monia homeita kasvamasta. (Ijäs & Saloniemi, 2021, s. 20)

4.1 Bakteerit

Bakteerit ovat pienikokoisia ja yksisoluisia mikrobeja, jotka pystyvät lisääntymään suvuttomasti kahtia jakautumalla. Bakteerit voidaan ryhmitellä niiden solumuotojen mukaan. Pyöreitä tai pyöreähköjä bakteerisoluja kutsutaan kokkibakteereiksi. Sylinterimäisiä bakteereja kutsutaan sauvoiksi. Kaarevia ja spiraalimaisia bakteereita kutsutaan spirilleiksi. Näiden lisäksi on myös muita hieman erikoisempia bakteereja, jotka voivat muodostaa ulokkeita, rihmoja tai tiukkoja kierteitä. Osalle bakteerilajeista on tyypillistä pysyä ryhmissä tai kimppuina jakautumisen jälkeen. Kokit ja sauvat esiintyvät usein ketjumaisina muodostelmina. (Solunetti, 2006c)

Bakteereja löytyy kaikkialta maailmasta ja ne tarvitsevat elääkseen runsaasti kosteutta. Osa bakteereista pystyy muodostamaan itiöitä, joiden avulla niiden kannat selviävät ympäristöistä, jotka eivät ole niille suotuisia. Bakteeri pystyy itiöiden avulla pysymään hengissä pitkiäkin aikoja. Itiön päästessä sille suotuisaan paikkaan se alkaa muodostamaan normaalia kasvusolua ja lisääntyy jakautumalla. Tärkeää on kuitenkin muistaa, että itiöt eivät ole bakteerin tapa lisääntyä vaan sen tapa selviytyä. (Ijäs & Saloniemi, 2021, s. 22)

Bakteerien itiöt kestävät hyvin +100 asteen lämpötiloja, joten ne voivat tuoda oman haasteensa ruoan valmistukseen ja säilytykseen. Täyssäilykkeitä steriloidessa lämpötilaa nostetaan +121 asteeseen, joka pystyy tuhoamaan myös mahdolliset bakteerien itiöt. Tämän vuoksi täyssäilykkeet säilyvät pitkään, jopa huoneenlämmössä. Sterilointi tuhoaa säilykkeistä kaikki mikrobit, myös vaikeimmin tuhottavat bakteerit, joita ovat esimerkiksi *Clostridium*- ja *Bacillus*-bakteerit. Maitohappobakteerit, salmonellat, stafylokokit, listeriat, yersiniat ja kambylobakteerit ovat itiöttömiä bakteereja. (Ijäs & Saloniemi, 2021, s. 22)

Bakteerit suosivat ravintonaan erilaisia proteiinipitoisia ruokia. Suurin osa bakteereista ei viihdy happamassa ympäristössä, vaan ne suosivat eniten neutraaleja ympäristöjä. Poikkeuksena ovat maitohappobakteerit, jotka nimenomaan toimivat parhaiten happamissa olosuhteissa. Niitä hyödynnetään esimerkiksi jogurtin valmistuksessa. (Ijäs & Saloniemi, 2021, s. 22)

4.2 Hiivat

Hiivat ovat yksisoluisia ja soikiomaisia mikrobeja, jotka kasvavat joko yksittäisinä soluina tai soluryhmissä. Muihin mikrobeihin verrattuna ne ovat kooltaan suurehkoja. Hiivat muistuttavat elinolosuhteiltaan ja ominaisuuksiltaan hyvin paljon homeita. Hiivat viihtyvät parhaiten neutraalissa tai happamassa sekä kosteassa ympäristössä. Elintarvikkeista ne suosivat erityisesti sokeripitoisia tuotteita kuten hedelmiä, mutta niitä on havaittavissa muissakin elintarvikkeissa. Elintarvikkeiden lisäksi hiivoja esiintyy myös ihmisissä, maaperässä sekä luonnossa yleisesti. (Ijäs & Saloniemi, 2021, s. 26; Solunetti, 2006a)

Hiivoista on elintarviketeollisuudelle paljon hyötyä, mutta myös haittaa. Hiivaa käytetään leivonnaisten kohottamiseen ja juomien valmistukseen. Molemmissa hiiva tuottaa elintarvikkeeseen hiilidioksidikaasua ja alkoholia. Hiivaa sisältäviä taikinoita kohotetaan juuri hiivan aktivoimisen vuoksi, sillä kaasu laajenee lämmitessään ja alkoholi haihtuu paiston aikana uunin lämmössä. Oluiden ja viinien valmistuksessa hyödynnetään myös hiivoja. Molempien valmistuksessa käytetään yleensä puhdasviljeltyjä hiivoja, sillä väärän hiivalajin valinta vaikuttaa tuotteen lopulliseen makuun ja aiheuttaa prosessissa virhekäymistä. Hiivoista on myös haittaa elintarvikkeille, sillä ne toimivat niiden pilaajina ja voivat aiheuttaa väärissä elintarvikkeissa käymistä. Hiivat voivat aiheuttaa ihmisille tulehdussairauksia tai allergioita. (Ijäs & Saloniemi, 2021, s. 26)

4.3 Homeet

Homeet ovat monisoluisia, rihmastoina kasvavia mikrobeja, jotka kuuluvat sieniin. Homerihmastot ovat havaittavissa hyvin nopeasti jopa ihmissilmin, eikä niiden havaitsemiseen välttämättä tarvita mikroskooppia. Rihmaston tunnistaa samettimaisista ja erivärisistä pesäkkeistä. Rihmasto itsessään ei ole värillinen, mutta homeitiöt muodostavat pesäkkeisiin väreit. Homeiden väreit vaihtelevat homesuvuittain. Homeet pystyvät lisääntymään itiöidensä tai rihmaston avulla, sillä nämä voivat liikkua helposti paikasta toiseen ilmavirran mukana. Sopivalla kasvualustalla ne alkavat muodostaa rihmastoja. Homeet leviävät helposti esimerkiksi elintarvikkeita varastoitaessa. Tämän vuoksi homehtuneet yksilöt tulisi poistaa nopeasti hyvien tuotteiden rinnalta. (Ijäs & Saloniemi, 2021, ss. 24-25; Solunetti, 2006b)

Homeita ja niiden itiöitä esiintyy ympärillämme lähes joka puolella. Niitä voi elintarvikkeiden lisäksi kasvaa muun muassa rakennuksissa. Tämä voi aiheuttaa haittaa niin asukkaiden terveydelle kuin rakennuksen kunnolle. Homeet ovat varsin vaatimattomia ravinnon, happamuuden ja myös kosteuden suhteen. Osa homeista kestää melko korkeita sokeripitoisuuksia. Homeet ja niiden itiöt tuhoutuvat +75 asteessa. Ne tarvitsevat aina

happea elääkseen, joten vakuumi- ja suojakaasupakkaukset estävät homeiden kasvua elintarvikkeissa. Homeet tarvitsevat kasvaakseen vettä hyvin niukasti, joten ne viihtyvät usein kuivassa ympäristössä. (Ijäs & Saloniemi, 2021, ss. 24-25; Solunetti, 2006b)

Homeet ovat yleisimpiä elintarvikkeiden pilaajia ja jotkin homeet tuottavat ihmisen terveydelle vaarallisia homemyrkyjä eli mykotoksiineja. Myrkytysvaaran vuoksi homehtuneita elintarvikkeita ei tulisi syödä. Vaikka elintarvikkeen pinnalta poistettaisiin näkyvä homekerros, voi homerihmasto olla tuotteessa paljon syvemmillä. Näissä tapauksissa elintarvikkeen kuumentamisesta ei ole mitään hyötyä, sillä myrky on jo levinnyt elintarvikkeeseen. Kaikki homeet eivät kuitenkaan ole ihmisille haitaksi, vaan niitä voidaan käyttää joidenkin elintarvikkeiden valmistamiseen sekä lääketieteellisyydessä antibioottien tuottajina. (Ijäs & Saloniemi, 2021, ss. 24-25)

4.4 Virukset

Virukset ovat muita mikrobeja alkeellisempia ja kooltaan hyvin pieniä. Tämän vuoksi niitä on vaikeampaa tutkia kuin muita mikrobeja. Virukset pystyvät lisääntymään vain elävissä isäntäsoluissa, joita esiintyy muun muassa ihmisissä, eläimissä ja kasveissa. Virukset lisääntyvät tunkeutumalla isäntäsolun sisälle ja leviävät samalla uusiin soluihin. (Ijäs & Saloniemi, 2021, s. 27; Solunetti, 2006d)

Elintarvikkeet voivat altistua viruksille esimerkiksi huonon käsihygienian tai likaisten työskentelytasojen kautta. Virukset eivät lisäännä elintarvikkeissa, mutta ne voivat säilyä niissä pitkiäkin aikoja. Ihmiset voivat altistua viruksille kontaminoituneen ruoan ja juoman lisäksi myös rikkoutuneen ihon, hyönteisenpiston tai pisaratartunnan kautta. Elintarvikealalla eräs yleisimmistä ruokamyrkytyksen aiheuttajista on norovirus. Norovirus leviää elintarvikkeisiin usein sairastuneen työntekijän tai saastuneen veden välityksellä. (Ijäs & Saloniemi, 2021, s. 27)

