

Emma-Tuulia Ruohomäki

Lämpötilan mittaaminen osana omavalvontaa

Opinnäytetyö
Kevät 2010
Tekniikan yksikkö
Bio- ja elintarviketekniikan koulutusohjelma
Bio- ja elintarviketekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö
Koulutusohjelma: Bio- ja elintarviketekniikka
Suuntautumisvaihtoehto: Bio- ja elintarviketekniikka

Tekijä: Emma-Tuulia Ruohomäki

Työn nimi: Lämpötilan mittaaminen osana omavalvontaa

Ohjaaja: Pasi Junell

Vuosi: 2010

Sivumäärä: 34

Liitteiden lukumäärä: 4

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, voidaanko tuotteesta mitata lämpötila luotettavasti pakkausta rikkomatta. Lisäksi haluttiin selvittää, millainen vaikutus mittauskohdan valinnalla oli lämpötilan mittaustulokseen. Mittaukset tehtiin sous-vide-tuotteille jäädytyksen jälkeen ja laatikoille paiston jälkeen sekä jauhelihalajitelmille varastoinnin aikana. Lämpötilan mittaaminen jäädytyksen ja paiston jälkeen oli omavalvontasuunnitelmassa määritetty kriittiseksi valvontakohteeksi. Lajitelmien lämpötilan mittaus varastoinnin aikana oli omavalvontasuunnitelmassa merkitty tarkistuspisteeksi.

Opinnäytetyössä lämpötilan mittauksiin käytettiin kahta vastuslämpömittaria, joilla mitattiin elintarvikkeista sisä- ja pintalämpötila, sekä säteilylämpömittaria, jolla mitattiin tuotteen lähettämän säteilyn lämpötila. Mittaukset onnistuivat hyvin. Säteilylämpömittarin mittaustulosten luotettavuutta testattiin vertaamalla eri etäisyyksiltä tuotteen pinnasta mitattuja tuloksia tuotteen sisälämpötilaan. Sous-vide-tuotteille mittausetäisyydeksi tulosten perusteella valittiin noin 1 cm tuotteen pinnasta. Laatikoille paiston jälkeen säteilylämmön mittaus ei tutkimuksen perusteella sovellu.

Toisen tutkimuksen tulosten perusteella sous-vide-tuotteista voidaan mitata sekä pintalämpötila että tuotteen lähettämän säteilyn lämpötila sisälämpötilan sijaan. Tällöin pakkausta ei tarvitse rikkoa. Myös mittauskohdan vaikutusta mittaustuloksiin tutkittiin. Koska jäädytyksen jälkeen raja-arvon ylitys on todennäköisin tuotteen keskiosassa, oikeaksi mittauskohdaksi sous-vide tuotteille tutkimuksen perusteella valittiin tuotteen keskiosa. Jauhelihalajitelmista pitää lämpötila mitata tulosten perusteella padan reunaosista.

Avainsanat: lämpötila, lämmön siirtyminen, lämpötilan mittaus, omavalvonta

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Food Processing and Biotechnology

Author: Emma-Tuulia Ruohomäki

Title of thesis: Temperature measurement as part of self-monitoring

Supervisor: Pasi Junell

Year: 2010

Number of pages: 34

Number of appendices: 4

The purpose of the thesis was to determine if it is possible to measure the temperature of a product reliably, without breaking the package. In addition, the effect of the measuring point on the result of the temperature measurement was studied in the thesis. The measurements were made of sous-vide products after cooling, casseroles after baking and minced meat assortments during storage. The research subjects were critical control points and check point of the self-monitoring plan.

In this project, temperature measurements were made using two resistance thermometers. The measurements were made from the inside and from the surface of the product box. The surface temperature of the product was also measured from the emitted thermal radiation by IR thermometer. The measurements were successful. First, the reliability of the IR thermometer was examined by comparing the temperatures measured from different distances from the surface to the inside temperature. On the basis of the results, the measuring distance from the sous-vide products was selected to be 1 cm from the surface. For the casseroles the measuring of the radiation temperature was not suitable.

The results of the second research proved that it is possible to measure surface temperature or radiation temperature, in which case the package does not need to be broken. Also, on the grounds of the results, the middle section was selected as the measuring point for sous-vide products, because after cooling, the threshold of tolerance is most likely just the central part of the product. The right place to measure the temperature of minced meat assortments was at the brim of the cauldron.

Keywords: temperature, heat transmission, thermometry, self-monitoring

SISÄLTÖ

| | |
|--|----|
| Opinnäytetyön tiivistelmä | 2 |
| Thesis abstract..... | 3 |
| SISÄLTÖ | 4 |
| KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO..... | 5 |
| 1 JOHDANTO | 6 |
| 2 LÄMPÖTILA JA LÄMPÖTILAN MITTAAMINEN..... | 8 |
| 2.1 Lämpötila-asteikot | 8 |
| 2.2 Lämpömittarit..... | 8 |
| 2.3 Lämmön siirtyminen | 10 |
| 2.4 Lämmön vaikutus elintarvikkeen mikrobiologiseen laatuun..... | 11 |
| 2.5 Omavalvonta ja lämpötilan mittaaminen..... | 12 |
| 3 TUTKIMUS ERI LÄMPÖMITTAREIDEN JA LÄMMÖNMITTAUSTAPOJEN VÄLILLÄ | 14 |
| 4 TYÖSSÄ KÄYTETYT LÄMPÖMITTARIT JA MITTAUSTEN SUORITUS | 17 |
| 4.1 Lämpömittarit..... | 17 |
| 4.2 Mittaukset..... | 18 |
| 5 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELO | 22 |
| 5.1 Mittausetäisyyden vaikutus säteilylämpötilan mittaustulokseen | 22 |
| 5.2 Sisä-, pinta- ja säteilylämpötilojen vertailu..... | 25 |
| 5.3 Mittauskohdan vaikutus mittaustulokseen | 28 |
| 6 YHTEENVETO | 31 |
| LÄHTEET | 33 |
| LIITTEET | |

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

| | |
|--|----|
| Kuvio 1. Säteilylämpötilan ja sisälämpötilan mittaus laatikosta paiston jälkeen.... | 14 |
| Kuvio 2. Pinta- ja sisälämpötilan mittaus sous-vide tuotteesta jäädytyksen jälkeen..... | 15 |
| Kuvio 3. Mittauskohdat..... | 16 |
| Kuvio 4. Sisälämpömittari Testo 110..... | 17 |
| Kuvio 5. Säteilylämpömittari..... | 17 |
| Kuvio 6 A. Sisälämpötilan mittaus sous-vide tuotteesta..... | 18 |
| Kuvio 6 B. Säteilylämpötilan mittaus sous-vide tuotteesta..... | 18 |
| Kuvio 7. Sous-vide tuotteen mittauskohdat..... | 19 |
| Kuvio 8 A. Laatikon sisälämpötilan mittaus..... | 19 |
| Kuvio 8 B. Laatikon säteilylämpötilan mittaus..... | 19 |
| Kuvio 9. Pintalämpötilan mittaus sous-vide tuotteesta..... | 20 |
| Kuvio 10. Mittauskohdat jauhelihalajitelmasta..... | 21 |
| Taulukko 1. Mittaustulokset sous-vide: sisälämpötila ja säteilylämpötilat eri etäisyyksiltä pakkauksen pinnasta jäädytyksen jälkeen..... | 22 |
| Taulukko 2. Mittaustulokset sous-vide: sisälämpötilan ja säteilylämpötilojen väliset erotukset..... | 23 |
| Taulukko 3. Mittaustulokset laatikot: sisälämpötila ja säteilylämpötilat eri etäisyyksiltä pakkauksen pinnasta paiston jälkeen..... | 24 |
| Taulukko 4. Mittaustulokset laatikot: Mittaustulokset sous-vide: sisälämpötilan ja säteilylämpötilojen väliset erotukset..... | 25 |
| Taulukko 5. Mittaustulokset sous-vide: sisä- ja pintalämpötilat..... | 26 |
| Taulukko 6. Mittaustulokset sous-vide: sisä- ja pinta- ja säteilylämpötilat..... | 27 |
| Taulukko 7. Mittaustulokset sous-vide: pinta- ja säteilylämpötilojen erotukset verrattuna sisälämpötilaan..... | 28 |
| Taulukko 8. Mittaustulokset sous-vide: sisä-, pinta- ja säteilylämpötilat mittauskohdittain..... | 29 |
| Taulukko 9. Mittaustulokset jauhelihalajitelmat: mittauskohdat..... | 30 |

1 JOHDANTO

Elintarvikeyrityksissä pitää elintarvikelain 23/2006 mukaan laatia omavalvontasuunnitelma, jonka tarkoituksena on taata elintarvikkeiden turvallisuus sekä tunnistaa ja ehkäistä elintarvikkeisiin kohdistuvat vaarat. Omavalvontasuunnitelmassa kartoitetaan riskikohteet ja asetetaan raja-arvot, joita valvotaan. Lämpötilan seuranta kriittisissä valvontakohteissa ja tarkastuspisteissä on yksi omavalvontasuunnitelman valvontakohteita. Lämpötilan mittaaminen elintarvikkeesta on tärkeää, koska lämpötila on suuri mikrobien kasvuun vaikuttava tekijä. Lämpökäsittelyissä, kuten kuumennuksessa ja jäähdytyksessä, tuhoetaan tehokkaasti mikrobeja. Kuumennuksen ja jäähdytyksen riittävyttä voidaan valvoa mittaamalla elintarvikkeesta lämpötila lämpökäsittelyn jälkeen.

