

Opinnäytetyö (AMK)

Kemiantekniikan koulutus

2025

Basma Yasir

Autoklaavien toiminnan varmistaminen



Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Kemiantekniikan koulutus

2025 | 25 sivua + 3 sivua liitteitä

Basma Yasir

Autoklaavien toiminnan varmistaminen

Tässä opinnäytetyössä tavoitteena on selvittää Oy Lunden Ab Jalostajan autoklaavien kylmimmät kohdat. Selvitystyön avulla voitiin tarkastaa laitteiden toimivuus ja kunto, ja sen perusteella sterilointiohjelmaa lyhennettiin.

Sterilointiprosessin tuotteeksi valittiin hernekeitosäilyke (435 g), koska se on merkittävin tuoteryhmä Oy Lunden Ab Jalostajalla.

Kylmä piste tarkoittaa autoklaavin aluetta, joka saavuttaa sterilointilämpötilan muita alueita hitaammin. Pisteiden tarkastaminen takaa tuotteen turvallisuuden ja laitteen toimivuuden. Työ tehtiin kahdessa vaiheessa. Ensimmäisenä määritettiin kylmimmät paikat dataloggerien avulla. Tämä jälkeen tulosten avulla valittiin sopivin sterilointiohjelma.

Lopputuloksena saatiin jokaisesta autoklaavista kylmin piste ja sen F-arvo. Tulosten perusteella todettiin, että laitteet toimivat moitteettomasti eikä niissä havaittu kalkkitukkeumia. Sterilointiohjelmaa saatiin lyhennettyä viidellä minuutilla, mikä mahdollistaa mm. ajansäästön ja taloudellisen resurssien käytön optimoinnin.

Asiasanat:

sterilointi, autoklaavi, laatu, F-arvo

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Chemical engineering

2025 | 25 pages + 3 pages in the appendix

Basma Yasir

Ensuring the operation of autoclaves

The aim of this thesis is to determine the coldest points of the autoclaves of Oy Lunden Ab Jalostaja. The study set out to verify the functionality and condition of the equipment, and potentially to shorten the sterilization program. Pea soup (435 g) was selected as the test product of the sterilization process because it is the most significant product group by Oy Lunden Ab Jalostaja.

The cold spot is the area in the autoclave that reaches the temperature more slowly during sterilization. Inspection of the area ensures the safety of the product and the functionality of the device. The work was done in two stages, the coldest points were determined using data loggers and based on the results, the most suitable sterilization program was selected.

The coldest points of each autoclave and their F-values were determined. Based on the results, it was found that the devices work without problems, and there is no limescale blockage. The sterilization program was shortened by five minutes, which makes it possible to save time and optimize the use of financial resources, among other things.

Keywords:

sterilization, autoclave, quality, F-value

Sisältö

Käytetyt lyhenteet tai sanasto	6
1 Johdanto	7
2 Elintarvikkeiden säilöntämenetelmät ja niiden tarkoitus	8
2.1 Sterilointi	8
2.1.1 Clostridium botulinum	9
2.1.2 Mikrobit	9
2.2 Autoklaavi	10
2.3 Erityyppiset autoklaavit	10
2.3.1 Autoklaavityypit elintarviketeollisuudessa	10
2.3.2 Staattinen autoklaavi	11
3 Mittausmenetelmät	13
3.1 HACCP	13
3.2 Säilyke	13
3.3 Mittalaitteisto	14
3.4 SPD-ohjelma	15
3.5 F-arvo	16
3.5.1 Desimaalin vähennysaika	17
3.5.2 Z-arvo	17
3.6 Sisälämpömittaukset	18
4 Tulokset	20
5 Johtopäätökset	23
Lähteet	24

Liitteet

Liite 1. Kylmimmät paikat

Kuvat

Kuva 1. Barriquand Steriflow -autoklaavi (Werktuigen International)	12
Kuva 2. Dataloggerin asetus tölissä	14
Kuva 3. SterilDisk dataloggeri	15
Kuva 4. SPD-ohjelma esimerkki	16
Kuva 5. Dataloggerien paikka häkissä	19
Kuva 6. Autoklaavien häkkien paikat	20

Kuviot

Kuvio 1. D-arvon kuvaaja	17
Kuvio 2. Z-arvon laskeminen (Larson n.d.)	18

Taulukot

Taulukko 1. Vanha sterilointiohjelma	21
Taulukko 2. Uusi sterilointiohjelma	22

Käytetyt lyhenteet tai sanasto

Anaerobinen	Prosessi, joka tapahtuu ilman happea (O ₂)
Botuliini	Tehokas ja luonnollinen hermomyrkky, joka on <i>C. botulinum</i> -bakteerin tuottama
HACCP	Vaarojen arviointi ja kriittiset hallintapisteet
IP68-luokitus	Sisältää sisäisen pölyn- ja vedenkestävän anturin
Kaskadoiva vesijärjestelmä	Voimakas vesivirtaus
Sterilointi	Mikrobien, kuten bakteerien, sienien, viruksien ja itiöiden tuhoaminen
pH	Liuoksen happamuus tai emäksisyys

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Oy Lunden Ab Jalostaja, joka valmistaa erilaisia elintarvikkeita, kuten hernekeittoja, salaatteja, kolmioleipiä, keittoja ja erilaisia valmisruokapusseja. Oy Lunden Ab Jalostaja on osa Oy Lunden Ab perheyriystä, joka perustettiin vuonna 1959. Oy Lunden Ab Jalostajan tunnetut brändit ovat Jalostaja, Auran ja Chef Lundén. Jalostajalla on noin 600 työntekijää. (Lunden 2025.)

Tämän opinnäytetyön aiheena on selvittää kylmät kohdat autoklaaveissa ja näin ollen tarkistaa laitteen toimivuutta. Työhön kuuluu myös sterilointiohjelman lyhentämisen selvitys.