Kuten muutkin mikrobit myös virukset voivat olla hyödyllisiä tai haitallisia. Useimmiten niistä puhuttaessa sävy on negatiivinen, sillä ne voivat aiheuttaa erilaisia tauteja niin ihmisille, eläimille kuin kasveille. Viruksia voidaan kuitenkin myös käyttää hyödyksi esimerkiksi lääketieteessä bakteerien tuhoamiseen. Teholtaan heikentyneitä viruksia hyödynnetään rokotteissa. Nämä saavat aikaan ihmisen tai eläimen elimistössä vasta-aineiden muodostumista, mutta ne eivät aiheuta tautia. Osa virustaudeista on saatu häviämään Suomesta rokotteiden ansiosta. Kuitenkaan kaikille virustaudeille ei ole onnistuttu kehittämään parantavaa lääkitystä. (Ijäs & Saloniemi, 2021, s. 27)

5 Pintahygienian mittausmenetelmät

Tässä kappaleessa on esitetty tässä työssä käytettävät pintahygienian mittausmenetelmät. Hygienen seuranta suoritetaan tällä hetkellä Fazer Makeisilla Lappeenrannassa Hygicult-mittausmenetelmillä. Kyseinen menetelmä on kuitenkin koettu hitaaksi, joten tämän tilalle haluttaisiin ottaa käyttöön jokin muu nopeampi menetelmä. Bioluminesenssiin perustuva adenosiniinifosfaatin (ATP) mittausmenetelmä vastaa näihin vaatimuksiin. Tässä kappaleessa perehdytään molempien menetelmien toimintaan sekä tutkitaan, ovatko näiden kahden menetelmän tulokset verrannollisia keskenään.

5.1 Hygicult-mittausmenetelmä

Mikrobiologisen puhtauden tarkkailuun on kehitelty Hygicult-testausmenetelmä (Kuva 1). Hygicultit soveltuvat hyvin pintojen, kiinteiden ja puolikiinteiden aineiden sekä nesteiden tutkimiseen. Hygicult-näytteenottotikku koostuu testilevystä, joka on päällystetty molemmin puolin elatusaineella. Testilevyn elatusaine riippuu mitattavasta mikrobista, sillä Hygicult-näytteenottotikkuja on yhteensä neljää erilaista: Hygicult TPC (punainen) on tarkoitettu kokonaisbakteerien määrittämiseen ja sen alustalla kasvavat yleisimmät bakteerit, sienet, homeet sekä hiivat. Hygicult E (violetti) ja Hygicult E/ β -GUR (sininen) ovat molemmat tarkoitettu enterobakteerien havaitsemiseen ja Hygicult Y&F:n (keltainen) avulla voidaan havaita hiivojen ja homeiden kasvu. Tulosten valmistuminen Hygiculteilla kestää 1-5 vuorokautta riippuen siitä, mitä edellä mainituista menetelmistä käytetään ja missä lämpötilassa näytteitä kasvatetaan. Hygiculteilla saadut tulokset ovat vertailukelpoisia perinteisiin maljaviljelyillä saatuihin tuloksiin. (Aidian, n.d.; Kiilto, n.d.)

Kuva 1. Hygicult TPC (Yellow Service, n.d.)

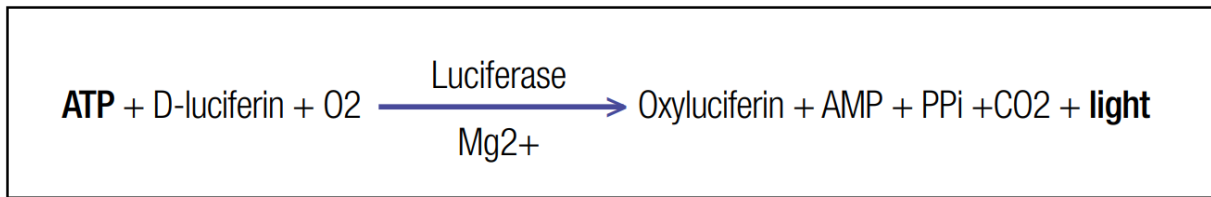


5.2 Bioluminesenssi

Bioluminesenssillä tarkoitetaan reaktiota, joka saa aikaan valoa. Bioluminesenssi-reaktiota voidaan havaita Suomen luonnossa muun muassa välkkyvissä kiiltomadoissa sekä leväkukintojen aikaan Itämerellä, kun panssarisiimalevät törmäilevät toisiinsa aaltojen vaikutuksesta. Luonnossa valon muodostumisen tarkoituksena on usein kumppanin tai ruoan etsintä, suunnistaminen tai petojen harhauttaminen. (Karlsson, 2016)

ATP-mittausmenetelmän on kehittänyt alun perin Yhdysvaltain ilmailu- ja avaruushallinto NASA. Mittausmenetelmä kehitettiin, koska haluttiin saada selville, onko avaruudessa elämää. (3M, 2014) Bioluminesenssi-reaktion suurpiirteinen kemiallinen kaava on esitetty alla (Kuva 2). Valoa muodostuu, kun adenosiinitrifosfaatti (ATP) reagoi lusiferiinin ja lusiferaasin kanssa. ATP:tä on havaittavissa kaikissa elävissä ja metabolisesti aktiivisissa mikrobeissa ja soluissa. Kun mikrobien sisältämä ATP vapautuu, se saa aikaan lusiferiinimolekyylien hapettumisen. Katalyyttinä reaktiossa toimii lusiferaasi. Reaktion lopputuotteena syntyy valoa. (Heikinheimo, Lindström & Hatakka, 2007, s. 148; Lundén, 2007, s. 372)

Kuva 2. Bioluminesenssi reaktioyhtälö (M3, 2010.)



Bioluminesenssi -reaktiota on alettu hyödyntämään myös hygienia-tason määrittämiseen. Mittaukseen on kehitetty laite, joka tunnetaan yleisesti nimellä luminometri. Luminometri pystyy lukemaan näytteestä syntyneen valon määrää ja ilmoittaa tuloksen suhteellisina valonyksikköinä (RLU). ATP:tä voidaan mitata pintahygieniatestien avulla muun muassa työskentelytasoista ja -pinoista sekä vesihygieniatestien avulla vedestä. (Heikinheimo, Lindström & Hatakka, 2007, s. 148; Lundén, 2007, s. 372)

ATP:n mittaus soveltuu hyvin hygienian mittaamiseen, sillä siellä missä on likaa, on myös ATP:tä. Lika ja muut epäpuhtaudet toimivat mikrobien ravintoaineina ja samalla antavat niille paikan kasvaa ja kehittyä. Tällä menetelmällä voidaan ainoastaan havainnoida mikrobien määrää yleisesti, sillä se ei sovellu mikrobien yksilölliseen tunnistamiseen. Pintahygieniaa luminometrillä mitattaessa tulee huomioida, että näytteenotto-kohteen tulee olla puhdistettu ja kuiva. Elintarvikkejäämät sisältävät paljon ATP:tä sisältäviä soluja, joten likaiselta pinnalta otettu näyte näyttää suurena lukuna mittalaitteessa, eikä näin ole verrattavissa puhdistettuun pintaan. (Bakke, 2022)

Elintarviketeollisuudessa on erittäin tärkeää tunnistaa elintarvikkeiden kanssa kosketuksissa olevien pintojen puhtauden tärkeys. Peseminen itsessään ei välttämättä tapa kaikkia mikrobisoluja, mutta se vähentää niiden määrää merkittävästi. Pesu tulee suorittaa oikein ja oikeilla välineillä. Väärin tehtynä puhdistus saattaa vain lievittää tai pahimmassa tapauksessa lisätä epäpuhtauksia. (Bakke, 2022)

5.3 ATP-mittauksen raja-arvot ja tuloksiin vaikuttavia asioita

ATP:n mittaukselle ei ole olemassa lainsäädännön määrittämiä raja-arvoja, mikä voi osaltaan vaikuttaa siihen, että jokaisen laitevalmistajan ohjeet eroavat hieman toisistaan.

Luminometrin käyttöönotossa kannattaa perehtyä oman laitevalmistajan suosituksiin määritettäessä puhtauden raja-arvoja. Luminometriä otettaessa käyttöön olisi suotavaa pohtia näytteenottopisteiden riskitasoa. Paikoille, jotka ovat helposti puhdistettavissa ja valmistettu sellaisista materiaaleista, joista lika irtoaa helpommin, voidaan määrittää alhaisemmat raja-arvot. Sitä vastoin taas kohteille, joiden puhdistus on syystä tai toisesta

hankalaa, voidaan määrittää hieman korkeammat raja-arvot. Tietysti tässä pitää myös muistaa, millaisia elintarvikkeita kyseisessä kohteessa käsitellään. (Hygiena, n.d.) 3M Clean-Trace ATP järjestelmän käyttöohjeessa oli esitetty muutamia valmiita raja-arvoja erilaisille pintamateriaaleille (Kuva 3). Valmiiksi määritetyt arvot eivät kuitenkaan välttämättä sovi kaikille kohteille ja siksi raja-arvot on mahdollista määrittää itse. (M3, 2014) Kappaleessa 6.2 käydään raja-arvojen määrittäminen tarkemmin.