Opinnäytetyössä tutkittiin eri tapoja mitata lämpötila elintarvikkeista ja niiden raaka-aineista. Mittauskohteiksi valittiin omavalvontasuunnitelmaan merkittävät kriittisiä valvontakohteita ja tarkastuspisteitä. Työssä haluttiin selvittää, voidaanko lämpötila mitata luotettavasti muutoin kuin mittaamalla sisälämpötila, koska sisälämpötilan mittauksessa joudutaan rikkomaan pakkaus ja tuotteesta tulee käyttökelvoton. Vaihtoehtoisiksi mittaustavoiksi valittiin pintalämpötilan ja säteilylämpötilan mittaus. Työssä lämpötilan mittauksiin käytettiin kahta vastuslämpömittaria ja yhtä säteilylämpömittaria. Lämpötilan mittaamiseen käytettävistä lämpömittareista ei ollut löydettävissä standardia opinnäytetyössä tutkittujen elintarvikeprosessien vaiheista. Erilaisten lämpömittareiden käyttöä käsitellään standardeissa SFS-EN 12830 ja SFS-EN 13485. Nämä standardit koskevat lämpömittareita, joita käytetään lämpötilan mittaamiseen kuljetuksen, varastoinnin sekä jakelun aikana jäätelöstä, jäähdytetyistä, pakastetuista ja syväjäädetyistä tuotteista sekä ilmasta. Safe Handling of Foods -julkaisussaan Farber ja Todd (2000, 207) suosittelevat säteilylämpömittarin käyttöä lämpötilan mittaamiseen elintarvikkeista, koska pakkaus ei vahingoitu ja lämpömittarin anturi ei kontaminoidu koskemattomassa mittauksessa.

Sisä- ja pintalämpötila sekä tuotteen lähettämän säteilyn lämpötilan mittaus säteilylämpömittarilla voidaan mitata vain muutamasta pakkauksesta valmistuserää

kohti. Ratkaisu ongelmaan voisi olla lämpökameran käyttö lämpötilan mittaamisessa, sillä lämpökameralla voidaan määrittää lämpötila jokaisesta tuotteesta yhdellä mittauskerralla. Lämpökameralla mitattaessa lämpötila mitataan myös joka kohdasta pakkausta.

Mittauskohteiksi valittiin sous-vide tuotteet jäähdytyksen jälkeen ja laatikot paiston jälkeen. Sous-vide tarkoittaa kypsentämistä vakuuissa. Teollisuudessa yleisin tapa on autoklavointi. Tuotteet esivalmistetaan ja pakataan vakuuipussiin. Kypsennys ja pastörointi tapahtuvat höyryllä hitaasti 70–98 °C:ssa. Tuotteet jäähdytetään kylmällä vedellä nopeasti ja kylmävarastoidaan. Nopea jäähdytys takaa elintarvikkeen paremman laadun, turvallisuuden ja säilyvyyden. Riittävä jäähdytys varmistetaan lämpötilamittauksella, koska bakteerien itiömuodot voivat hitaassa jäähdytyksessä muuttua kasvumuotoon saastuttaen elintarvikkeen. Kuumennuksessa tuhoetaan elintarvikkeessa olevat mikrobit. Kuumennuksen riittävyys laatikoilla varmistetaan paiston jälkeen mittaamalla vastavalmistetun elintarvikkeen lämpötila.

Lisäksi työssä selvitettiin eri mittauskohdan vaikutusta mittaustulokseen. Yhden mittauskohdan mittauksissa lämpötilamittaus tulisi tehdä tuotteen kohdasta, jossa omavalvontasuunnitelmaan kirjatus valvontakohteen tai tarkastuspisteen raja-arvon ylitys on todennäköisin. Jos mittaustulos on määriteltyjen raja-arvojen sisällä, voidaan olettaa, että koko tuotteen lämpötila on sallittujen raja-arvojen sisällä. Tutkimus tehtiin mittaamalla lämpötila useasta eri kohdasta ja vertaamalla tuloksia. Mittauskohteiksi valittiin sous-vide tuotteet ja jauhelihalajitelmat. Sous-vide tuotteista lämpötila mitattiin viidestä kohdasta sisä-, pinta- ja säteilylämpömittarilla. Jauhelihalajitelmista mitattiin sisälämpötila kuudesta kohdasta.

2 LÄMPÖTILA JA LÄMPÖTILAN MITTAAMINEN

2.1 Lämpötila-asteikot

Lämpö on energiaa, ja se kuvaa atomien tai molekyylien liikettä. Lämpötila on mitattava suure, jolla kuvataan esineen tai aineen kuumuutta tai kylmyyttä. Lämpötila (T) on SI-järjestelmän perussuure. Lämpötilan yksikkö SI-järjestelmässä on kelvin (K). Kelvinasteikon matalinta lämpötilaa, 0 K, kutsutaan absoluuttiseksi nollapisteksi. Kelvinasteikko tunnetaan myös absoluuttisena lämpötila-asteikkona ja termodynaamisena lämpötila-asteikkona. (Hautala & Peltonen 2001, 157.)

Lämpötilan ilmoittamiseen käytetään yleisesti myös celsiusasteikkoa, jonka yksikkö on celsiusaste ($^{\circ}\text{C}$). Celsiusasteikossa veden jäätymispiste on 0 celsiusastetta ja veden kiehumispiste on 100°C . Celsiusaste on lämpötilan SI-järjestelmän mukainen johdannaisyksikkö. Celsiusaste yksikkönä on yhtä suuri kuin kelvin, jolloin yhden kelvinin suuruinen lämpötilan muutos vastaa yhden celsiusasteen muutosta. Kelvinasteikon nollapiste 0 K on $-273,15^{\circ}\text{C}$, ja nolla celsiusastetta on $+273,15$ kelviniä. (Hautala & Peltonen 2001, 157.)

2.2 Lämpömittarit

Lämpötilan mittaamiseen käytetään lämpömittareita. Lämpötilan mittaaminen voi perustua lämpölaajenemiseen, paineeseen, sähköisiin vaikutuksiin tai lämpösäteilyyn. Lämpötilaa voidaan mitata kosketukseen perustuvilla mittareilla, kuten lasilämpömittareilla, vastuslämpömittareilla ja termoelementeillä. Mittaaminen voi perustua myös koskemattomaan mittaukseen, johon käytetään säteilylämpömittaria. (Weckström 2005, 9.)

Lasilämpömittareissa käytetty nestepatsaan neste on yleensä elohopeaa tai alkoholia. Lasilämpömittarin toiminta perustuu lämpölaajenemiseen. Nestepatsas näyttää lukeman lämpömittarin asteikolta. Lasilämpömittarin asteikon jakoväli on

yleensä välillä 0,1 °C - 2 °C. Lasilämpömittarin mittaustarkkuus luetaan siten, että silmä on nestepatsaan huipun korkeudella. Elohopealämpömittarin toiminta-alue on -55 °C... 600 °C. Alkoholilämpömittarin mittaustarkkuus on -80 °C... 60 °C. (Aittomäki, Eerikäinen, Leisola, Ojamo, Suominen & von Weyrmarn 2002, 230; Weckström 2005, 9, 95.)

Ympäristö vaikuttaa lasilämpömittareiden mittaustarkkuuteen. Lasilämpömittarilla mitattaessa mittari tulisi upottaa joko niin, että nestepatsaan yläpäästä jää muutama millimetri nestepinnan yläpuolelle tai annettuun upotussyvytyteen. Lasilämpömittarit rikkoutuvat helposti, ja ympäristöön joutunut myrkyllinen elohopea aiheuttaa mm. terveyshaittoja. (Weckström 2005, 9, 95.)

Toinen tapa mitata lämpötila on käyttää lämpömittarina termoelementtejä. Termoelementtejä käytetään laajasti lämpötilan mittaamisessa, koska ne ovat suhteellisen edullisia, kestäviä ja tarkkoja. Termoelementit ovat kevyitä ja niillä voidaan luotettavasti mitata nopeita lämpötilan vaihteluja. Termopari muodostetaan kahdesta eri materiaalista, jotka johtavat sähköä. Toimintaperiaate perustuu lämpösähköilmiöön, jossa elektroneja siirtyy korkeasta energiatasosta matalaan kahden eri metallin koskettaessa toisiaan. Mittauspäästään liitettyjen metallilankojen ja vertailupäiden välille syntyy lämpötilaeroon verrannollinen jännite, joka mitataan. Termoelementit voidaan jakaa jalometalli- ja perusmetallitermoelementteihin käytettyjen metallien ja metalliseosten perusteella. Termoelementtien mittaustarkkuus on -200 °C ... 1700 °C. Mittausalue vaihtelee käytettyjen materiaalien mukaan. (Aittomäki ym. 2002, 233–234; Suvanto 2003, 404; Weckström 2005, 25, 28,96.)