Kylmä piste on autoklaavissa oleva alue, joka saa vähiten lämpöä. Tämä alue yleensä saavuttaa hitaammin lämpötilan steriloinnin aikana. Alue on äärimmäisen tärkeä tuotteen turvallisuudelle. (Steriflow 2024.) Ja siksi tässä työssä on tärkeää tarkistaa ja selvittää autoklaavien kylmimmät paikat, jotta voidaan varmistaa laitteiden toimivuus, ja näin taata tuotteiden turvallisuutta.

Autoklaaveja on yhteensä kuusi, joista klaaveihin 6 ja 5 mahtuu 6 häkkiä, klaaveihin 4 ja 3 mahtuu 5 häkkiä ja klaaveihin 2 ja 1 mahtuu 4 häkkiä. Työn tavoitteena on tehdä yhteensä 30 mittausta kuudelle autoklaaveille ja selvittää kylmät paikat jokaisessa häkkipaikassa. Tässä opinnäytetyössä keskitytään hernekeiton sterilointiprosessiin, koska se on merkittävin tuoteryhmä Oy Lunden Ab Jalostajalla.

2 Elintarvikkeiden säilöntämenetelmät ja niiden tarkoitus

Elintarvikkeiden säilöntä ajoittuu esihistorialliseen aikaan, jossa menetelmien tarkoituksena oli pidentää elintarvikkeita pilaantumiselta esimerkiksi sadonkorjuun jälkeen. Menetelmät ovat olleet yksinkertaiset: elintarvikkeet kuivattiin, seuraavaksi vietiin jäädytykseen ja viimeinen vaihe oli fermentointi. Fermentointi on entsyymikatalysoitu anaerobinen aineenvaihduntaprosessi, jossa mikro-organismit muuttavat tärkkelystä ja sokeria alkoholiksi tai hapoiksi, vapauttaen energiaa. (Coyle 2023.; Aakash n.d.)

Nykyajassa elintarvikkeiden säilöntä menetelmiin kuuluu säilykkeet, pastörointi, pakastus, säteilytys ja kemikaalien lisääminen. Mikä tahansa muutos, mikä tekee elintarvikkeesta ihmisravinnoksi kelpaamattomaksi, määritellään pilaantuneeksi elintarvikkeeksi. Muutoksiin on useampi tekijä, kuten saastuminen aiheutetusta mikro-organismeista, hajoaminen aiheuttamasta endogeenisten entsyymeistä, hyönteisten aiheuttamasta tuhosta, kasvi- tai eläinkudosten repeäminen tai tiettyjen elintarvikkeiden ainesosien hapettuminen. Elintarvikkeiden laadun heikkeneminen, kuten tekstuurin heikkeneminen, ravinteiden menestys ja makuhaittojen kehittyminen johtuvat entsyymien katalysoimasta kemiallisista reaktioista. Ruuan pilaamisen aiheuttajat ovat bakteerit, hiivat ja homeet. (Desrosier & Singh & 2025.)

2.1 Sterilointi

Mikro-organismien tyyppi, pH, astian koko sekä kuumennustapa ovat tekijöitä, jotka vaikuttavat elintarvikkeiden sterilointiin. Säilytyksen lämpöprosessin tarkoituksena on tuhota *Clostridium botulinum* -bakteerin itiöt. Elintarvikkeiden sterilointiprosessi tapahtuu 116–129 °C, jolloin tuotteiden pH on tällöin yli 4,6. Tätä prosessia kutsutaan retorttisäilönnäksi. Retortti tarkoittaa tuotteen lämpökäsittelyä, jolla saadaan tuhoon kaikki mikro-organismit sekä pidennettyä tuotteen säilyvyyttä. Kylmä piste saa hitaamman lämpökäsittelyn ja

tämä voi johtaa säilykkeen yliprosessointiin ja näin ollen tuotteen laadun heikkenemiseen. (Desrosier & Singh & 2025.)

2.1.1 Clostridium botulinum

Clostridium botulinum (C. botulinum) on itiöllinen bakteeri, joka tuottaa vaarallista hermomyrkkyä, botuliinia. Botuliini aiheuttaa kriittistä halvaustilaa nimeltään botulismi, joka saattaa johtaa kuolemaan. Botulismi voi esiintyä kahdessa tavassa, klassinen botulismi tai imeväisbotulismi. Klassinen botulismi on ruokamyrkytys, jonka aiheuttaja on *C. botulinum* -bakteeri. Elintarvikkeessa oleva bakteeri muodostaa toksinin, joka aiheuttaa sairastumisen. Imeväisbotulisman aiheuttaa ruoansulatuskanavaan joutuneet *C. botulinum* -bakteerin itiöt. (Ruokavirasto 2023.)

2.1.2 Mikrobit

Mikrobit ovat pieniä eliöitä, joita ei voi nähdä paljaalla silmällä. Mikrobit löytyvät kaikkialta. Mikrobit elävät vedessä, ilmassa, maaperässä ja ihmiskehossa elää peräti miljoonia mikrobeja. Osa mikrobeista ovat ihmiselle vaarallisia ja osa tärkeitä terveydellemme. Ruuat myös sisältävät useasti eri mikrobeja, joista osa voivat aiheuttaa ruokamyrkytyksiä. Ruokamyrkytys voi aiheutua tuottamasta toksiinista tai muiden mekanismien avulla. Suomessa haitallisimmat elintarvikkeiden mikrobit ovat salmonella, *yersinia*, *Listeria monocytogenes*, *kampylobakteeri*, *enterohemorraginen Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, *Staphylococcus aureus* ja *bacillus*-kannat. Elintarvikkeissa on erilaisia mikrobeja, joista osa voi olla taudinaiheuttajia tai ruuanpilaaja. Hyvällä hygienialla ja erilaisilla säilöntätekniikoilla voidaan hillitä mikrobien haitallisia vaikutuksia. (National Library of Medicine 2022; Siitonen & Maijala 2001.)