ATP-mittausten tuloksiin vaikuttavat laitevalmistajan lisäksi myös monet muut asiat, kuten mitattavan pinnan materiaali. Sen lisäksi olennaisia tekijöitä ovat materiaalin ikä sekä mikä pintaa koskettaa tai kuluttaa. Tulokseen voi vaikuttaa myös se, kuinka usein kyseistä pintaa puhdistetaan sekä millä ja miten. Pesuprosessilla on hyvin suuri vaikutus siihen, millaisia tuloksia luminometrillä voidaan saada. Jos pestävässä kohteessa käytetään erilaisia kemikaaleja, tulisi ne huuhdella huolellisesti. Pesu- ja desinfiointiainejäämät voivat omalta osaltaan sekoittaa mittaustuloksia lisäämällä tai vähentämällä todellista ATP:n määrää. (Ward-Fore, 2023)

Kuva 3. Ehdotetut raja-arvot luminometrille (3M, 2014)

Ehdotetut raja-arvot

Pinta	Alaraja-arvo	Yläraja-arvo
Ruostumaton teräs	200	400
Lasi	250	500
Puu*	250	500
Muut pinnat*	250	500

* Voimakkaasti ja mekaanisesti kuluvilla pinnoilla voi siivouksen jälkeen kehittyä nopeasti sileitä pintoja suuremmat, useamman tuhannen suuruiset raja-arvot. Tällaisissa tapauksissa suosittelemme omien raja-arvojen määrittystä (vaihtoehto 2).

5.4 Kokonaisbakteerien ja ATP-mittausten verrannollisuus

Elintarviketeollisuudessa mikrobeja torjutaan pääasiassa elintarvikeperäisten sairauksien ja tuotteiden laatuun kohdistuvien haittavaikutusten ehkäisemiseksi. Mikrobiviljelymenetelmillä voidaan saada laadullista tai määrällistä tietoa, mutta tulosten saanti on melko hidasta. Näytteiden kasvatetaan yhdestä päivästä useisiin päiviin. Kasvatusta voidaan kuitenkin tehostaa laittamalla näytteet inkubaattoriin, joka on säädetty näytteelle ideaaliseen eli ihanteelliseen lämpötilaan. Osa mikrobien havainnollistamismenetelmistä voi vaatia näytteen rikastusvaiheen, joka lisää huomattavasti prosessiin kestoa ja näin viivästyttää tuloksen saantia. (Bakke, 2022)

Kokonaisbakteerien ja ATP-mittaustulosten välistä korrelaatiokerrointa on tutkittu, mutta nämä tutkimukset ovat tuottaneet vaihtelevia tuloksia. Jotkin tutkimukset ovat osoittaneet, että korkeat kokonaisbakteerien pesäkemäärät korreloivat yleensä korkeiden RLU arvojen kanssa. Mikäli tällaisiin tutkimuksiin on uskominen, voidaan todeta, että ATP:n mittaus toimii hyvänä mittarina pintojen puhdistamisessa, sillä ATP on peräisin orgaanisesta liasta tai mikrobeista. Se, että korkeat RLU-arvot eivät aina korreloi korkeiden pesäkemäärien kanssa, voi johtua useasta eri syystä. ATP-testit voivat havaita sekä ruokajäämiä että mikrobeja samanaikaisesti, mutta ATP-testit eivät pysty erottelemaan näitä kahta lähdettä toisistaan. Steriloinnilla voidaan saada tuhottua pinnalla olleet mikrobit, mutta orgaanisesta liasta peräisin olevaa ATP:tä voidaan edelleen havaita. (Bakke, 2022) Ward-Fore kirjoittaa tutkimuksessaan seuraavanlaisesti: ”There is no correlation between CFU and RLU because ATP does not differentiate between living and dead organisms. It only determines the presence of organic material, including dirt and debris.” Eli pesäkemäärät ja RLU eivät korreloi keskenään, koska ATP:n mittaus ei erottele eläviä ja kuolleita organismeja toisistaan, vaan se mittaa kaikkea pinnalla olevaa materiaalia. (Ward-Fore, 2023)

Bakken työssä viitataan useisiin muihin tutkimukseen, joissa on havaittu, ettei ATP-mittari havaitse bakteereja, ellei niiden pesäkemäärä ylitä $10^2 - 10^5$. Täten on havaittavissa, että alhaiset RLU-arvot eivät välttämättä aina edusta alhaisia pmy:tä. Mikrobien tuottaman ATP:n määrä riippuu niiden tyypistä, solukoosta sekä sen aineenvaihdunnan tilasta. Esimerkiksi itiöt tuottavat hyvin vähän ATP:tä. (Bakke, 2022)

Loppujen lopuksi voidaan todeta, että ATP-mittauksella ei siis voida tarkasti ennustaa mikrobien esiintymistä tai määrittää mikrobien populaatiota. Sitä ei siis pidä pitää mikrobien testauksen korvikkeena. ATP-testit ovat kuitenkin oiva työväline nopeassa ja paikan päällä tehtävässä hygienian arvioinnissa. ATP-mittausten yhteydessä suoritettavat viljelymenetelmät

ovat kuitenkin tärkeä tieto ATP-mittauksen menetelmän validoinnissa ja määrittäessä mittauskohteita. (Bakke, 2022)

6 Työn suoritus

Työ aloitettiin laatimalla näytteenottosuunnitelma. Näytteenottopisteitä valikoitui tähän opinnäytetyöhön yhteensä 19 kappaletta ja näytteitä otettiin usealta eri osastolta. Kriteerinä kohteen valinnalle oli näytteenottopisteiden erilaiset pintamateriaalit sekä jatkuva tuotekontaktissa oleminen. Näytteenotto suoritettiin siten, että jokaisesta näytteenottopisteestä pyrittiin ottamaan viitenä eri kertana kolme ATP-näytettä luminometrillä sekä kaksi Hygicult TPC -näytettä. Näytteenoton alussa otettiin myös enterobakteerinäytteet, mutta viikkojen edetessä niiden saatavuudessa ilmeni haasteita ja näytteenotto siltä osin keskeytettiin. Tässä työssä käytettiin Clean-Trace LM1 luminometriä sekä siihen yhteensopivia Clean-Trace Surface ATP -pintahygieniatestejä. Kokeellisen osuuden tavoitteena oli, että yhdestä näytteenottopisteestä otetaan näytteitä kaiken kaikkiaan yhteensä 15 kappaletta ATP-testejä ja 10 kappaletta Hygicult TPC -näytteitä.

Kun näytteenottosuunnitelma oli saatu luotua Excelissä, voitiin siirtyä käyttämään luminometrin omaa raportointiohjelmistoa nimeltä 3M Clean-Trace Hygiene Management. Ohjelmiston käyttöön tarvitaan käyttäjätunnus ja luminometri tulee määrittää käytettävään toimipaikkaan, tässä tapauksessa Fazer Makeiset Lappeenrannan tehtaalle. Raportointiohjelmistoon luotiin valituille kohteille näytteenottosuunnitelma. Jokaiselle kohteelle voitiin määrittää mittauksiin ennakkoon raja-arvot. Lisäsin alustavasti kaikille näytteenottopisteille arvot 50–100 RLU suunnannäyttäjäksi, sillä laitekouluttaja suositteli näin. Raja-arvoja voitiin muuttaa työn edetessä. Kun raportointiohjelmistoon oli saatu luotua näytteenottosuunnitelma, voitiin luminometri synkronoida ja siten siirtää data tietokoneelta luminometriin. Tämän jälkeen näytteiden keruu voitiin aloittaa. ATP-mittausten rinnalle päätettiin ottaa vertailunäytteiksi nykyisellä Hygicult TPC -menetelmällä otetut kokonaisbakteereita mittaavat näytteet.

6.1 Ohjeet näytteenottoon

Luminometri. Näytteenotto aloitetaan käynnistämällä luminometri ja kirjautumalla laitteeseen sisään omalla käyttäjätunnuksella. Tämän jälkeen valitaan haluttu näytteenottosuunnitelma ja kohde mistä näyte otetaan. Näytteenotto suoritetaan puhdistetulta pinnalta. Näytettä otetaan keräämällä ja pyörittämällä Clean-Trace Surface -testitikkua noin 10 cm x 10 cm alueella. Tämän jälkeen testitikku laitetaan pakkauksen

mukana tullessaan näyteputkeen. Näytettä heilutellaan edestakaisin noin viiden sekunnin ajan, jonka jälkeen näyte on valmis luminometriin mitattavaksi. Luminometri mittaa tuloksen muutamissa sekunneissa, jonka jälkeen se ilmoittaa tuloksen RLU-arvona. Jos kohteelle on määritetty suunnitelmaa luodessa raja-arvot, luminometri kertoo virheellä check -merkillä tai punaisella rastilla, onko mittaus tulos määritettyjen arvojen mukainen. Samasta kohteesta voidaan kerralla ottaa useampi näyte, sillä mittauksen jälkeen ruudulle ilmestyy uudelleenmittaus -näppäin. Uudelleenmittaus suoritetaan samalla tavalla kuin ensimmäinenkin. Kun kaikki näytteet on saatu mitattua, voidaan luminometrin tulokset siirtää raportointiohjelmistoon synkronoimalla se tietokoneen kanssa. Ohjelmiston avulla tulokset ovat tarkasteltavissa ja ohjelmisto piirtää tuloksista erilaisia kuvaajia. Niiden avulla voidaan hahmottaa mitattavan kohteen puhtauden tasoa, sekä seurata sen trendiä, eli mihin suuntaan ollaan menossa. Nämä tulokset ovat ajettavissa myös Exceliin.