Yksi käytetyistä lämpömittareista on vastuslämpömittari. Vastuslämpömittari on laite, jonka käyttö perustuu siihen, että metallijohtimen sähkönjohtokyky riippuu lämpötilasta. Vastuslämpömittari sisältää sähkövastuksen, jonka resistanssi (R) on määritetty. Lämpötila saadaan, kun vastuksen lämpötila saavuttaa mitattavan kohteen lämpötilan ja resistanssi mitataan. Parhaiten vastusantureiksi soveltuvat eräät johteet, lähinnä metallit ja metalliseokset sekä puolijohteet. Useimmiten käytetyt anturit on valmistettu platinasta, kuparista, nikkelistä, volframista tai metallioksidien seoksista. Antureita on eripituisia ja paksuisia. Pt100-anturi on yleisin vastus-

lämpömittari. Sen anturi sisältää platinavastuksen, jonka vastus on 100 ohmia 0 °C:ssa. Pt100-anturit ovat tarkkoja platinan lineaaristen ominaisuuksien vuoksi. Vastuslämpömittareiden käyttöalue on -200 °C ... 960 °C. (Aittomäki ym. 2002, 230–231; Suvanto 2003, 404; Weckström 2005, 41, 95.)

Säteilylämpömittarilla mittaaminen eroaa edellä mainituista, sillä säteilylämpömittarilla lämpötila mitataan koskettamatta mitattavaa kohdetta. Kohde lähettää lämpösäteilyä, joka johtuu atomien lämpöliikkeestä. Pinnan lähettämä säteilyn teho mitataan pinta-alayksikköä kohden tai määritetään tehon jakautumista eri aallonpituuksille. Pinnan ominaisuudet, kuten pinnankarheus ja materiaali, vaikuttavat mitaustulokseen, joten mitattavan kohteen emissiivisyys on tunnettava. Säteilylämpömittareilla voidaan mitata lämpötila kohteista, joissa on hyvin korkea lämpötila, ympäristö on räjähdysvaarallinen tai kohteet ovat liikkuvia tai kaukana. Säteilylämpömittareilla voidaan siis mitata lämpötila kohteista, joihin vastusantureiden tai termoelementtien asentaminen on mahdotonta tai hankalaa. Säteilylämpömittareiden käyttöalue on - 50 °C... 3000 °C. (Suvanto 2003, 404; Weckström 2005, 49–50, 96.)

2.3 Lämmön siirtyminen

Lämpö siirtyy korkeammasta matalampaan lämpötilaan eli lämpimästä kylmempään, sillä lämpötilaerot pyrkivät tasoittumaan. Lämmönsiirtymistapoja ovat johtuminen, kuljetus eli konvektio ja säteily. Johtuminen tapahtuu ainetta pitkin, konvektiossa lämpö siirtyy aineen mukana. Säteilyssä lämpö siirtyy ilman mitään väliainetta.

Lämmönjohtuminen on tapa siirtää lämpöä kiinteissä aineissa. Johtuminen on lämmön siirtymistä aineen sisällä. Lämpö siirtyy johtumalla myös aineesta toiseen, mikäli aineet ovat kosketuksissa toisiinsa. Lämpö johtuu, kun energiaa siirtyy aineen rakenneosien törmäyksissä. Metallit ovat hyviä lämmönjohteita, nesteet ja kaasut huonoja. (Hautala & Peltonen 2001, 165–166; Suvanto 2003, 450–451).

Kuljetus eli konvektio on lämmönsiirtymistapa, jossa lämpö siirtyy virtaavan nesteen tai kaasun mukana. Konvektio jaetaan vapaaseen ja pakotettuun konvektioon. Vapaa konvektio aiheutuu vallitsevista lämpötilaeroista. Pakotettu konvektio saadaan aikaan esimerkiksi pumpun avulla. (Hautala & Peltonen 2001, 173; Suvanto 2003, 450).

Lämpösäteilyssä lämpöä siirtyy sähkömagneettisena aaltoliikkeenä. Lämpösäteily ei vaadi väliainetta. Kaikki pinnat lähettävät lämpösäteilyä, joka kuljettaa mukanaan energiaa. Kohdatessaan aineen säteily heijastuu siitä, menee läpi tai absorboituu aineeseen. Kun energia absorboituu toiseen kappaleeseen, siirtyy kappaleeseen lämpöä. (Hautala & Peltonen 2001, 174; Suvanto 2003, 451).

Elintarvikkeen lämmönjohtavuuteen vaikuttavat useat elintarvikkeen ominaisuuksiin liittyvät tekijät, kuten solurakenne, ilmataskujen määrä solujen välissä, kosteuspitoisuus sekä ympäröivä lämpötila ja paine. Lämmönsiirtymisen nopeuteen vaikuttavat elintarvikkeen koko, muoto ja massa. Kemiallinen koostumus vaikuttaa lämmön siirtymiseen elintarvikkeessa, sillä esimerkiksi korkea rasvapitoisuus hidastaa lämmön siirtymistä. Fysikaalinen rakenne vaikuttaa lämmön siirtymisnopeuteen; nestemäisessä valmisteessa lämpö siirtyy nopeammin kuin kiinteässä. Myös pakkausmateriaalilla on vaikutus lämmön etenemiseen elintarvikkeessa. (Fellows 1996, 42; Savo-Set.)

2.4 Lämmön vaikutus elintarvikkeen mikrobiologiseen laatuun

Lämpötila-alue on tärkeä mikrobien kasvuun vaikuttava tekijä. Kokonaisbakteerimäärä eli bakteerien määrä grammassa, on käsite, jolla kuvataan elintarvikkeen mikrobiologista laatua. Mikrobeilla on kullekin lajille ominaiset kasvulämpötila-alueet. Elintarvikkeita pilaavat mikrobit kasvavat alueella 0 °C...60 °C. Yksittäisen mikrobin kasvualue on yleensä 30–40 asteen laajuinen. Mikrobit jaetaan kasvulämpötilan mukaan eri ryhmiin. Psykrofiilit viihtyvät matalissa lämpötiloissa, alle 15 °C:ssa. Kehon ja huoneenlämpötilassa viihtyvät mikrobit ovat mesofiilejä. Mikrobeja, jotka viihtyvät parhaiten huoneenlämpötilassa ja alle 40 asteessa, mutta pysty-

vät kuitenkin lisääntymään kylmässä, nimitetään psykotrofeiksi. Elintarvikkeita pilaavia psykotrofeja ovat mm. *Listeria monocytogenes* ja *Yersinia enterocolitica*. Termofiilit vaativat kasvaakseen lämpöä (55 °C–60 °C). (Niemi, Rahkio & Siitonen 2004, 43–45).

Lämpökäsittely on paras keino tuhota mikrobit, sillä kuumentaminen tappaa mikrobit. Lisäksi lämpökäsittely vähentää vapaan veden määrää elintarvikkeessa. Lämpötila, joka tuhoaa mikrobit, riippuu käytetystä ajasta ja kuumennettavan elintarvikkeen koosta. Elintarvikkeiden turvallinen valmistus edellyttää, että elintarvikkeen sisälämpötila nousee valmistuksen aikana yli 70 °C:n lämpötilaan (siipikarjanliha yli +75 °C:n lämpötilaan). Kuumennettu elintarvike on altis ristikontaminaatiolle, joka tarkoittaa mikrobin siirtymistä elintarvikkeesta toiseen suoralla kosketuksella tai välillisesti esimerkiksi käsien, välineiden tai laitteiden kautta. Elintarvikkeet pitää myös jäähdyttää nopeasti, koska jäähdytys takaa tuotteen paremman laadun ja säilyvyyden. Liian hidus jäähdytys voi aiheuttaa bakteerien itiömuotojen muuttumisen kasvumuotoon, jolloin elintarvike saastuu. (Elintarvikkeiden kypsentyminen [Viitattu 24.1.2010]; Niemi ym. 2004, 47–48).