2.2 Autoklaavi

Autoklaavit tunnetaan usein nimellä paineastiat. Laitte tappaa bakteereja, viruksia ja muita mikro-organismeja eli se steriloi käyttämällä höyryä korkeassa paineessa. Autoklaavit ovat äärettömän tärkeitä kaikissa laboratorioissa, tutkimuksissa ja terveydenhuollon ympäristöissä. Laitteen sisällä olevat välineet ja tuotteet kuumennetaan korkeaan lämpötilaan, joka on tyypillisesti 121 °C. Sterilointiaika vaihtelee laitteen koon, tiheyden ja lämpötilan mukaan, mutta yleensä aika vaihtelee 15–30 minuutin välillä. Korkea paine saa sterilointilämpötilan nousemaan ja näin ollen myös tappamaan mikro-organismeja. Korkean paineen avulla lämpö pystyy leviämään autoklaavin sisällä, näin ollen syntyy höyry, joka auttaa mikro-organismien proteiinin hyytymisessä, jolloin ne lopulta tuhoutuvat. (Warren 2024; Toi 2020.)

2.3 Erityyppiset autoklaavit

Autoklaaveja on erimallisia ja -tyyppisiä ja tämän takia jokaiselle teollisuudelle on käytössä omat autoklaavit. Autoklaavit voidaan jakaa kolmeen luokkaan, jotka ovat luokka B, luokka N ja luokka S.

B luokan autoklaavit poistavat ilman kammiosta tyhjiöpumpun avulla ennen sterilointiprosessin aloittamista. Esityhjiövaiheen avulla varmistetaan höyryn tunkeutuvan huokosiin ja onttoihin kohteisiin tehokkaasti. B luokan autoklaavit ovat tarkoitettu lääkinnällisten laitteiden sterilointiin. N luokan autoklaavien ilma poistuu työntymällä ulos kammiosta höyryn tullessa sisään käyttämällä painovoiman siirtymää. S luokan autoklaavissa on piirteitä B:n ja N luokan autoklaaveista. (Warren 2024.)

2.3.1 Autoklaavityypit elintarviketeollisuudessa

Elintarviketeollisuudessa käytetään kahta autoklaavityyppiä, staattiset autoklaavit ja dynaamiset autoklaavit. Staattinen autoklaavi on yleisin

autoklaavityyppi elintarviketeollisuudessa. Staattinen autoklaavi pysyy paikallaan koko steriloinnin ajan. Staattinen autoklaavi sopii täydellisesti esimerkiksi säilykkeisiin, säilötyille lihatuotteille ja meren antimelle. (Gaictech 2024.)

Pyörivä retorttiautoklaavi liikuttaa pakattuja tuotteita koko sterilointiprosessin ajan. Tällä menetelmällä on mahdollista nopeuttaa sterilointiprosessia ja lämmönjakelu tasaantuu koko laitteelle. Retorttiautoklaavi sopii erinomaisesti esimerkiksi mehuille, kuten pillimehut, kastikkeille, hilloille, soseille ja mausteille. (Gaictech 2024.)

Muita autoklaavimalleja ovat pendulaarinen autoklaavit ja pastörintilaite. Pendulaarinen autoklaavi toimii samalla tavalla kuin pyörivä retorttiautoklaavi, mutta kärryt altistetaan pendulaariselle liikkeelle eli ns. yksinkertaiselle heilurin heiluriliikkeelle. Tätä laitetta käytetään yleensä pakatuille elintarvikkeille, joissa suurin prosenttiosuus on nestettä tai, joilla on alhainen viskositeetti. (Gaictech 2024.)

Pastörintilaitetta käytetään lämpökäsittelyyn elintarviketeollisuudessa monelle eri tuotteelle, jossa tavoitteena on poistaa patogeeniset mikro-organismit, pidentää tuotteen säilyvyyttä ja vähentää elintarvikkeiden entsyymaattista aktiivisuutta. (Gaictech 2024.)

2.3.2 Staattinen autoklaavi

Oy Lunden Ab Jalostajalla on käytössä Steriflow Barriquand Roanne - autoklaavimallia, joka on staattinen autoklaavi. Kuvassa 1. on esitetty kuva staattisesta autoklaavista.



Kuva 1. Barriquand Steriflow -autoklaavi (Werktuigen International)

Steriflow-autoklaavin toimintaperiaatetta perustuu laitteen yksinkertaisuuteen ja sen kestävyteen. Laite on luotettava ja käyttäjäystävällinen, mikä pidentää laitteen käyttöikää. Lisäksi se kuluttaa vähemmän energiaa, mikä tekee siitä tehokkaan ja ympäristöystävällisen. Laite käyttää kaskadoivaa vesijärjestelmää eli voimakasta vesivirtausta, mikä tasoittaa lämpötilan jakautumista ja nopeuttaa sterilointiprosessia. Kaikki tuotteet saavat saman lämpökäsittelyn sijainnistaan riippumatta kiertovesipumpun ansiosta. (Steriflow n.d.)

3 Mittausmenetelmät

Tässä luvussa käsitellään menetelmiä ja mittalaitteistoa, joita käytettiin autoklaavin toimivuuden ja turvallisuuden analysoimisessa. Luvussa tarkastellaan mm. HACCP, työssä käytetty mittausohjelma SPD ja mittalaitteisto eli dataloggeri sekä lämpöarvojen, kuten F-, D- ja Z-arvon merkitystä säilykkeen lämpökäsittelyn arvioinnissa.