Hygicult TPC. Kokonaisbakteereja mittaavalla Hygicultilla näyte otettiin pakkauksen ohjeen mukaan. Näytetikun elatusaineen pintaa painetaan muutaman sekunnin ajan molemmin puolin tutkittavaa pintaa vasten. Tärkeää on, että elatusaineeseen ei osu mitään mitä ei haluta mitata. Kun näyte on saatu otettua, kirjataan sen kanteen mittauskohdan tunnistuskoodi tai vastaava, jotta näyte osataan tunnistaa myöhemmin. Kun kaikki tarvittavat mittaukset on saatu suoritettua, voidaan Hygicultit siirtää 30 asteiseen inkubaattoriin. Siellä näytteet saavat kasvaa rauhassa muutaman päivän ajan, ennen kuin tulokset ovat luettavissa. Tulokset voidaan lukea paketin mukana tulevaa ohjeistusta käyttäen tai laskemalla pesäkkeiden määrät manuaalisesti.

6.2 Raja-arvojen määrittäminen luminometrille

Raja-arvot määritettiin 3M-implemointiohjeen mukaan (3M, 2019). Seuraavissa taulukoissa käytän esimerkkilukuja raja-arvojen määrittämiseen. Nämä luvut eivät ole mittaus tuloksia varsinaisesta työstä. Implementointiohjeessa neuvotaan keräämään näytteitä vähintään 5-10 kertaa samasta kohteesta eri pesukertoina (Taulukko 1). Kun näytteet on saatu kerättyä, lasketaan seuraavaksi kunkin näytteenottopisteen näytteiden tulosten keskiarvo ja keskihajonta (Taulukko 2). Keskiarvon on tarkoitus määrittää hyväksytty raja-arvo ja hylkäykseen johtava raja-arvo saadaan kaavalla $\text{keskiarvo} + \text{keskihajonta} * 3$. Tässä työssä tulosten laskemiseen käytettiin Exceliä ja sen tarjoamia funktioita.

Taulukko 1. Esimerkki arvot raja-arvojen määrittämiseen.

Tunniste	Näytteenotokerrat				
	1.	2.	3.	4.	5.
Näyte1	10	15	13	6	9
Näyte2	40	56	62	33	10
Näyte3	153	57	87	130	102

Taulukko 2. Esimerkki arvot raja-arvojen määrittämiseen.

	Keskiarvo	Hyväksytty	Keskihajonta	Keskihajonta*3	Keskiarvo+ keskihajonta*3	Hylätty
Näyte1	10,6	11	3,137	9,4	20,0	20
Näyte2	40,2	40	18,378	55,1	95,3	95
Näyte3	105,8	106	33,355	100,1	205,9	206

Kuvan (Kuva 4) tarkoituksena on esittää, minkälaisilla eri tavoilla luminometrin raja-arvot voidaan asettaa. Tämän työn tilaaja toivoi, että raja-arvot asetettaisiin kahteen ryhmään eli hyväksytyyn ja hylättyyn, kuten kuvan (Kuva 4) A.) kohdassa. Yleensä suositeltu tapa olisi kuitenkin kuvan (Kuva 4) B.) tyyppinen ratkaisu, jossa asteikossa on erillinen varoitus-kategoria antaa mahdollisuuden alustavien toimenpiteiden tekemiseen, jos sellaisia on tai halutaan määrittää. Tässä tapauksessa päädyttiin kuitenkin A-vaihtoehtoon, koska halutaan luoda laitteen kanssa työskenteleville selkeät ohjeet, miten tuloksia tulkitaan. Tapa-A ei anna vaihtoehtoja tulkita, onko pinta puhdas vai likainen, tai tarvitaanko toimenpiteitä.

Kuva 4. Raja-arvojen asteikot



Taulukossa (Taulukko 3) on esitetty miten tulokset asettuvat asteikon A (Kuva 4) tapaan.

Taulukossa (Taulukko 4) on taas esitetty, miten tulokset määritetään tavan B tyyliä.

Taulukko 3. Raja-arvot jaettuna kahteen luokkaan

	Hyväksytty	Hylätty
Näyte1	11	12
Näyte2	40	41
Näyte3	106	107

Taulukko 4. Raja-arvot jaettuna kolmeen luokkaan

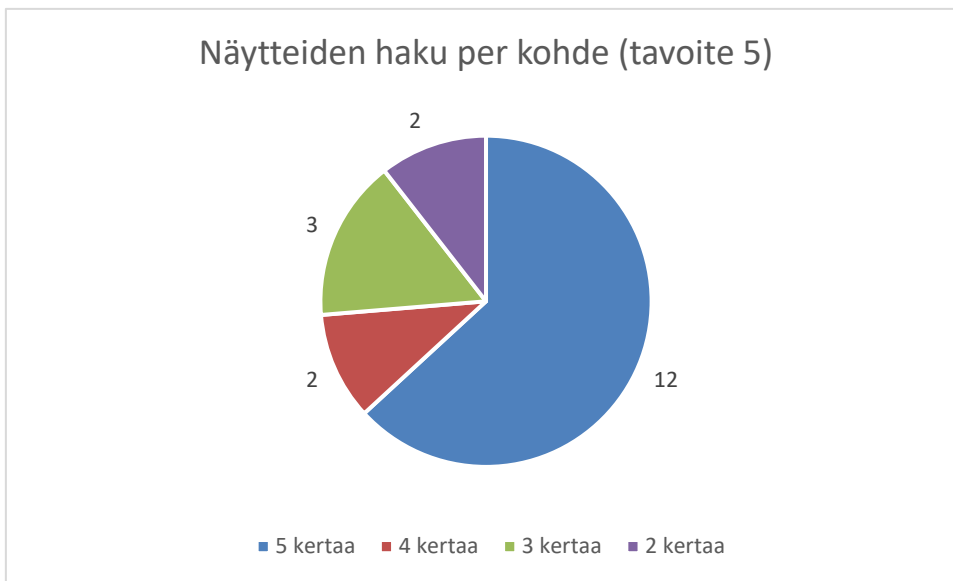
	Hyväksytty	Varoitus	Hylätty
Näyte1	11	12-19	20
Näyte2	40	41-94	95
Näyte3	106	107-205	206

Näiden laskelmien jälkeen tulokset voidaan päivittää luminometrin omassa raportointiohjelmassa. Kun tiedot on saatu päivitettyä raportointiohjelmaan, ne voidaan siirtää luminometriin synkronoimalla se. Tämän jälkeen luminometri ilmoittaa sitä käytettäessä, onko tulos hyväksytty tai hylätty.

7 Tulokset

Näytteenottopisteitä oli valittuna yhteensä 19 kappaletta ja näihin näytteenottopisteisiin kulutettiin projektin aikana yhteensä 243 kappaletta ATP-näytteenottotikkua ja 162 kappaletta Hygicult TPC:tä. Näytteitä otettiin koko työn aikana yhteensä 405 kappaletta. Tavoitteena oli, että jokaisesta näytteenottopisteestä saataisiin kerättyä näytteitä viisi kertaa. Valitettavasti aikataulun tuomien haasteiden vuoksi osasta kohteita näytteenotto jäi odotettua vajaammaksi. Kuvaajassa (Kuva 5) on esitetty, miten näytteiden haku onnistui kokonaisuutena. Näytteenottopisteistä 12/19 sain otettua kaikki halutut viisi näytettä. Kahdesta paikkaa näytteiden saanti jäi yhden päähän viidestä ja viidessä paikkaa näytteiden saanti jäi kolmeen tai kahteen.

Kuva 5. Näytteiden määrät



Näytteiden keruun suurimmaksi haasteeksi osoittautui opinnäytetyön tiukka aikataulu, sekä yleisesti tehtaan osastojen väliset epäsäännölliset pesurytmit. Työn tilaajan toivomuksesta tässä työssä ei tulla käsittelemään mittauskohteiden lopullisia raja-arvoja, mutta kerättyä dataa saadaan tarkastella hieman erilaisesta näkökulmasta.

Seuraavaksi tuloksia tarkastellaan ATP:n ja kokonaisbakteerien osalta kohteiden kaikkien mittausten keskiarvojen perusteella. Tarkoituksena on vertailla näiden kahden menetelmän eroja tuloksellisesti sekä samalla pohtia, mikä on vaikuttanut tuloksiin. Olen koodannut näytteenottokohteet siten, etteivät ne ole tunnistettavissa tehtaan sisältä. Tuloksia tarkastellaan karkeasti kahdessa osassa: käyttötarkoituksen ja materiaalin mukaan. Näytteenottopisteet ovat esitettynä alla olevassa taulukossa (Taulukko 5).