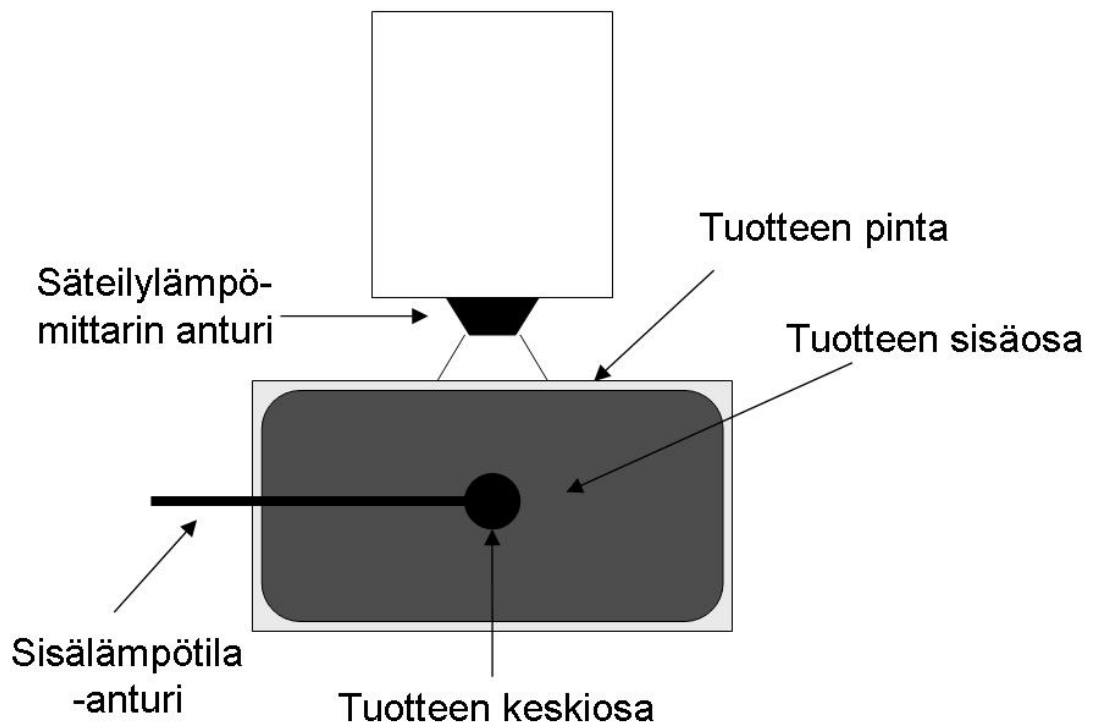
2.5 Omavalvonta ja lämpötilan mittaaminen

Elintarvikkeilta vaaditaan turvallisuutta, laadukkuutta, tuoreutta ja niiden tulee olla hyvin säilyviä sekä vähän käsiteltyjä. Tarve ennalta ehkäistä virheet on korostunut, koska virheiden terveydelliset ja taloudelliset seuraukset ovat kasvaneet. Elintarvikeeturvallisuudessa on ajateltava kaikkia niitä olosuhteita ja vaiheita, joita elintarvike kohtaa ennen päätymistään kuluttajalle. Elintarvikelaissa on säädetty pakolliseksi kaikille elintarvikealan yrityksille luoda oma kirjallinen omavalvontajärjestelmä. Omavalvontasuunnitelma perustuu vaarojen ja riskien kartoittamiseen. Kartoituksessa etsitään kriittisimmät pisteet. HACCP -konsepti (HA = Hazard Analysis = Vaarojen arviointi ja CCP = Critical Control Points = Kriittiset valvontakohteet) käsittelee seitsemän periaatetta, joita seuraamalla voidaan varmistaa elintarvikkeiden turvallisuus. Lämpötilojen seuranta on yksi kriittisistä valvontakohteista. (Omavalvonta [Viitattu 24.1.2010].)

HACCP -konseptin ensimmäinen periaate on tunnistaa kaikki mahdolliset vaaratekijät valmistuksen eri vaiheissa. Määritetään ennalta ehkäisevät toimenpiteet, joiden avulla tunnistettuja vaaroja valvotaan. HACCP:n toisessa periaatteessa määritetään kohdat, joita voidaan valvoa vaaratekijän poistamiseksi ja estämiseksi. Nämä kohdat ovat kriittisiä valvontapisteitä (CCP). Kriittisiä valvontapisteitä ovat esimerkiksi lämpökäsittelyvaiheet, joissa haitallinen mikrobi tuhoetaan sekä jäähdytys- ja pakastusvaiheet, joissa mikrobien kasvu estetään. Kolmas periaate on asettaa jokaiselle kriittiselle valvontapisteelle tavoitetasot ja niille poikkeamarajat. Tavoitetasot ja poikkeamarajat voivat olla biologisia, kemiallisia tai fysikaalisia ominaisuuksia, joita voidaan mitata tai havainnoida. Lämpötila on tällainen ominaisuus. Neljännessä periaatteessa laaditaan kriittisten valvontakohteiden seuranta ja valvonta, esimerkiksi lämpötilan mittaaminen. Viides periaate on määrittää korjaavat toimenpiteet, esimerkiksi lämpötilan korjauksen. Kuudennessa periaatteessa sovietaan varmistuskäytännöt, joilla varmistetaan koko HACCP-järjestelmän toimivuus. 7. periaate on laatia kirjanpito, joka sisältää kaikki HACCP-järjestelmään liittyvät toiminnot ja menettelyt, valvonta- ja varmistustoimintoihin liittyvät tulokset ja tehdyt korjaavat toimenpiteet. (HACCP [Viitattu 24.1.2010].)

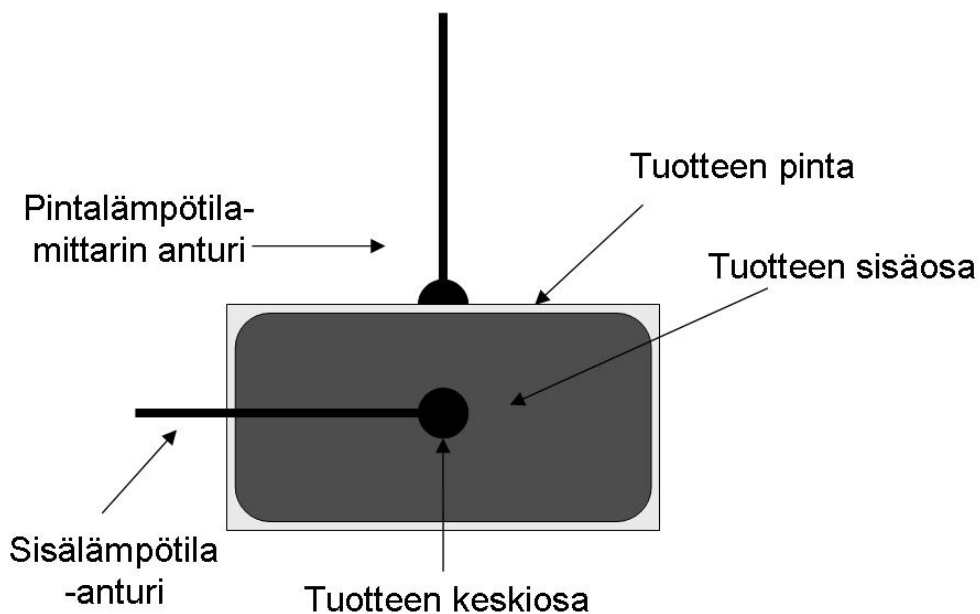
3 TUTKIMUS ERI LÄMPÖMITTAREIDEN JA LÄMMÖNMITTAUSTAPOJEN VÄLILLÄ

Työssä vertailtiin eri lämpömittareita ja lämpötilan mittaustapoja. Mittauskohteiksi valittiin omavalvontasuunnitelmaan kirjattuja kriittisiä valvontakohteita ja tarkastuspisteitä. Kaikki mittaukset tehtiin tuotantotiloissa. Säteilylämpömittarin luotettavuutta testattiin tutkimalla eri mittausetäisyyksien vaikutusta mittaustuloksiin. Tuloksia verrattiin sisälämpötilaan. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää mittaustapa, jolla saadaan luotettavin mittaustulos. Tutkimus tehtiin sous-vidé tuotteille jäähdytyksen jälkeen ja laatikoille paiston jälkeen. Kuviossa 1. on esitetty säteilylämpötilan ja sisälämpötilan mittaus laatikosta paiston jälkeen. Kuvioista nähdään, että laatikon pintojen lämpötila on eri kuin sisälämpötila, koska ympäröivän ilman lämpötila siirtyy tuotteeseen alkaen tuotteen pinnoilta johtumalla kohti sisäosaa.

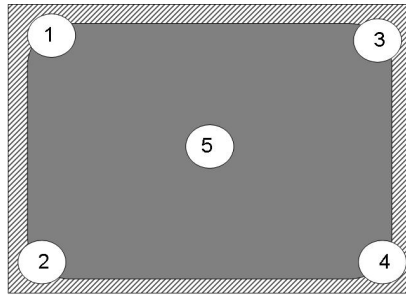


Kuvio 1. Säteilylämpötilan ja sisälämpötilan mittaus laatikosta paiston jälkeen.