3.1 HACCP

Jokainen elintarvikealan yritys vastaa elintarvikkeiden valmistamisen turvallisuudesta. Omavalvonnassa tulee huomioida HACCP:tä (Hazard Analysis and Critical Control Points) eli vaarojen arviointi ja kriittiset hallintapisteet. HACCP -ohjelmat muodostavat HACCP -järjestelmän. HACCP -ohjelmat ovat laadittuja asiakirjoja. Elintarvikkeiden turvallisuuden merkittävien vaarojen hallinta varmistetaan HACCP -järjestelmällä. Omavalvonnassa tulee myös huomioida tavoiteltua F-arvoa, lisäksi miksi ja miten F-arvoon on päädytty. Muita huomioita tulee olla esimerkiksi täyssäilykkeissä sisältävät raaka-aineiden tiedot, vastaanäytteiden säilytys ja valmistuslaitteiston kunnossapidon kuvauksesta ja toteumasta. (Ruokavirasto n.d.)

3.2 Säilyke

Säilykkeiden valmistamisessa tulee ottaa huomioon muutamaan asiaan. Valmistuksessa on tärkeää käyttää hyvälaatuisia raaka-aineita sekä pitää huolta työskentelyhygieniasta. Ennen sterilointia on tärkeää varmistaa säilykkeiden sulkua. Jos steriloinnin aikana pakkaus rikkoontuu tai sitä ei ole suljettu tiiviisti, tuote ei pysy steriilinä. Sterilointivaihe on äärimmäisen tärkeä vaihe varmistaa tuotteessa olevien mikrobien ja itiöiden tuhoutumisen. Muu tärkeä vaihe säilykkeiden valmistukseen kuuluu vastaanäytteiden ottaminen. Näytteet täytyy säilyttää samoissa lämpötilaolosuhteissa kuin markkinoilla ja kuluttajan kotona. (Ruokavirasto n.d.)

Tässä työssä tehtiin mittauksia säilykkeille 73x109 mm (435 g). Dataloggerit eli tiedonkeruulaitteet aktivoidaan SPD-ohjelmalla, jonka jälkeen ne teipataan kuumuuden kestäväällä teipillä ja dataloggerit asetetaan tölkin pohjaan siten, että niiden anturi osoittaa ylöspäin. Kuvassa 2 on esitetty, miten dataloggeria on asetettu tölkin sisälle. Tämän jälkeen tölkkiä voi täyttää hernekeitolla ja vedellä ja niitä voidaan asettaa halutuille paikoille häkissä.



Kuva 2. Dataloggerin asetus tölkissä

Säilykkeiden täyttäminen tapahtui käsin kannulla hernekeitosäiliöstä. Täytön jälkeen tölkki asetettiin linjastoon tölkin sulkemista varten. Sulkemisen jälkeen tölkit asetettiin haluttuun paikkaan häkissä, jonka jälkeen häkkiä vietiin autoklaaviin steriloitavaksi määritetyllä sterilointiohjelmalla.

3.3 Mittalaitteisto

Mittauksissa käytettiin SterilDisk dataloggerit eli tiedonkeruulaitteet. Dataloggeri on valmistettu ruostumattomasta terästä ja sen lämpötila asettuu (-20°C – 140 °C) välillä. Dataloggerit voidaan käyttää muun muassa elintarvike-, lääketeollisuudessa ja laboratorioissa. Dataloggerit sisältävät sisäisen pölyn- ja

vedenkestävän anturin, IP68-luokitellun anturin. Dataloggerin pienen koon ansiosta (\varnothing 36,5 mm) sitä voidaan helposti asettaa tölkin sisällä (Kuva 3). (SterilDisk 2024.)

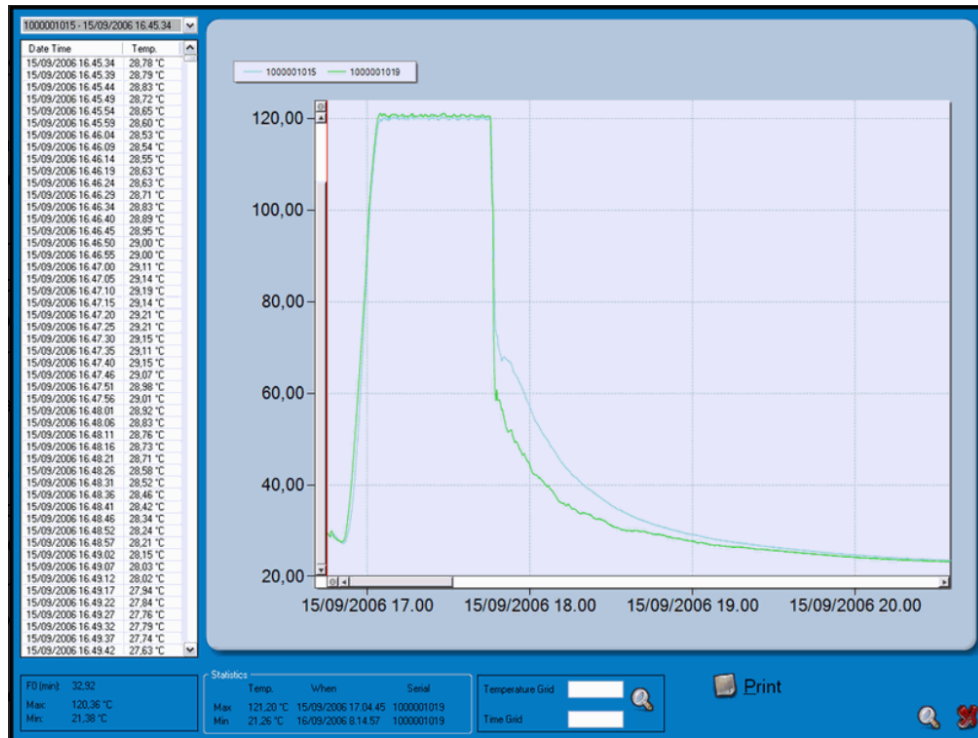


Kuva 3. SterilDisk dataloggeri

Tässä työssä oli käytössä yhteensä 9 dataloggeria. Jokainen dataloggeri sisälsi oman sarjanumeron, jota kirjattiin säilykkeisiin tussilla. Sarjanumero kirjattiin säilykkeisiin, jotta voidaan tunnistaa ja seurata dataloggereiden paikkaa häkissä. Dataloggereiden sarjanumeroa pystyttiin tarkistamaan myös SPD-ohjelmalla.