Taulukko 5. Näytteenottopisteet

Kohde	Käyttötarkoitus	Pintamateriaali
A	Työvälineet	Muovi
B	Työvälineet	Ruostumaton teräs
C	Kuljettimet	Ruostumaton teräs
D	Koneet	Ruostumaton teräs
E	Koneet	Ruostumaton teräs
F	Työvälineet	Ruostumaton teräs
G	Kuljettimet	Muovi
H	Koneet	Ruostumaton teräs

I	Työvälineet	Ruostumaton teräs
J	Koneet	Ruostumaton teräs
K	Koneet	Ruostumaton teräs
L	Kuljettimet	Muovi
M	Koneet	Ruostumaton teräs
N	Kuljettimet	Muovi
O	Koneet	Muovi
P	Työvälineet	Ruostumaton teräs
Q	Työvälineet	Muovi
R	Kuljettimet	Muovi
S	Koneet	Ruostumaton teräs

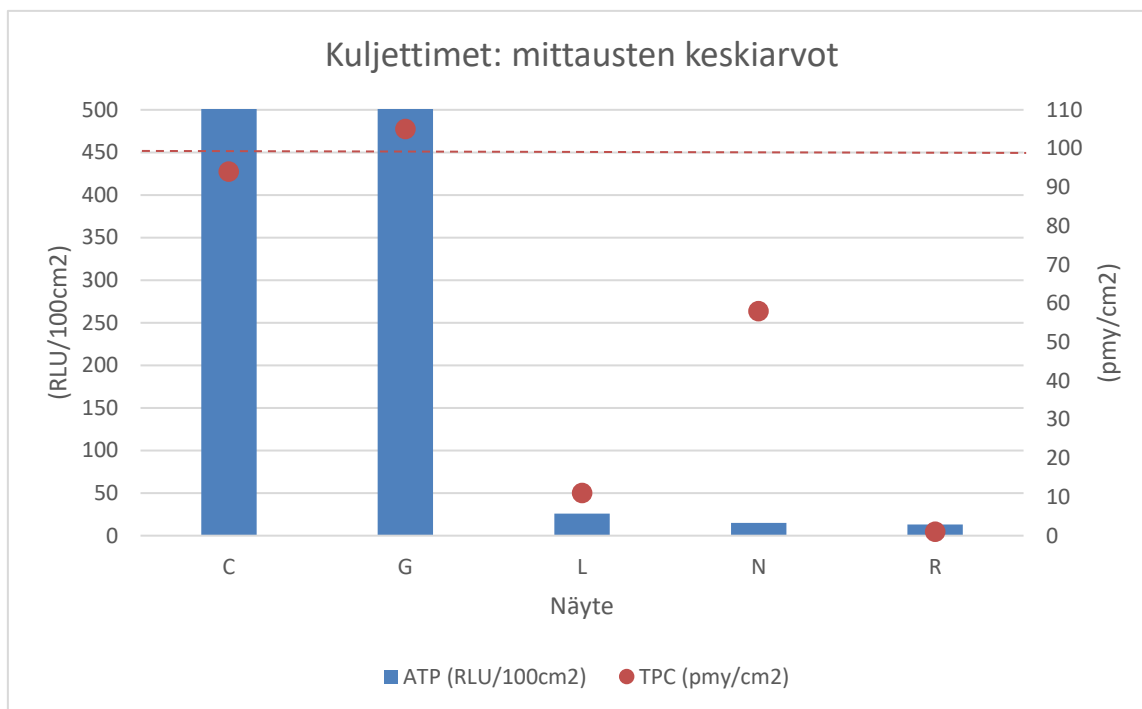
Kappaleiden 7.1 ja 7.2 kuvaajia luetaan siten, että kuvaajien vasemmanpuoleinen pysty akseli kertoo ATP:n määrää (RLU/100cm²) ja oikeanpuoleinen pysty akseli taas kokonaisbakteerien määrää (pmy/cm²). Punainen katkoviiva kuvastaa rajaa, joka on määritetty toimeksiantajan puolesta kokonaisbakteerien sallituksi maksimi määräksi mitattaessa Hygicult TPC:llä. Tässä tapauksessa maksimi raja-arvo on 100pmy/cm².

7.1 Käyttötarkoitus

Tässä kappaleessa tarkastellaan mittauskohteita niiden käyttötarkoituksen mukaan. Olen jakanut kohteet kolmeen kategoriaan: kuljettimiin, koneisiin sekä työvälineisiin.

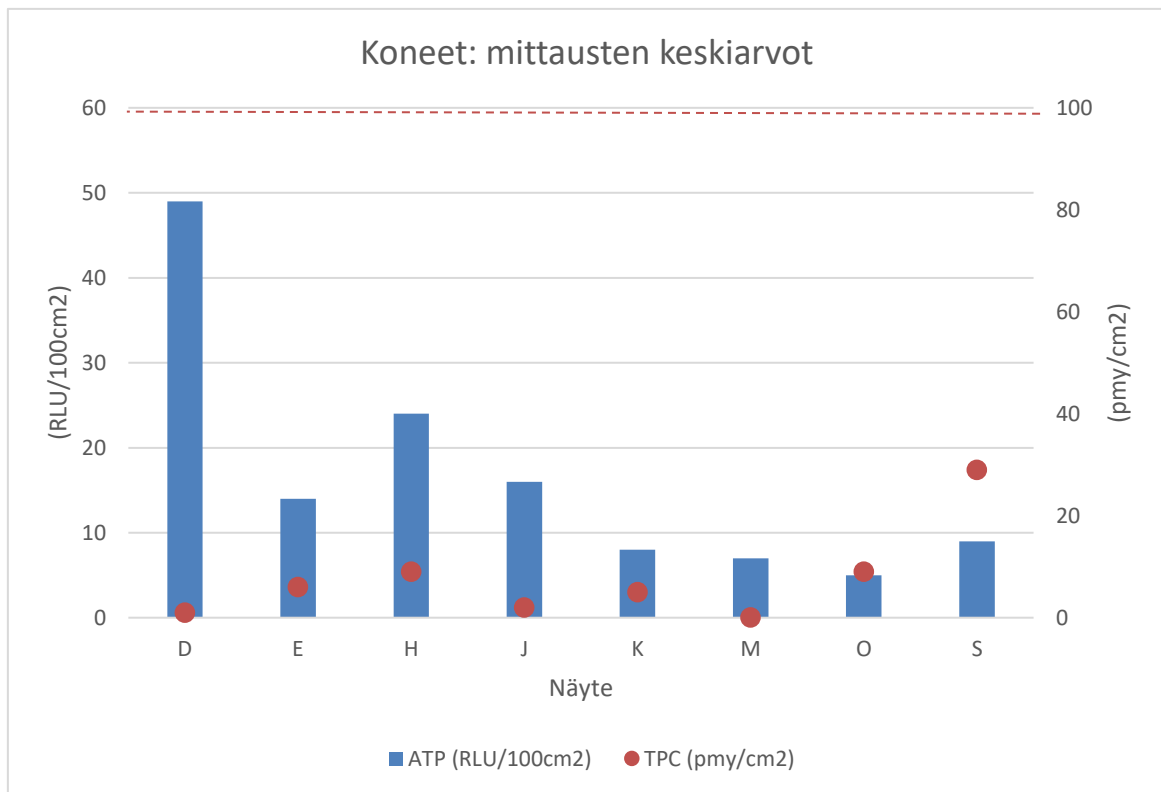
Kuljettimet. Kuvaajasta (Kuva 6) huomataan hyvin selkeä ero onnistuneiden puhdistusten ja epäonnistuneiden välillä. Kuljettimien C ja G ATP-tulokset olivat kokonaisuudessaan hyvin paljon korkeampia kuin kuljettimien L, N ja R. Kuljettimien C ja G kohdalla olisi suotavaa muuttaa nykyisiä puhdistuskäytänteitä. Tähän oman haasteensa voi tuoda kuljettimien rakenne sekä niiden sijoittelu huoneistossa. Kuljettimien L, N ja R osalta voidaan todeta, että näillä kohteilla pesumenetelmät ja toteutus onnistuu pääasiassa suunnitellusti. Se miksi N-kuljettimen kokonaisbakteeriarvo on korkea, on edelleen epäselvä. Tähän ovat voineet esimerkiksi vaikuttaa pesuainejäämät tai huono ilmanlaatu kyseisessä kohteessa. Myös kuljettimen epätasainen pesu voi olla syytä sille, miksi osassa kohtaa mittausmenetelmät tunnistavat tai eivät tunnista likaa ja mikrobeja.