Toisena tutkimuskohteena selvitettiin, voiko tuotteen lämpötilan mitata luotettavasti rikkomatta pakkausta mittaamalla tuotteen pintalämpötila sisälämpötilan sijaan. Pintalämpötilan mittaustulosta verrattiin sisälämpötilaan. Pintalämpötilamittarin anturi mittasi lämpötilan tuotteen pinnasta (Kuvio 2.). Pintalämpötilamittarissa vastusanturi tai termoelementti oli liitetty digitaalilämpömittariin. Mittauspään on oltava sellainen, että mitattavaan pintaan saadaan mahdollisimman hyvä lämpökontakti. Mittausvirheen mahdollisuus pintalämpötilamittauksissa oli suuri, koska kappaleen pinta mittaustilanteena on vaikea. Pinnan lämpötila muodostui sekä kappaleen sisällä olevasta lämpötilasta että kappaletta ympäröivän aineen lämpötilasta. Pinta myös luovutti energiaa lämpösäteilyn muodossa. Pintalämpömittari saattoi itsekin vaikuttaa pinnan lämpötilaan johtamalla lämpöä pinnasta pois tai lämmittämällä pintaa. Sous-vide tuotteet oli pakattu vakuumpussiin, jolloin tuotteen ja anturin välillä oli pakkauksen muovi. Sisälämpötilamittarianturi oli työnnetty pakkauksen läpi tuotteen sisälle. Tutkimusta jatkettiin mittaamalla sisä- ja pintalämpötilan lisäksi säteilylämpötila ja vertaamalla tuloksia. (Weckström 2005, 75–76, 96.)



Kuvio 2. Pinta- ja sisälämpötilan mittaus sous-vide tuotteesta jäähdytyksen jälkeen.



Kuvio 3. Mittauskohdat.

Eri mittauskohdan vaikutusta mittaustuloksiin tutkittiin mittaamalla lämpötila useasta eri kohdasta. Tutkimus tehtiin sous-vide tuotteille ja jauhelihalajitelmille. Sous-vide tuotteista lämpötila mitattiin jäähdytyksen jälkeen pakkauksen viidestä eri kohdasta. Mittaukset tehtiin sisä-, pinta- ja säteilylämpömittarilla. Kuviossa 3. esitetään lämpötilojen ero tuotteen reunoilla ja sisäosassa. Ero syntyy, koska lämpötila siirtyy elintarvikkeessa johtamalla, kun lämpötilaero ympäröivän ilman ja tuotteen välillä pyrkii tasoittumaan. Jauhelihalajitelmien lämpötilamittaukset tehtiin vastaanottotarkastuksessa varastoinnin aikana, joka on omavalvontasuunnitelmaan kirjattu tarkastuspisteeksi. Lajitelmista mitattiin lämpötila sisälämpömittarilla.

4 TYÖSSÄ KÄYTETYT LÄMPÖMITTARIT JA MITTAUSTEN SUORITUS

4.1 Lämpömittarit

Työssä tehtyihin mittauksiin käytettiin kolmea lämpömittaria. Sisä- ja pintalämpötilojen mittaamiseen käytettiin kahta kalibroitua Testo 110 vastuslämpömittaria. Testo 110 -lämpömittarin mittausalue oli $-50\text{ °C} \dots 275\text{ °C}$ ja mittausherkyys mittausalueella oli $\pm 0,2\text{ °C}$. Sisälämpömittarin anturin pää oli terävä (Kuvio 4.). Pintalämpömittarin anturin pää oli litteä ja halkaisijaltaan noin 0,5 cm.



Kuvio 4. Sisälämpömittari Testo 110.

Säteilylämpötilat mitattiin Microscanner™ D-Series -säteilylämpömittarilla (Kuvio 5.). Mittausalue oli $-45\text{ °C} \dots 871\text{ °C}$ ja mittausherkyys mittausalueella oli $\pm 0,1\text{ °C}$. Säteilylämpömittarissa oli emissiivisyyden automaattikorjaus.



Kuvio 5. Säteilylämpömittari.

4.2 Mittaukset

Säteilylämpömittarin luotettavuutta testattiin mittaamalla lämpötila eri etäisyydeltä tuotteen pinnasta. Mittaustuloksia verrattiin samaan aikaan mitattuun tuotteen sisälämpötilaan. Mittausetäisyyksiksi tuotteen pinnasta valittiin noin 1 cm, noin 5 cm ja noin 10 cm.

Ensimmäinen tutkimus tehtiin sous-vide tuotteille. Mittaukset tehtiin tuotantotiloissa heti jäähdytyksen jälkeen. Sisälämpötila mitattiin siten, että vastuslämpömittari työnnettiin pakkauksen sisään (Kuvio 6 A.). Säteilylämpötila mitattiin pakkauksen pinnan yläpuolelta valituilta etäisyyksiltä (Kuvio 6 B.). Jokaisesta tuotteesta lämpötilat mitattiin viidestä kohdasta. Mittauskohdat on esitetty kuviossa 7. Mittaukset tehtiin kolmelle tuotteelle. Yhteensä saatiin 60 mittaustulosta.



Kuvio 6 A. Sisälämpötilan mittaus sous-vide tuotteesta.



Kuvio 6 B. Säteilylämpötilan mittaus sous-vide tuotteesta.



Kuvio 7. Sous-vide tuotteen mittauskohdat.

Toinen tutkimus säteilylämpömittarin luotettavuudesta tehtiin laatikoille. Laatikoista mitattiin sisälämpötila ja säteilylämpötilat heti paiston jälkeen tuotantotiloissa. Sisälämpötila mitattiin työntämällä mitta-anturi laatikon kyljestä sisään (Kuvio 8 A.). Säteilylämpötilat mitattiin ensin noin 1 cm, seuraavaksi noin 5 cm ja lopuksi noin 10 cm etäisyydeltä tuotteen pinnasta (Kuvio 8 B.). Lämpötilat mitattiin 12 laatikosta, mittaustuloksia saatiin yhteensä 48.



Kuvio 8 A. Laatikon sisälämpötilan mittaaminen.



Kuvio 8 B. Laatikon säteilylämpötilan mittaaminen.

Sous-vide tuotteista haluttiin selvittää, voidaanko tuotteen lämpötila jäähdytyksen jälkeen mitata rikkomatta pakkausta. Ensimmäinen mittaussarja tehtiin mittaamalla tuotteista sisälämpötilan lisäksi pintalämpötila vastuslämpömittarilla. Lisäksi tehtiin toinen mittaussarja, jossa sisä- ja pintalämpötilan lisäksi mitattiin säteilylämpötila säteilylämpömittarilla. Kaikki mittaukset tehtiin tuotantotiloissa heti jäähdytyksen jälkeen.

Ensimmäistä mittaussarjaa varten lämpötilaseurantalomakkeeseen lisättiin pintalämpötilasarake. Sisä- ja pintalämpötilat mitattiin omavalvonnan yhteydessä ja tulokset kirjattiin. Mittaustuloksia saatiin yhteensä 260. Sisälämpötila mitattiin työntämällä mitta-anturi tuotteen sisälle, jolloin pakkaus rikkoutui (Kuvio 6 A.). Pintalämpötila mitattiin pakkauksen pinnasta rikkomatta pakkausta (Kuvio 9.).



Kuvio 9. Pintalämpötilan mittaus sous-vide tuotteesta.

Toisessa mittaussarjassa sisä- ja pintalämpötilan lisäksi mitattiin tuotteen lähettämän säteilyn lämpötila. Mittauksiin käytettiin säteilylämpömittaria. Säteilylämpötilan mittaustäisyydeksi pakkauksen pinnasta valittiin noin 1 cm pinnan yläpuolelta aikaisemmin tehdyn tutkimuksen perusteella. Jokaisesta tuotteesta mitattiin viisi sisälämpötilaa, viisi pintalämpötilaa ja viisi säteilylämpötilaa. Mittauskohdat on esitetty kuviossa 7. Lämpötilat mitattiin 16 tuotteesta. Mittaustuloksia saatiin yhteensä 240.

Lisäksi selvitettiin mittauskohdan vaikutusta mittaustulokseen sous-vide tuotteiden ja jauhelihalajitelmien lämpötilamittauksilla. Sous-vide tuotteista lämpötila mitattiin jäähdytyksen jälkeen. Mittaukset tehtiin viidestä eri kohdasta pakkauksesta. Mittauskohdat on esitetty kuviossa 7. Tuotteista mitattiin sisä-, pinta ja säteilylämpötila. Mittaustuloksia oli yhteensä 240.



Kuvio 10. Mittauskohdat jauhelihalajittelmapadasta.

Jauhelihan raaka-aineista mitattiin lämpötila vastaanottotarkastuksessa varastoinnin aikana. Lämpötilan mittaaminen vastaanottotarkastuksessa on merkitty oma-valvontasuunnitelmaan tarkastuspisteeksi. Lämpötila mitattiin työntämällä vastuslämpömittarin anturi jauhelihalajittelman sisälle. Lämpötilat mitattiin kuudesta kohdasta. Mittaustuloksia saatiin yhteensä 156. Mittauskohdat on esitetty kuvassa 7.