3.4 SPD-ohjelma

Mittaukset luetaan SPD-ohjelmalla (SPD – 1.7.0.2 versio), jossa tallennuksen jälkeen data siirtyy Exceliin. Ohjelma on helppokäyttöinen ja yksinkertainen. SPD-ohjelman avulla dataloggereita voi käynnistää mittausta varten, lukea mittaustulokset ja tallentaa tiedot. Kun dataloggeria on asetettu lukijaan ja SPD-ohjelmaa käynnistetty, näytössä näkyy lämpötila ja dataloggerin tiedot. Kun mittausta aloittaa, voi asettaa haluttu mittauspäivämäärä ja aloituskellonaika. Steriloinnin päädyttyä dataloggeri näyttää SPD-ohjelmalla mitatut lämpötilat ja niistä lasketut F-arvot. Näyttöön näkyy myös käyrä, jossa y-akselilla on lämpötilat ja x-akselilla aika (Kuva 4). (SPD 2024.)



Kuva 4. SPD-ohjelma esimerkki

3.5 F-arvo

F-arvo määritellään tappavaksi ajaksi, jossa elintarvikkeissa olevat mikro-organismit tuhoutuvat 121,1 °C ja tämä aika ilmaistaan minuutteina, *lethality*. Silloin, kun lämpötila on 121,1 °C, F-arvoa voidaan ilmaista F_0 . Jos lämpötila on muu kuin 121,1 °C, esimerkiksi 110°C, voidaan ilmaista F_{110} . F-arvoa voidaan laskea seuraavan kaavan avulla (Raypa n.d.):

$$F_0 = \Delta t \Sigma 10^{\frac{T - 121}{z}}$$

jossa

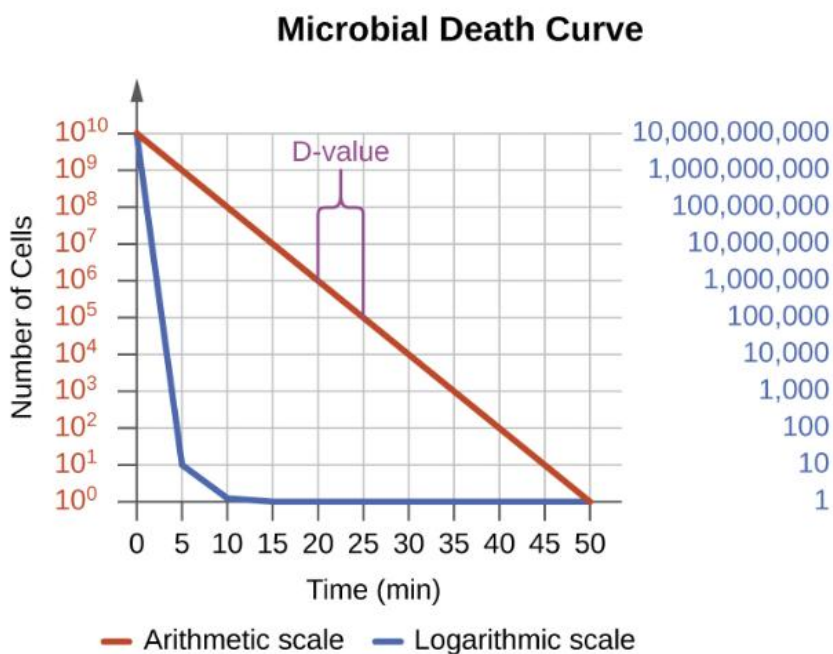
Δt on kahden T välinen mittausväli

T on steriloidun tuotteen lämpötila hetkellä t

z on lämpötilakerroin, tyypillisesti oletetaan 10°C

3.5.1 Desimaalin vähennysaika

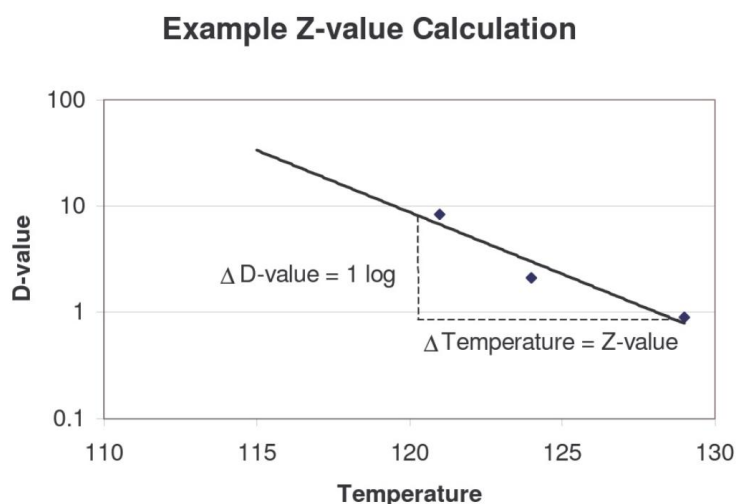
D-arvo on desimaalin vähennysaika, joka kertoo mikro-organismien herkkyyden samassa lämpötilassa. Arvolla ilmaistaan aikaa, jolla saadaan tuhatta mikro-organismeita 90 % tietyssä elintarvikkeessa. Kuvassa 5 on esitetty kuvaaja D-arvon käyrästä, jossa violetti sulku on aika, jossa 90 % mikro-organismeista tuhoutuvat. (LibreTexts n.d.)