Kuva 6. Kuljettimet: mittausten keskiarvot



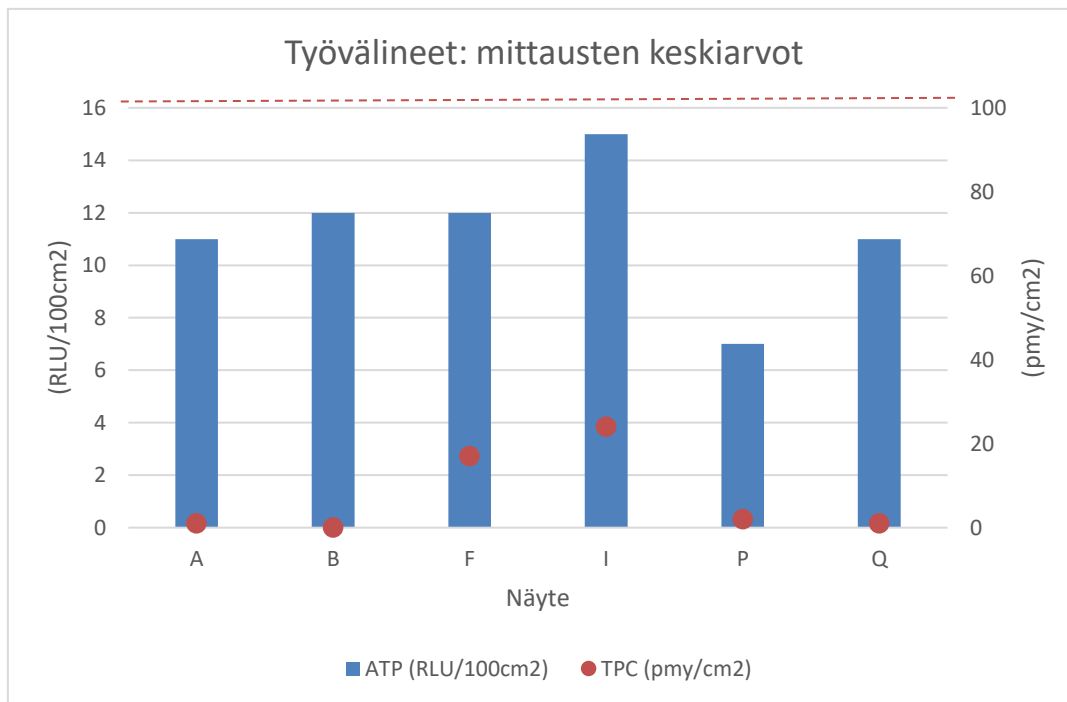
Koneet. Kuvaajassa (Kuva 7) tarkastellaan erilaisista koneista mitattuja arvoja. Täällä voidaan huomata huomattavasti parempia tuloksia kokonaisuutena. ATP-mittaukset vastaavat hyvin laitetoimittajalta saatuja oletus viitearvoja 50-100 RLU. Myös kokonaisbakteerien määrät ovat erinomaisia näillä mittauspisteillä. Uskon, että tällaisten tulosten saamiseen vaikuttaa se, että yleisesti koneita voidaan pestä erittäin kuumalla vedellä ja pesuprosessi voi kestää useista kymmenistä minuuteista muutamiin tunteihin. Tämän lisäksi osassa pesuja tapahtuva mekaaninen hankaus edesauttaa lian irrottamista, kunhan käytetään siivoukseen tarkoitettuja työvälineitä. Kuljettimiin verrattuna koneiden mittauspisteet ovat sijoittuneet pääasiassa niiden sisäpinoille. Kuljettimia löytyy monenlaisia, osa niistä on suljetussa tilassa olevia ja toiset ovat vailla suojausta. Koneissa ja valmistuslaitteistoissa on kuitenkin suurempi riski, että koneiden sisälle jää raaka-aineista peräisin olevia epäpuhtauksia. Useat laitteet on rakennettu monimutkaisiksi komplekseiksi ja niiden suunnitteluvaiheessa ei ole osattu ajatella puhdistusta tarpeeksi niin sen peseytyvyyden kuin pestävyyden kannalta. Makeistehtaalla käsitellään paljon erilaisia sokereita ja sen eri muotoja sekä suklaata. Molemmat voivat olla omilta osin hankalia puhdistaa. Nämä raaka-aineet tarvitsevat muun muassa kovat lämpötilat pesuvesille, jotta raaka-ainejäämät saadaan poistettua. Myös monissa kohteissa tarvitaan vesipesun lisäksi mekaanista puhdistusta.

Kuva 7. Koneet: mittausten keskiarvot



Työvälineet. Työvälineet ovat olennainen osa elintarviketehtaassa työskentelyä ja niiden puhtaustasoa on kuvattu kuvaajassa (Kuva 8). Työvälineisiin on laskettu sellaiset tarvikkeet, jotka eivät sovellu koneet tai kuljettimet -kategorioihin, mutta ovat olennainen osa valmistusprosesseja. Mittaustulokset ovat myös työvälineiden osalta erinomaiset, sillä keskiarvo tulokset ovat reilusti alle 50. Työvälineitä tulisi säilyttää huputettuina tai ovellisissa kaapeissa, jotta ne eivät pölyntyisi tai kontaminoituisi muista likaa aiheuttavista tehtävistä. Työvälineiden, kuin myös kaikkien edellä mainittujen laitteiden tuloksiin voi vaikuttaa merkittävästi käytettävän kohteen ikä sekä materiaali. Jos materiaali on helposti naarmuuntuvaa, on sellaisella suurempi riski jäädä likaiseksi pesuista huolimatta.

Kuva 8. Työvälineet: mittausten keskiarvot



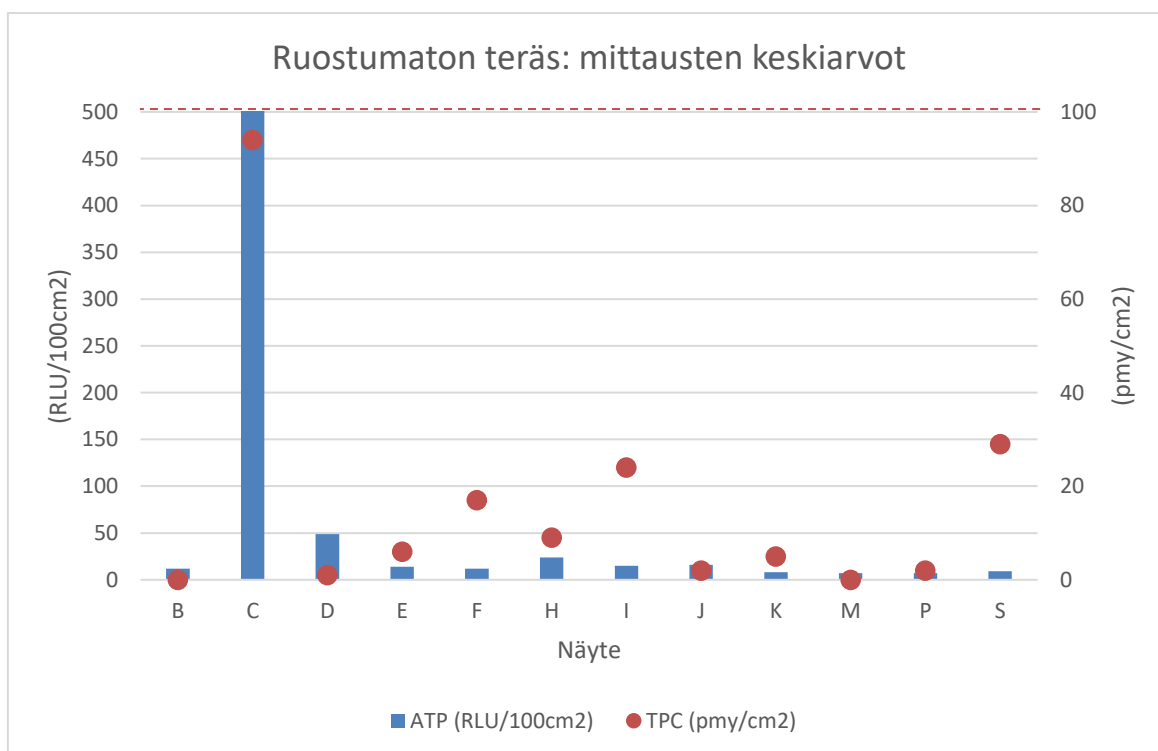
Mittausten perusteella työvälineet saadaan parhaiten puhdistettua, mikä on toisaalta ymmärrettävää, koska usein nämä tavarat ovat pienempiä ja liikuteltavissa. Koneiden ja kuljettimien pesuihin vaikuttavat keskeisesti myös tuotannon työntekijöille opetetut käytänteet. Tuotantoprosesseille on luotu omat pesuohjeet, joita tulisi noudattaa muulloinkin kuin opetusvaiheessa. Pesu- ja puhdistusprosessien seurannaksi on luotu puhdistuskuittauskaavakkeita, johon operaattorit merkitsevät tekemänsä puhdistusvaiheet suoritetuiksi. Tämän kaavakkeen ideana on toimia eräänlaisena muistilappuna puhdistusta tehtäessä. Tällä tavalla tarkasteltuna tulokset ovat pääasiassa erinomaisia. Elintarviketurvallisuuden kannalta tällaisten mittausten vertailu on tärkeää, sillä näillä pinnoilla käsitellään ravinnoksi tarkoitettuja elintarvikkeita.

7.2 Materiaalit

Tässä kappaleessa tarkastellaan tuloksia materiaalien mukaan. Vertailtaessa materiaalikuvajia keskenään voidaan huomata melko suurta vaihtelua ATP-mittausten välillä. Molempia kuvaajia tarkasteltaessa tulee muistaa, että materiaalin kunto ja ikä voivat vaikuttaa suuresti saatavaan ATP-tulokseen. Naarmuista pintaa on huomattavasti vaikeampi saada puhtaaksi kuin täysin uutta ja sileää pintaa.