5 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

5.1 Mittausetäisyyden vaikutus säteilylämpötilan mittaustulokseen

Mittausetäisyyden vaikutusta kohteen lähettämän lämpösäteilyn mittaustulokseen tutkittiin vertaamalla eri etäisyyksiltä pakkauksen pinnasta mitattuja säteilylämpötiloja tuotteen sisälämpötilaan. Sisälämpötila mitattiin vastuslämpömittarilla ja tuotteen lähettämän säteilyn lämpötila mitattiin säteilylämpömittarilla. Ensimmäinen tutkimus tehtiin sous-vide tuotteille jäähtyksen jälkeen, joka oli kriittinen valvontakohde. Mittaustulokset ovat taulukossa 1. Mittauksia tehtiin jokaisesta tuotteesta viidestä eri kohdasta. Kaikki mitatut säteilylämpötilat olivat korkeampia kuin sisälämpötila. Taulukon keskiarvoista nähdään, että säteilylämpötila oli sitä korkeampi, mitä etäämmältä pakkauksen pinnasta se mitattiin.

Taulukko 1. Mittaustulokset sous-vide: sisälämpötila ja säteilylämpötilat eri etäisyyksiltä pakkauksen pinnasta jäähtyksen jälkeen.

| TUOTE | SISÄLÄMPÖTILA (°C) | SÄTEILYLÄMPÖTILAT (°C) | | |
|---------------------|-----------------------|------------------------|---------------------|----------------------|
| | | Etäisyys n. 1 cm | Etäisyys n. 5 cm | Etäisyys n. 10 cm |
| 1. | 8,1 | 8,8 | 8,6 | 8,7 |
| | 8,0 | 8,5 | 8,9 | 9,0 |
| | 8,0 | 8,5 | 8,4 | 8,5 |
| | 8,0 | 8,2 | 8,4 | 8,5 |
| | 8,0 | 8,2 | 8,5 | 8,7 |
| KESKIARVO | 8,02 | 8,44 | 8,56 | 8,68 |
| KESKIHAJONTA | 0,04 | 0,25 | 0,21 | 0,20 |
| 2. | 8,9 | 9,7 | 10,3 | 1,05 |
| | 8,9 | 9,4 | 10,1 | 10,1 |
| | 8,9 | 9,5 | 9,4 | 9,5 |
| | 9,0 | 9,4 | 9,7 | 10,1 |
| | 9,0 | 9,4 | 9,8 | 10,1 |
| KESKIARVO | 8,94 | 9,48 | 9,86 | 10,06 |
| KESKIHAJONTA | 0,05 | 0,13 | 0,35 | 0,36 |
| 3. | 8,8 | 9,3 | 9,4 | 9,8 |
| | 8,8 | 9,3 | 9,8 | 10,3 |
| | 8,8 | 9,3 | 9,2 | 9,4 |
| | 8,7 | 9,1 | 9,7 | 9,8 |
| | 8,8 | 9,0 | 9,7 | 10,1 |
| KESKIARVO | 8,78 | 9,20 | 9,56 | 9,88 |
| KESKIHAJONTA | 0,04 | 0,14 | 0,25 | 0,34 |

Taulukkoon 2. on laskettu jokaisen mittaustuloksen ero sisälämpötilaan verrattuna. Erotus saatiin vähentämällä mittauksen sisälämpötilatuloksesta säteilylämpötilan tulos. Ero kasvoi mittausetäisyyden kasvaessa. Noin senttimetrin etäisyydeltä pakkauksen pinnasta mitattujen säteilylämpötilojen keskiarvo oli 0,46 °C korkeampi kuin sisälämpötilojen keskiarvo. Lämpötila nousi edellisestä 0,29 °C noin viiden senttimetrin etäisyydeltä mitattuna. Noin kymmenen cm:n etäisyydeltä pakkauksen pinnasta mitattu säteilylämpötila oli melkein asteen (0,96 °C) sisälämpötilaa lämpimämpi. Koska säteilylämpötila oli sitä lähempänä sisälämpötilaa, mitä lähempää pakkauksen pintaa se oli mitattu, valittiin seuraaviin säteilylämpötilan mittauksiin mittausetäisyydeksi noin 1 cm pakkauksen pinnasta.

Taulukko 2. Mittaustulokset sous-vide: sisälämpötilan ja säteilylämpötilojen väliset erotukset.

| MITTAUS | SISÄLÄMPÖTILA (°C) | SÄTEILYLÄMPÖTILAT | | |
|---------------------|-----------------------|------------------------|---------------------|----------------------|
| | | Etäisyys n. 1 cm | Etäisyys n. 5 cm | Etäisyys n. 10 cm |
| | | EROTUS (°C) | | |
| 1. | 8,1 | 0,7 | 0,5 | 0,6 |
| | 8,0 | 0,5 | 0,9 | 1,0 |
| | 8,0 | 0,5 | 0,4 | 0,5 |
| | 8,0 | 0,2 | 0,4 | 0,5 |
| | 8,0 | 0,2 | 0,5 | 0,7 |
| 2. | 8,9 | 0,8 | 1,4 | 1,6 |
| | 8,9 | 0,5 | 1,2 | 1,2 |
| | 8,9 | 0,6 | 0,5 | 0,6 |
| | 9,0 | 0,4 | 0,7 | 1,1 |
| | 9,0 | 0,4 | 0,8 | 1,1 |
| 3. | 8,8 | 0,5 | 0,6 | 1,0 |
| | 8,8 | 0,5 | 1,0 | 1,5 |
| | 8,8 | 0,5 | 0,4 | 0,6 |
| | 8,7 | 0,4 | 1,0 | 1,1 |
| | 8,8 | 0,2 | 0,9 | 1,3 |
| KESKIARVO | 8,78 | 0,46 | 0,75 | 0,96 |
| KESKIHAJONTA | 0,04 | 0,17 | 0,31 | 0,36 |

Laatikoille paiston jälkeen tehtyjen säteilylämpötilamittausten tulokset on esitetty taulukossa 3. Laatikoille paiston jälkeen tehdyssä mittausetäisyystutkimuksessa mitatut säteilylämpötilat olivat huomattavasti sisälämpötiloja alhaisempia. Säteilylämpötila oli sitä matalampi mitä etäämmältä tuotteen pinnasta se mitattiin. Sisälämpötilojen keskiarvoksi saatiin 99,09 °C. Noin yhden senttimetrin etäisyydeltä tuotteen pinnasta mitattujen säteilylämpötilojen keskiarvo oli 84,70 °C. Kymmenen senttimetrin etäisyydeltä mitattujen säteilylämpötilojen keskiarvoksi saatiin 63,52 celsiusastetta. Mittaustulosten keskihajonnat olivat suuret.

Taulukko 3. Mittaustulokset laatikot: sisälämpötila ja säteilylämpötilat eri etäisyyksiltä pakkauksen pinnasta paiston jälkeen.

| MITTAUS | SISÄLÄMPÖTILA (°C) | SÄTEILYLÄMPÖTILAT (°C) | | |
|---------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------|----------------------|
| | | Etäisyys n. 1 cm | Etäisyys n. 5 cm | Etäisyys n. 10 cm |
| 1. | 100,4 | 87,7 | 81,7 | 67,6 |
| 2. | 98,7 | 85,4 | 77,6 | 88,0 |
| 3. | 99,2 | 88,2 | 80,6 | 60,2 |
| 4. | 99,1 | 86,1 | 79,9 | 64,4 |
| 5. | 99,7 | 89,7 | 84,7 | 62,9 |
| 6. | 100,1 | 87,0 | 83,3 | 62,4 |
| 7. | 99,5 | 88,4 | 84,7 | 66,0 |
| 8. | 98,0 | 86,6 | 81,5 | 59,6 |
| 9. | 100,2 | 86,4 | 79,9 | 97,1 |
| 10. | 97,1 | 80,1 | 73,1 | 55,7 |
| 11. | 99,5 | 74,1 | 70,6 | 54,2 |
| 12. | 97,6 | 73,1 | 68,8 | 54,1 |
| KESKIARVO | 99,09 | 84,40 | 78,87 | 63,52 |
| KESKIHAJONTA | 1,05 | 5,57 | 5,33 | 9,05 |

Taulukossa 4. on esitetty jokaisen säteilylämpötilan ero verrattuna sisälämpötilaan. Etäisyyskohtainen ero saatiin vähentämällä jokaisen mittauksen sisälämpötilasta säteilylämpötila. Tuotteen säteilemän lämmön lämpötila on jo yhden senttimetrin etäisyydeltä huomattavasti sisälämpötilaa alhaisempi. 10 cm:n etäisyydeltä mitattujen säteilylämpötilojen keskiarvo oli jo lähes 36 °C matalampi. Säteilylämpötila tulosten keskihajontaan vaikutti muun muassa mittaustavan epävarmuus ja mittarin oma satunnaisvirhe. Mittaustavan epävarmuus johtui silmämääräisestä mittausetäisyyden asettamisesta. Ympäröivän ilman tuotetta alhaisempi lämpötila

vaikutti tuloksiin, koska tuotteen pinnan lämpötila jäähdyi nopeammin kuin tuotteen sisäosa. Lisäksi tuotteen pinnan emissiivisyys, eli kyky säteillä lämpöä, vaikutti tuloksiin. Tulosten perusteella säteilylämpötilan mittaaminen laatikoista paiston jälkeen kyseisellä säteilylämpömittarilla ei sovellu.