Kuvio 1. D-arvon kuvaaja

3.5.2 Z-arvo

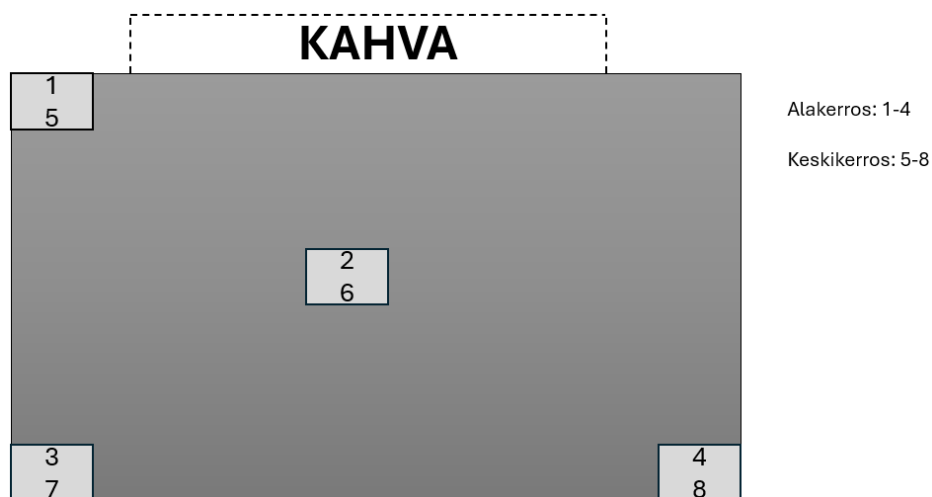
Z-arvo on asteiden lukumäärä, jonka verran lämpötilaa on nostettava, jotta D-arvo alenee kymmenkertaiseksi. Z-arvo kertoo, kuinka altis itiöpopulaatio on lämpötilan muutoksille. Z-arvo on tyypillisesti 10. Kuvassa 6 on esitetty esimerkki Z-arvon laskemisesta.



Kuvio 2. Z-arvon laskeminen (Larson n.d.)

3.6 Sisälämpömittaukset

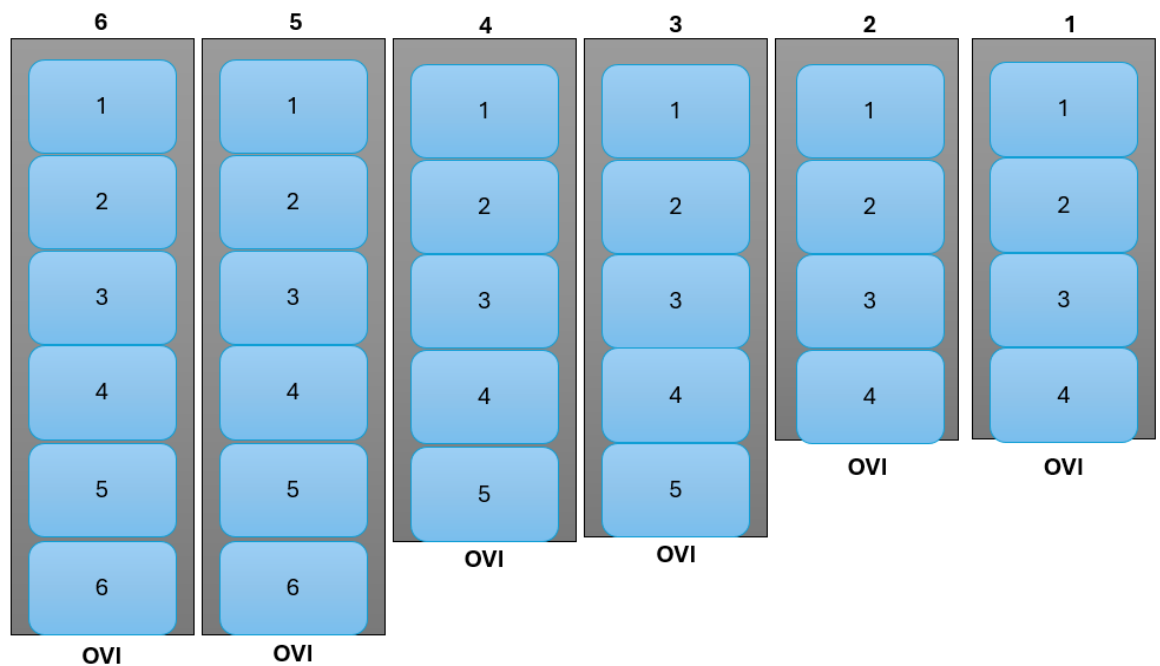
Tässä työssä oli tarkoitus tarkastella ja selvittää jokaisen häkin kylmintä paikkaa eli se paikka, mikä saavuttaa hitaammin lämpötilan steriloinnin aikana autoklaavissa. Autoklaaveja on yhteensä kuusi, josta kahteen autoklaaviin mahtuu kuusi häkkiä, toiseen kahteen mahtuu viisi häkkiä ja viimeiseen kahteen mahtuu neljä häkkiä. Eli yhteensä 30 häkkiä mahtuu kuuteen autoklaaviin. Jokaisessa häkissä on kuusi kerrosta. Dataloggerit asetettiin ensimmäiseen kerrokseen (pohjakerros), neloskerrokseen (keskikerros) ja kuudenteen kerrokseen (yläkerros). Pohjakerroksessa ja keskikerroksessa olevat dataloggerit asetettiin keskelle ja kolmeen kulmaan. Yläkerrokseen asetettiin yksi dataloggeri keskelle ja se täytettiin vedellä hernekeiton sijaan. Tämä tehdään varmistaakseen autoklaavin saavuttavan vaaditun lämpötilan sterilointiprosessin aikana. Kuvassa 5 on esitetty dataloggerien paikat häkissä ylhäältä päin katsottuna.