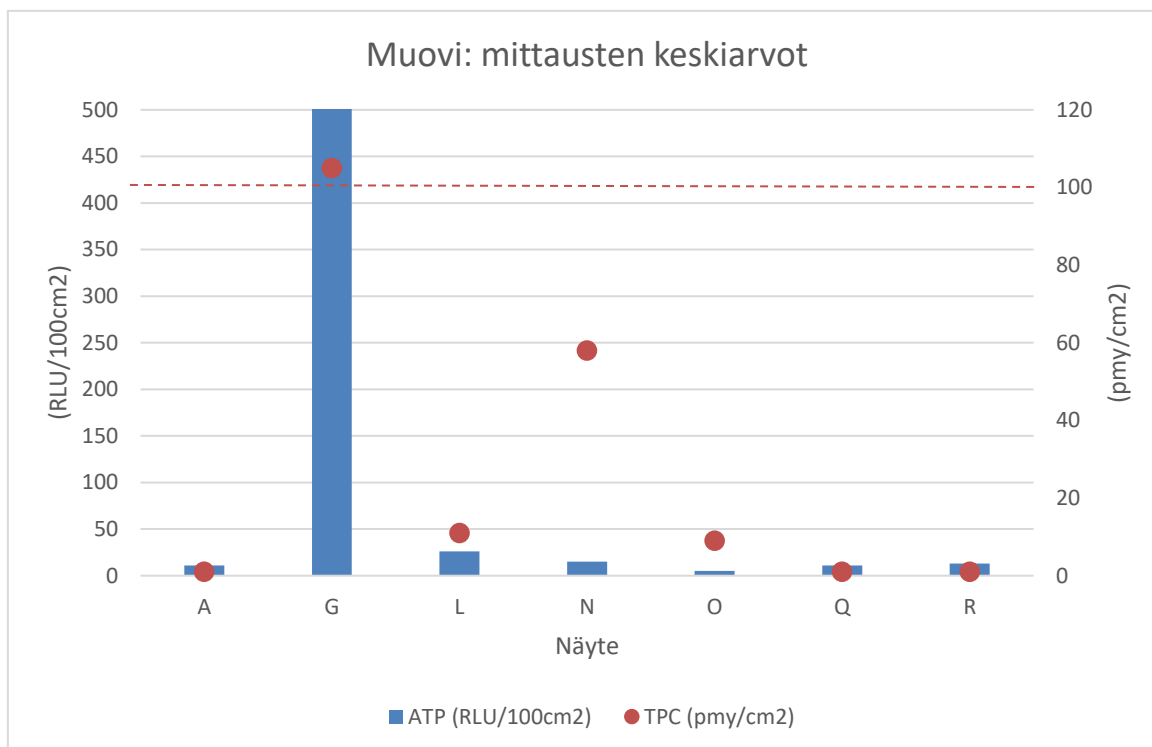
Ruostumaton teräs. Kuvaajassa (Kuva 9) on esitettynä mittaustuloksia kohteista, joiden pintamateriaalina on ruostumaton teräs. Kuvaajasta voidaan huomata, että C:tä lukuun ottamatta tulokset ovat oikein hyvät. ATP-mittaustulokset ovat huomattavasti matalampia kuin laitetoimittajan ohjeessa (Kuva 3). Kokonaisbakteerien osalta tuloksiin voivat vaikuttaa pinnan materiaalien lisäksi myös ilmasta tarttuvat mikrobit.

Kuva 9. Ruostumaton teräs: mittausten keskiarvot



Muovi. Pintamateriaaliltaan muovisia laitteita ja välineitä ja niiden tuloksia esitellään seuraavassa kuvaajassa (Kuva 10). Kuten ruostumattoman teräksen kohdalla, täältä pomppaa silmiin heti yksi erottuva kohde. Muiden kohteiden osalta huomataan, että ATP-arvot ovat erittäin maltilliset ja kokonaisbakteerien osalta myös pääosin erinomaiset.

Kuva 10. Muovi: mittausten keskiarvot



Edellä esitettyjen kuvaajien ja kerättyjen tulosten perusteella voidaan todeta, että lopputulokseen voivat vaikuttaa monenlaiset erilaiset tekijät. Tuloksia kokonaisuutena tarkastellessa voidaan todeta, että suurimmassa osassa näytteenottopisteitä pesumetodit ja pesujen taso ovat riittäviä. Parissa kohteessa voidaan todeta olevan systemaattinen ongelma pesujen tasossa, sillä näissä kohteissa ATP:n ja kokonaisbakteerien tulos oli paljon toivottua korkeampi. Mielestäni tuloksellisesti ei voida huomata kovin suurta eroa ruostumattoman teräksen ja muovin välillä. Tärkeintä on, että käytettävät materiaalit noudattavat lainsäädäntöä ja soveltuvat elintarvikekosketukseen. Tärkeää on myös se, että näitä kaikkia edellä mainittuja välineitä vaihdetaan ja huolletaan riittävän usein. Huonokuntoiset välineet tai pinnat voivat aiheuttaa vakavan elintarvikeeturvallisuusriskin niin vierasesineiden muodossa kuin mikrobiologisesti.

Pohdittakoon lopuksi vielä asioita, jotka voivat vaikuttaa mitattuihin tuloksiin yleisesti. Ensimmäisenä tulee mieleen se, ettei täysin samasta kohdasta voida ottaa rinnakkaisia näytteitä, vaan rinnakkainen näyte otetaan samalta alueelta. Jos pesu on suoritettu epätasaisesti, voi olla, että ensimmäisessä näytteestä saadaan paljon korkeamman luvut kuin rinnakkaisesta. Myös mikrobien tyyppi vaikuttaa tuloksiin. Osa mikrobeista tuottaa enemmän ATP:tä kuin toiset ja osa vähemmän. Tämä voi myös selittää kokonaisbakteerien mittauksessa erot ATP-tuloksiin. Näiden lisäksi erilaiset raaka-ainejäämät sekä pesu- ja desinfiointiainejäämät voivat aiheuttaa eroja mittaustuloksiin. Tuloksia mitattaessa sekä

tulkittaessa on tärkeää muistaa, että nämä kaksi menetelmää eivät ole täysin verrattavissa keskenään. Kummallakin menetelmällä saadut tulokset täydentävät toisiaan. Yhdessä käytettynä saadaan aina varmin tulos mitattavan kohteen puhtaustasosta.

8 Johtopäätelmät ja pohdiskelut

Työn tarkoituksena oli selvittää, voisiko ATP:n mittausmenetelmä korvata Hygiculteilla tapahtuvat mittaukset. Luminometrillä tapahtuvien mittausten etuna on se, että tulokset saadaan saman tien. Hygiculteilla tulokset saadaan vasta muutaman päivän päästä, mikä hidastaa mahdollista päätöksen tekoa. Mielestäni tämä työ vastaa tutkimuskysymyksiini, kun työssä selviää, miten raja-arvot määritetään, voidaanko päätös laitteen käyttöönotosta tehdä ATP-mittauksen perusteella, sekä ovatko ATP- ja Hygicult-menetelmät verrannollisia keskenään.

Jos lähtisin tekemään tätä samaa työtä uudelleen, pyrkisin kohdistamaan näytteenottoni johonkin yhteen tiettyyn osastoon. Tässä työssä yksinkertaisesti suurimpana haasteena oli päästä ottamaan näytteitä valituista pisteistä. Tehdas toimii ympärivuorokautisesti, joten linjastojen pesut voivat osua mihin kellonaikaa tahansa. Tässä työssä valitsemallani toimintatavalla aikaa olisi tarvittu hieman lisää. Näytteenottoa rajoittivat myös erilaiset juhlapyhät, sillä tiettyinä ajankohtina näytteitä ei voi mennä hakemaan, koska tulosten luku olisi siirtynyt liian monen päivän päähän, eivätkä tulokset olisi olleet enää relevantteja.

Paikat, joista keräsin näytteitä, olivat mielestäni oikein toimivia tämän työn kannalta sekä työn tilaajan kannalta. Näytteenottopisteitä valitessani koetin valita kohteet erilaisilta osastoilta, joissa käytettäisiin erilaisia raaka-aineita ja pesumenetelmiä. Mielestäni tämä antaa luotettavuutta saaduille tuloksille, joita tullaan käyttämään ohjenuorana määritettäessä muita kohteita myöhemmin. Lisäksi tämän selvitystyön ansiosta työn tilaaja voi puuttua havaittuihin epäkohtiin pesujen menettelyissä.

Tämä työ osoittaa myös luminometrin käytön haasteellisuuden makeistehtaalla. Pohdin ennen työn aloitusta, miten näytteenotto tulee sujumaan. Kuten lopputuloksesta nähdään, melko vaikeasti. Osasta kohteita näytteenottoajankohdat osuivat omaan aikatauluuni sopivasti, kun taas osan kanssa oli haasteita. Tähän vaikuttaa suuresti se, että tehdas pyörii kolmessa vuorossa ja näytteenkerääjänä olin paikalla pääasiassa päivävuoron aikaan, joskus myös myöhemmin.

Luminometriä hankittaessa ajateltiin, että näytteenoton hoitavat tehtaan omat laborantit. Tässä voi kuitenkin ilmetä samanlainen ongelma kuin tätä opinnäytetyötä tehtäessä. Tehtaan

laborantit työskentelevät vain yhdessä vuorossa, mikä vaikeuttaa näytteiden keräämistä sellaisilta osastoilta, jotka työskentelevät kolmessa vuorossa. Hygicultien etuna on tässä tilanteessa se, että niillä voidaan mitata mikrobeja myös pinnoilta, jotka ovat niin sanotusti likaisia. Tätä työtä tehtäessä minulle ja työn tilaajalle on selkeytynyt kuva siitä, ettei ATP-luminometria pysty korvaamaan sitä tietoa minkä Hygicult-testit tehtaan hygienian seurannassa tarjoavat. Luminometri ei siis sovi tällä hetkellä tehtaan toimintatapoihin, ellei laitteelle kouluteta käyttäjiä myös tuotannosta tai työnjohdosta.