Taulukko 4. Mittaustulokset laatikot: sisälämpötilan ja säteilylämpötilojen väliset erotukset.

| MITTAUS | SISÄLÄMPÖTILA (°C) | SÄTEILYLÄMPÖTILAT | | |
|---------|-----------------------|------------------------|---------------------|----------------------|
| | | Etäisyys n. 1 cm | Etäisyys n. 5 cm | Etäisyys n. 10 cm |
| | | EROTUS (°C) | | |
| 1. | 100,4 | 12,7 | 18,7 | 32,8 |
| 2. | 98,7 | 13,3 | 21,1 | 10,7 |
| 3. | 99,2 | 11,0 | 18,6 | 39,0 |
| 4. | 99,1 | 13,0 | 19,2 | 34,7 |
| 5. | 99,7 | 10,0 | 15,0 | 36,8 |
| 6. | 100,1 | 13,1 | 16,8 | 37,7 |
| 7. | 99,5 | 11,1 | 14,8 | 33,5 |
| 8. | 98,0 | 11,4 | 16,5 | 38,4 |
| 9. | 100,2 | 13,8 | 20,3 | 33,1 |
| 10. | 97,1 | 17,0 | 24,0 | 41,4 |
| 11. | 99,5 | 25,4 | 28,9 | 45,3 |
| 12. | 97,6 | 24,5 | 28,8 | 43,5 |
| | KESKIHARVO | 14,69 | 20,23 | 35,58 |
| | KESKIHARJONTA | 5,11 | 4,79 | 8,81 |

5.2 Sisä-, pinta- ja säteilylämpötilojen vertailu

Pinta- ja säteilylämpötilan vertailu tuotteen sisälämpötilaan tehtiin sous-vide tuotteille jäähdytyksen jälkeen. Tarkoituksena oli selvittää, voiko tuotteen lämpötilan mitata luotettavasti pakkausta rikkomatta. Ensin tutkittiin sisä- ja pintalämpötilan eroa tuotteella. Mittaukset tehtiin vastuslämpömittareilla. Sisälämpötila mitattiin työntämällä anturi pakkauksen sisälle. Pintalämpötila mitattiin pakkauksen päältä. Kaikki mittaustulokset on esitetty liitteessä 1. Mittaustulosten keskiarvot ja keskihajonnat on koottu taulukkoon 5. Taulukossa 5. KA tarkoittaa keskiarvoa ja KH merkitsee keskihajontaa. Sisälämpötilojen keskiarvoksi saatiin 9,06 °C ja pintalämpötilojen keskiarvoksi saatiin 9,57 °C. Sisälämpötila oli noin puoli celsiusastetta (0,52

°C) pintalämpötilaa matalampi. Erotus laskettiin vähentämällä mittauksen pinta-
lämpötilasta sisälämpötila. Ympäröivä ilma saattoi jonkin verran vaikuttaa pinta-
lämpötila-anturiin, koska vain anturin pää oli kosketuksissa pakkaukseen. Mittaus-
tulosten perusteella pintalämpötilan mittaaminen sisälämpötilan sijaan soveltuisi
sous-vide tuotteille.

Taulukko 5. Mittaustulokset sous-vide: sisä- ja pintalämpötilat.

| OHJELMA | SISÄLÄMPÖTILA (°C) | | PINTALÄMPÖTILA (°C) | | EROTUS (°C) | |
|----------------------------|-----------------------|------|------------------------|------|----------------|------|
| | KA | KH | KA | KH | KA | KH |
| 1 | 8,78 | 0,88 | 9,46 | 1,44 | 0,68 | 1,00 |
| 2 | 9,84 | 2,05 | 9,83 | 1,52 | - 0,01 | 1,68 |
| 3 | 8,58 | 0,63 | 9,24 | 0,88 | 0,66 | 0,87 |
| 4 | 9,21 | 1,50 | 9,61 | 1,21 | 0,40 | 1,37 |
| 5 | 8,41 | 1,15 | 9,45 | 1,20 | 1,03 | 0,91 |
| KAIKKI OHJELMAT | 9,06 | 1,48 | 9,57 | 1,33 | 0,52 | 1,29 |

Toisessa mittaussarjassa sisä- ja pintalämpötilan lisäksi sous-vide tuotteista mitat-
tiin tuotteen lähettämän säteilyn lämpötila säteilylämpömittarilla. Säteilylämpötila
mitattiin noin 1 cm:n etäisyydeltä pakkauksen pinnasta aiemman tutkimuksen pe-
rusteella. Jokaisesta tuotteesta mitattiin viisi kertaa sekä sisä-, pinta- että säteily-
lämpötila. Kaikki mittaustulokset on esitetty liitteessä 2. Taulukkoon 6. on koottu
mittaustulosten keskiarvot. Sisälämpötilojen keskiarvoksi saatiin 9,80 °C. Pinta-
lämpötilojen keskiarvo oli 9,67 °C. Säteilylämpötilojen keskiarvoksi mitattiin 9,71
°C. Sisälämpötilojen keskiarvo oli pinta- ja säteilylämpötiloja korkeampi. Pintaläm-
pötilojen keskiarvo oli matalin.

Taulukko 6. Mittaustulokset sous-vide: sisä-, pinta- ja säteilylämpötilat.

| TUOTE | SISÄLÄMPÖTILA (°C) | | PINTALÄMPÖTILA (°C) | | SÄTEILYLÄMPÖTILA (°C) | |
|----------------------------|-----------------------|------|------------------------|------|--------------------------|------|
| | KA | KH | KA | KH | KA | KH |
| 1 | 10,46 | 0,47 | 10,60 | 0,31 | 10,40 | 0,23 |
| 2 | 9,70 | 0,19 | 9,96 | 0,17 | 9,94 | 0,19 |
| 3 | 8,02 | 0,04 | 7,70 | 0,16 | 8,44 | 0,25 |
| 4 | 8,78 | 0,04 | 8,78 | 0,04 | 9,20 | 0,14 |
| 5 | 7,26 | 0,92 | 8,02 | 0,60 | 7,86 | 0,65 |
| 6 | 7,16 | 0,42 | 8,28 | 0,48 | 7,92 | 0,38 |
| 7 | 8,70 | 0,00 | 8,78 | 0,08 | 9,06 | 0,05 |
| 8 | 10,04 | 0,09 | 10,10 | 0,12 | 10,14 | 0,05 |
| 9 | 10,67 | 0,40 | 10,44 | 0,30 | 10,36 | 0,24 |
| 10 | 11,06 | 0,27 | 10,74 | 0,30 | 10,36 | 0,24 |
| 11 | 8,16 | 0,21 | 8,90 | 0,14 | 8,82 | 0,26 |
| 12 | 10,34 | 1,49 | 10,14 | 0,42 | 9,52 | 1,02 |
| 13 | 12,08 | 0,58 | 10,42 | 0,32 | 11,36 | 0,45 |
| 14 | 13,20 | 0,56 | 11,64 | 0,42 | 11,12 | 0,65 |
| 15 | 8,94 | 0,05 | 8,60 | 0,19 | 9,48 | 0,13 |
| 16 | 12,76 | 0,23 | 11,68 | 0,33 | 11,46 | 0,29 |
| KAIKKI TUOTTEET | 9,80 | 1,84 | 9,67 | 1,25 | 9,71 | 1,16 |

Taulukossa 7. on pinta- ja säteilylämpötilojen erot verrattuna sisälämpötilaan. Pintalämpötilojen keskiarvojen ja sisälämpötilojen keskiarvojen välinen erotus oli 0,14 celsiusastetta. Säteilylämpötilojen keskiarvo oli 0,10 celsiusastetta sisälämpötilojen keskiarvoa alhaisempi. Tulokset olivat niin lähellä toisiaan, että pinta- tai säteilylämpötilan mittaamisella voitaisiin korvata sisälämpötilan mittaaminen, jolloin välttäisiin rikkomasta pakkaus.