Kuva 5. Dataloggerien paikka häkissä

4 Tulokset

Työssä oli tarkoituksena määrittää jokaisen autoklaavin kylmintä paikkaa, sen perusteella varmistaa laitteen kuntoa ja mahdollisesti lyhentää sterilointiohjelmaa. Autoklaaveja on yhteensä kuusi, johon kylmimpien paikkojen määrittämiseen mahtui 30 mittausta. Kuvassa 8 on esitetty autoklaavien ja häkkien järjestyspaikat.



Kuva 6. Autoklaavien häkkien paikat

Mittauksissa käytettiin dataloggerit lämpötilan varmistamiseen ja veden lämpötilan kehittymiseen steriloinnin aikana. Dataloggerien tulokset saatiin luettua SPD-ohjelmalla, joka piirsi automaattisesti käyrän lämpötilan ja ajan funktiosta.

Liitteessä 1 on esitetty kaikkien paikkojen saadut kolme kylmintä paikkaa, lisäksi kuumimman paikan. Tuloksista todettiin, että F-arvojen välillä ei ole suurta eroa, mikä takaa laitteiden hyvää kuntoa. Näin voidaan myös todeta, että lämmönvaihdin on kaikissa autoklaavien paikoissa samaa tasoa. Se tarkoittaa

sitä, että siellä saavutetaan samankaltaista lämpötilan nousua ja tasaantumista kaikissa autoklaaveissa.

Lisäksi voidaan tuloksien avulla todeta, että sadetuslevy on hyvässä kunnossa. Jos sadetuslevy on hyvässä kunnossa, se tarkoittaa höyryn leviämistä tasaisesti autoklaavissa. Näin varmistetaan, että kaikki sterilointikohteet altistuvat kuumalle höyrylle. Sadetuslevyn olleessa hyvässä kunnossa estetään lämpötilaerojen muodostumiset ja varmistetaan tehokkaan lämmönsiirron.

Voidaan myös todeta, että laitteissa ei ole kalkkitukkeumaa, jotka voivat vaikuttaa höyryn jakautumiseen. Jotkut paikat laitteessa eivät saa riittävästi lämpökäsittelyä ja sen voi nähdä F-arvoissa. Liitteessä 1 havaitaan, että pienin F-arvo on xx ja suurin F-arvo on xx, ja molemmat ovat autoklaavista 2. Näiden F-arvojen ero on xx, eli niillä ei ole suurta eroa toisiinsa.

Osana opinnäytetyötä oli tarkoitus myös lyhentää sterilointiohjelmaa. Tässä työssä tehtiin 3 mittausuudella sterilointiohjelmalla, joka on 5 minuuttia lyhempi. Taulukossa 1 esitetään vanhalla sterilointiohjelmalla kylmimmät paikat kolmessa erikokoisissa autoklaaveissa. Taulukossa 2 esitetään uuden sterilointiohjelman saadut tulokset. Taulukoissa on kylmin ja kuumin paikka, lisäksi niiden erot. Tuloksien perusteella voidaan todeta, että F-arvojen ero ei ole suuri, mikä takaa steriloinnin luotettavuuden.

Taulukko 1. Vanha sterilointiohjelma

Klaavi	Paikka	Kylmin paikka F ₀₁	Kuumin paikka F ₀₂	Ero (F ₀₁ -F ₀₂)
2	4	xx	xx	xx
6	4	xx	xx	xx
4	5	xx	xx	xx

Taulukko 2. Uusi sterilointiohjelma

Klaavi	Paikka	Kylmin paikka F ₀₁	Kuumiin paikka F ₀₂	Ero (F ₀₁ -F ₀₂)
2	4	xx	xx	xx
6	4	xx	xx	xx
4	5	xx	xx	xx

Uuden sterilointiohjelman testien tulokset osoittivat, että F-arvot ovat hyvät ja niiden välillä ei ole suurta eroa. Näin ollen tulokseksi saatiin sterilointiohjelmaa lyhennettyä 5 minuuttia. Uudella sterilointiohjelmalla voidaan säästää aikaa, energiaa, vähentää kulutusta ja optimoida taloudellista resurssien käyttöä.

5 Johtopäätökset

Työn tarkoituksena oli selvittää kylmimmät kohdat autoklaaveissa ja tuloksien perusteella tarkistaa laitteiden toimivuus ja niiden kunto. Osa opinnäytetyötä tavoitteena oli myös lyhentää sterilointiohjelmaa.

Kylmimpien kohtien selvityksessä saatiin jokaisen autoklaavien paikkojen F-arvoa. F-arvojen perusteella todettiin, laitteiden olleessa hyvässä kunnossa. Tulosten perusteella autoklaavi 2 paikka 4 osoittautui kylmimmäksi paikaksi. Kylmimmässä paikassa F-arvo oli xx, mikä ei poikkea merkittävästi muista mittauspisteistä. Näin ollen voidaan takaa tasaantumista ja samaa lämpötilan nousua kaikissa mittauspisteissä.

Sterilointiohjelman lyhentämiseksi tehtiin kolme mittausta kolmessa eri autoklaavissa lyhyemmällä sterilointiohjelmalla. Uuden sterilointiohjelman saatujen tuloksien avulla, todettiin sterilointiprosessin saavuttavan vaaditut F-arvot kaikissa mittauspisteissä. Näiden tuloksien perusteella otettiin lyhyempi sterilointiohjelma käyttöön ja tämän tulokseksi saatiin sterilointiohjelmaa lyhennettyä 5 minuuttia ja varmistettua kaikki kylmimmät paikat F-arvoissa.