Opinnäytetyön aikana kerätyt tulokset osoittavat, että laite toimii kuten kuuluukin ja sen tulokset ovat odotusarvojen mukaisia. Tämän työn perusteella koen luminometrin käytön soveltuvan tällä hetkellä parhaiten tilanteisiin, joissa otetaan käyttöön uutta tai vanhaa laitetta tai korjaustoimenpiteiden jälkeen, kun halutaan varmistaa kyseisen kohteen puhtaus. Tällaisiin tilanteisiin ATP:n mittaus on hyvä vaihtoehto, sillä tulos tulee välittömästi ja päätös jatkosta voidaan tehdä.

Jos luminometri kuitenkin halutaan ottaa osaksi aktiivista hygienian seurantaan, se voisi vaatia useamman laitteen hankinnan ja myös muun henkilöstön kouluttamista sen käyttöön. Tämä olisi iso investointi niin ajassa kuin rahassa, mutta voisi helpottaa hygienian seurantaan. Tuotannolle tai työnjohtajille tulisi ohjeistaa selkeästi, miten laitetta käytetään ja millaisia raja-arvoja oman osaston kohteilta odotetaan. Edellä mainituilla toimenpiteillä luminometriä voitaisiin hyödyntää mielestäni parhaalla mahdollisella tavalla työn kohteena olleessa tuotantolaitoksessa.

Lähteet

Aidian. (n.d.). *Hygicult-testit*. Haettu 28.12.2023 osoitteesta:

<https://www.aidian.fi/hygieniavalvonta/hygicult/hygicult-testit#yleisesti>

Anticimex. (n.d.). *Elintarviketuholaiset*.

<https://www.anticimex.fi/elintarviketuholaiset/>

Bakke, M. (2022). *A Comprehensive Analysis of ATP Tests: Practical Use and Recent Progress in the Total Adenylate Test for the Effective Monitoring of Hygiene*. Journal of Food Protection. Volume 85, Issue 7, ss. 1079 – 1095. <https://doi.org/10.4315/JFP-21-384>

Elintarvikehygienian asetus 852/2004.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=celex:32004R0852>

Elintarvikelaki 297/2021.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2021/20210297>

Elintarviketeollisuusliitto ry (ETL). (n.d.). *Elintarviketurvallisuus*.

<https://www.etl.fi/tietoa-ruoka-alasta/elintarviketurvallisuus/>

Heikinheimo, A., Lindström, M. & Hatakka, M. (2007). *Fysikaaliset ja kemialliset menetelmät*. s.148. Elintarvikehygienia. WSOY.

Hygieniapassi. (n.d.). *Lower and Upper RLU Limits for ATP Monitoring Programs: What are Lower and Upper RLU limits?* (PDF)

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjz4DvudWDAxWbDRAIHZ6bDm4QFnoECBcQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.gemscientific.co.uk%2Fdownloads%2F1619449142Upper_%26_Lower_Limits_for_ATP_Monitoring_Programs.pdf%3Futm_source%3Dpresentation%26utm_medium%3Dreference_link%26utm_campaign%3DBupa_Presentation&usq=AOvVaw3qBfbBdTnUgFOpnN0dcznC&opi=89978449

Hygieniapassi. (n.d.-a) *Mikrobit ja ruokamyrkytykset*.

<https://www.hygieniapassi.training/mikrobit>

Hygieniapassi. (n.d.-b) *Omavalvonta ja elintarvikelainsäädäntö*.

<https://www.hygieniapassi.training/omavalvonta>

Ijäs, T. & Saloniemi, M. (2021). *Mikrobit*. ss. 16-27. Hallitse elintarvikehygieniä. Hygieniakonsultointi Saloniemi Oy.

Jokela, S. (2007). *Tuotantotilojen suunnittelu ja rakenteet*. ss. 356 – 359. Elintarvikehygieniä. WSOY.

Lundén, J. & Tolvanen, R. (2007). *Biofilmi*. s.370. Elintarvikehygieniä. WSOY.

Lundén, J. (2007). *Pikamenetelmät*. s.372. Elintarvikehygieniä. WSOY.

Lähteenmäki-Uutela, A. (2007). *Elintarviketurvallisuus*. s.85. Edita.

Karlsson, A. (2016). *Vitträskin kummitus*. Suomen Luonto.

<https://suomenluonto.fi/uutiset/vittraskin-kummitus/>

Kiilto. (n.d.) *Hygicult TPC -näytteenotto*.

<https://www.kiilto.fi/tuote/hygicult-tpc-naytteenotto/>

Kiwa. (n.d.). *Elintarviketurvallisuus ja hallintajärjestelmien sertifiointi (ISO 22000 JA FSSC 22000)*.

<https://www.kiwa.com/fi/fi/palvelumme2/sertifiointi-arviointi-ja-todentaminen/elintarviketurvallisuus-ja-hallintajarjestelmien-sertifiointi-iso-22000-ja-fssc-22000/>

Kuluttajaliitto. (n.d.). *Elintarviketurvallisuus*.

<https://www.kuluttajaliitto.fi/materiaalit/elintarviketurvallisuus/>

Perkiömäki, J., Koivunen, H. & Tuominen, P. (n.d.) *Kirjallisuuskatsaus virusriskeistä elintarviketeollisuudessa*. Evira.

<https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/henkiloasiakkaat/tietoa-elintarvikkeista/viruskirjallisuuskatsaus.pdf>

Ruokavirasto. (2023). *Elintarviketurvallisuus Suomessa 2022*. 02/2023.

https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tietoa-meista/julkaisut/julkaisusarjat/julkaisuja/ruokaviraston_julkaisuja_2_2023_elintarviketurvallisuus_suomessa_2022.pdf

Ruokavirasto. (2024). *Elintarvikkeiden mikrobiologiset vaatimukset – Ohje elintarvikealan toimijoille*. Haettu 14.1.2024 osoitteesta:

<https://www.ruokavirasto.fi/elintarvikkeet/oppaat/elintarvikkeiden-mikrobiologiset-vaatimukset---ohje-elintarvikealan-toimijoille/elintarvikkeiden-mikrobiologiset-vaatimukset---ohje-elintarvikealan-toimijoille/>

Ruokavirasto. (n.d.-a). *HACCP-järjestelmä on osa elintarvikehuoneiston omavalvontaa*.

Haettu 27.12.2023 osoitteesta:

<https://www.ruokavirasto.fi/elintarvikkeet/elintarvikeala/elintarvikekeyityksen-perustaminen-ja-omavalvonta/omavalvonta-ja-jaljitettavyys/omavalvonta/haccp/>

Ruokavirasto. (n.d.-b). *Oiva*. Haettu 1.11.2023 osoitteesta

<https://www.oivahymy.fi/kuluttajille/tarkastuksesta/>

Ruokavirasto. (n.d.-c). *Omavalvonnalla hallitaan vaara- ja riskitekijöitä*. Haettu 8.1.2024

osoitteesta: <https://www.ruokavirasto.fi/elintarvikkeet/elintarvikeala/elintarvikekeyityksen-perustaminen-ja-omavalvonta/omavalvonta-ja-jaljitettavyys/omavalvonta/>

Solunetti. (2006a). *Hiivat*.

<https://www.solunetti.fi/fi/solubiologia/hiivat/2/>

Solunetti. (2006b). *Homeet*.

<https://www.solunetti.fi/fi/solubiologia/homeet/2/>

Solunetti. (2006c). *Morfologiaa*.

<https://www.solunetti.fi/fi/solubiologia/morfologia/>

Solunetti. (2006d). *Virukset*.

<https://www.solunetti.fi/fi/solubiologia/virukset/>

Tolvanen, R. (2007). *Laitteiden hygienia*. ss. 359 – 360. Elintarvikehygienia. WSOY.

Ward-Fore, S. (2023). *Adenosine Triphosphate (ATP) Bioluminescence Testing and Performance*. Haettu 7.1.2023 osoitteesta:

<https://www.infectioncontrolday.com/view/adenosine-triphosphate-atp-bioluminescence-testing-performance>

Yellow Service. (n.d.). *Hygicult TPC*. [kuva]

<https://www.siivous.fi/fi/tuote/tuotteet/keittiohygienia/hygieniatestit/5040/hygicult-tpc-hygieniatesti-1x10-levyn-pakk-132664>

3M. (2010). *ATP, RLUs and CFUs*. [kuva]

<https://multimedia.3m.com/mws/media/686753O/clean-trace-atp-rlus-and-cfus.pdf>

3M. (2014). *Käyttöohje for 3M Clean-Trace ATP järjestelmä* [kuva]

3M. (2019). *Setting Pass/Fail Limits for the 3M Clean-Trace Hygiene Monitoring and Management System*. [clean-trace-setting-pass-fail-limits-pdf-lm1-implementation.pdf](#) (3m.com)