Jatkossa Oy Lunden Ab Jalostaja tulee tekemään testejä uudella sterilointiohjelmalla suuremmalla säilykkeellä (520 g), koska säilykkeen koolla voi olla vaikutusta sterilointiprosessin tehokkuuteen. Testaamalla suuremmalla säilykkeellä, voidaan varmistaa lämmön pääsevän tuotteen pohjaan asti, koska isommat säilykkeet vaativat pidempää aikaa lämpenemiseen. Testaamalla voidaan myös varmistaa suurimpien tuotteiden saavuttavan vaaditun lämpötilan ja F-arvon. Uudella sterilointiohjelmalla voidaan arvioida lämpökäsittelyn vaikutusta isomman säilykkeen makuun, ravintoaineisiin ja rakenteeseen.

Yhteenvedona voidaan todeta työn onnistuneeksi ja asetetun tavoitteen suorittamiseksi. Tuloksia tullaan hyödyntämään tulevaisuudessa tehdaskokeissa, erityisesti suurimmilla säilykkeillä.

Lähteet

- Aakash. n.d. What are the types of Fermentation? Viitattu 12.3.2025
<https://byjus.com/neet/types-of-fermentation/>
- Coyle. D. 2023. What is fermentation? The Lowdown on Fermented Foods. Viitattu 7.5.2025 <https://www.healthline.com/nutrition/fermentation>
- Desrosier, W. N. & Singh, P. R. 2025. Sterilization in food preservation in Thermal processing. Viitattu 10.3.2025 <https://www.britannica.com/topic/food-preservation/Sterilization>
- Gaitech. 2024. Autoclaves in the food Industry. Autoclaves blog. Viitattu 17.3.2025. <https://www.gaitech.com/en/blog/autoclaves-food-industry/#Types-of-autoclaves-in-the-Food-Industry>
- Jalostaja. 2024. Vastuullisuus. Viitattu 28.2.2025
<https://www.jalostaja.fi/vastuullisuus/>
- Järvinen J. 2016. Sterilointiprosessin veden virtausnopeuden vaikutus F-arvojen kehittymiseen. Opinnäytetyö (AMK). Bio- ja elintarviketekniikka. Turku: Turun ammattikorkeakoulu. Viitattu 13.2.2025
<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/114982/jani2.pdf;jsessionid=3352557258B7DCDB3B6A0B9DD0D7ABFF?sequence=1>
- Larson B. n.d. Z-value Calculation. White Papers. Viitattu 24.3.2025
<https://mesalabs.com/spore-news-white-papers/z-value-calculation>
- LibreTexts. n.d. Controlling Microbial Growth. Viitattu 20.3.2025
[https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Microbiology/Microbiology_\(OpenStax\)/13%3A_Control_of_Microbial_Growth/13.01%3A_Controlling_Microbial_Growth](https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Microbiology/Microbiology_(OpenStax)/13%3A_Control_of_Microbial_Growth/13.01%3A_Controlling_Microbial_Growth)
- Lunden. 2025. Pari sanaa meistä. Viitattu 2.12.2024 <https://lunden.fi/meista/>
- Lunden. 2025. Vastuullisuus. Viitattu 4.3.2025 <https://lunden.fi/vastuullisuus/>
- National Library of Medicine. 2022. In brief: What are microbes? Viitattu 13.3.2025

SPD. 2024. Software & Apps. Tecnosoft. Viitattu 26.2.2025

<https://www.tecnosoft.eu/en/products/software-app/spd-high-temperature-data-loggers-management-software>

Siitonen A. & Maijala R. 2001. Ruoan mikrobiologiset vaarat. Viitattu 13.3.2025

<https://www.duodecimlehti.fi/duo92004>

SterilDisk. 2024. Temperature data logger up to 140°C ideal for sterilization, pasteurization, cooking compatible with FDA 21 CFR Part 11 regulation. Viitattu 9.1.2025 <https://www.tecnosoft.eu/en/products/temperature/sterildisk-temperature-datalogger-sterilization/>

Steriflow. 2024. The cold spot in industrial autoclaves. Viitattu 22.1.2025

<https://www.steriflow.com/en/the-cold-spot-in-industrial-autoclaves/>

Steriflow. n.d. Static cascading water. Viitattu 6.2.2025

<https://www.steriflow.com/en/autoclaves-sterilization-alimentary/autoclave-sterilization-static/>

Steris Healthcare. 2022. Everything about autoclaves. Viitattu 22.1.2025

<https://www.steris.com/healthcare/knowledge-center/sterile-processing/everything-about-autoclaves>

Ruokavirasto. 2023. Clostridium botulinum ja botulisman ehkäisy. Viitattu

13.3.2025 <https://www.ruokavirasto.fi/elintarvikkeet/ohjeita-kuluttajille/ruokamyrkytykset/ruokamyrkytyksia-aiheuttavia-bakteereja/clostridium-botulinum/>

Ruokavirasto n.d. Täyssäilykkeiden elintarviketurvallinen valmistus. Viitattu 11.2.2025

https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/elintarvikkeet/elintarvikeala/ohjeet-jalainsaadanto/hygieeninen-toiminta/tayssailykkeet_valmistus_fi.pdf

Toi T. 2020. Autoclaves: Principles, Uses, Types and Procedures. MES. Viitattu

23.1.2025 <https://www.mesaustralia.com.au/blogs/news/autoclaves-principles-uses-types-procedures>

Warren B. 2024. The different types of autoclaves [& How to choose the right one]. Consolidated Sterilizer Systems. Viitattu 2.12.2024

<https://consteril.com/types-of-autoclaves/>