Taulukko 7. Mittaustulokset sousvide: pinta- ja säteilylämpötilojen erotukset verrattuna sisälämpötilaan.

| TUOTE | SISÄLÄMPÖTILA (°C) | | PINTALÄMPÖTILA EROTUS (°C) | | SÄTEILYLÄMPÖTILA EROTUS (°C) | |
|----------------------------|-----------------------|------|-------------------------------|------|---------------------------------|------|
| | KA | KH | KA | KH | KA | KH |
| 1 | 10,46 | 0,47 | - 0,14 | 0,17 | 0,02 | 0,57 |
| 2 | 9,70 | 0,19 | - 0,26 | 0,11 | - 0,24 | 0,19 |
| 3 | 8,02 | 0,04 | 0,32 | 0,15 | - 0,42 | 0,22 |
| 4 | 8,78 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | - 0,42 | 0,13 |
| 5 | 7,26 | 0,92 | - 0,76 | 0,34 | - 0,60 | 0,43 |
| 6 | 7,16 | 0,42 | - 1,12 | 0,19 | - 0,76 | 0,09 |
| 7 | 8,70 | 0,00 | - 0,02 | 0,08 | - 0,36 | 0,19 |
| 8 | 10,04 | 0,09 | - 0,06 | 0,09 | - 0,10 | 0,07 |
| 9 | 10,67 | 0,40 | - 0,16 | 0,25 | 0,08 | 0,22 |
| 10 | 11,06 | 0,27 | 0,32 | 0,08 | 0,70 | 0,14 |
| 11 | 8,16 | 0,21 | - 0,74 | 0,17 | - 0,66 | 0,33 |
| 12 | 10,34 | 1,49 | 0,20 | 1,11 | 0,82 | 0,76 |
| 13 | 12,08 | 0,58 | 1,66 | 0,26 | 0,72 | 0,16 |
| 14 | 13,20 | 0,56 | 1,56 | 0,19 | 2,08 | 0,38 |
| 15 | 8,94 | 0,05 | 0,34 | 0,17 | - 0,54 | 0,17 |
| 16 | 12,76 | 0,23 | 1,08 | 0,41 | 1,30 | 0,36 |
| KAIKKI TUOTTEET | 9,80 | 1,84 | 0,14 | 0,81 | 0,10 | 0,84 |

5.3 Mittauskohdan vaikutus mittaustulokseen

Mittauskohdan vaikutusta mittaustulokseen tutkittiin sous-vide tuotteista ja jauheli-
halajitelmista. Sous-vide tuotteista lämpötila mitattiin viidestä eri kohdasta. Kaikki
mittaustulokset on esitetty liitteessä 3. Taulukkoon 8. on koottu sous-vide tuotteiden
mittaustulokset. Mittaukset tehtiin vastuslämpömittareilla, joilla mitattiin sisä- ja
pintalämpötila, sekä säteilylämpömittarilla, jolla mitattiin tuotteen lähettämän sätei-
lyn lämpötila. Mittauskohdasta 3 eli keskeltä pakkausta mitattujen lämpötilojen
keskiarvo oli korkein kaikilla lämpömittareilla mitattuna (ks. Kuva 5.). Korkeimmat
ja matalimmat lämpötilat mitattiin sisälämpömittarilla. Sisälämpömittarilla mitattujen
tulosten keskiarvo oli 10,18 °C. Pintalämpötilojen keskiarvo oli 9,86 °C. Säteily-
lämpömittarilla mitattujen lämpötilojen keskiarvo oli 10,05 celsiusastetta. Mittaus-
tulosten perusteella lämpötila pitää mitata keskeltä pakkausta, jotta varmistutaan
siitä, että tuote on jäähtynyt tarpeeksi eikä omavalvontasuunnitelmaan määritetty
raja-arvo ylity.

Taulukko 8. Mittaustulokset sous-vide: sisä-, pinta- ja säteilylämpötilat mittauskohdittain.

| | SISÄLÄMPÖTILA (°C) | | | | |
|------------|------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | MITTAUSKOHTA | | | | |
| | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. |
| KA | 9,77 | 9,68 | 10,18 | 9,68 | 9,73 |
| KH | 1,80 | 1,77 | 2,07 | 1,87 | 1,92 |
| MIN | 6,9 | 6,9 | 7,3 | 6,4 | 6,4 |
| MAX | 12,7 | 12,8 | 14,1 | 13,3 | 13,1 |
| | PINTALÄMPÖTILA (°C) | | | | |
| | MITTAUSKOHTA | | | | |
| | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. |
| KA | 9,63 | 9,64 | 9,86 | 9,61 | 9,61 |
| KH | 1,16 | 1,18 | 1,29 | 1,36 | 1,40 |
| MIN | 7,8 | 7,7 | 7,9 | 7,5 | 7,5 |
| MAX | 11,4 | 11,8 | 12,2 | 11,9 | 12,1 |
| | SÄTEILYLÄMPÖTILA (°C) | | | | |
| | MITTAUSKOHTA | | | | |
| | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. |
| KA | 9,76 | 9,63 | 10,05 | 9,64 | 9,53 |
| KH | 0,99 | 1,02 | 1,32 | 1,24 | 1,19 |
| MIN | 7,7 | 7,8 | 7,6 | 7,2 | 7,4 |
| MAX | 11,4 | 11,5 | 12,0 | 11,8 | 11,3 |

Vastaanottotarkastuksessa jauhelihalajitelmista mitattiin lämpötila kuudesta kohdasta. Jauhelihalajitelmien kaikki mittaustulokset on koottu liitteeseen 4. Taulukoon 9. on koottu mittaustulosten keskiarvot ja keskihajonnat mittauskohdittain. Keskeltä, eli mittauskohdista 5 ja 6, mitattujen lämpötilojen keskiarvot olivat matalammat kuin lähempää reunoja mitattujen lämpötilojen keskiarvot. Tosin yksittäisiä mittaustuloksia tarkasteltaessa matalin lämpötila, – 1,3 °C, mitattiin reunasta mittauskohdasta 2. Korkein lämpötila 6,0 celsiusastetta mitattiin sekä reunasta mittauskohdasta 4 että keskeltä mittauskohdasta 5.

Taulukko 9. Mittaustulokset jauhelihalajitelmat: mittauskohdat.

| | LÄMPÖTILA (°C) | | | | | |
|------------|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | MITTAUSKOHTA | | | | | |
| | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. |
| KA | 3,27 | 3,06 | 3,21 | 3,37 | 2,80 | 2,95 |
| KH | 1,19 | 1,66 | 1,08 | 1,34 | 1,72 | 1,61 |
| MIN | 1,3 | - 1,3 | 1,1 | 1,1 | -0,5 | -0,4 |
| MAX | 5,6 | 5,6 | 5,0 | 6,0 | 6,0 | 5,8 |

6 YHTEENVETO

Lämpötilamittausten tulosten oikeellisuus on tärkeää, koska lämpötila ei saa ylittää omavalvontasuunnitelmaan asetettua raja-arvoa. Riittävä kuumennus ja jäähdytys, joita valvotaan lämpötilan mittauksilla, ovat osana takaamassa elintarvikkeen turvallisuutta. Työssä lämpötilamittausten suorittaminen onnistui suunnitellusti ja ongelmitta.

Ensimmäisessä tutkimuskohteessa verrattiin muutoksia mittaustuloksissa, kun kohteen lähettämän säteilyn lämpötila mitattiin eri etäisyyksiltä tuotteen pinnasta. Sous-vide tuotteilla mittaustulokset olivat lähellä mitattua sisälämpötilaa. Kuitenkin mitä kauempaa tuotteen pinnasta lämpötila mitattiin, sitä korkeampi se oli sisälämpötilaan verrattuna. Tulosten perusteella seuraaviin tutkimuksiin mittausetäisyydeksi valittiin noin 1 cm tuotteen pinnasta.

Laatikoilla säteilylämpötilojen mittaustulokset kaikilta etäisyyksiltä erosivat sisälämpötilasta paljon ja tulosten keskihajonnat olivat suuret. Lisätutkimuksella voitaisiin selvittää, onko sisälämpötilan ja säteilyyn pohjautuvan lämpötilan välinen ero systemaattisesti samansuuruinen eli tietyltä etäisyydeltä mitattu säteilyn lämpötila vastaisi tiettyä sisälämpötilaa. Tällöin omavalvontasuunnitelmaan kirjatun paiston jälkeisen lämpötilan raja-arvoa voitaisiin mahdollisesti muuttaa säteilylämpömittarille sopivaksi. Tämän tutkimuksen tulosten pohjalta voidaan todeta, ettei säteilylämpömittarin käyttö sovellu lämpötilan mittauksiin laatikoille paiston jälkeen. Mittaustuloksiin vaikuttivat lämpötilavaihtelut tuotteen eri osissa. Lämpö siirtyi elintarvikkeessa johtumalla, joten pinnan ja reunojen lämpötila muuttui ympäröivän ilman vaikutuksesta sisälämpötilaa nopeammin. Pinnan kyky säteillä lämpöä eli emissiivisyys oli myös yksi mittaustuloksiin vaikuttava tekijä. Mittausepävarmuutta lisäsi mittausetäisyyksien silmämääräinen asetus ja lämpömittareiden satunnaisvirheet.

Sous-vide tuotteilla haluttiin selvittää, voidaanko tuotteen lämpötila jäähdytyksen jälkeen mitata rikkomatta pakkausta. Rikottujen pakkausten tuotteet ovat käyttökelvottomia ja joutuvat jätteisiin. Käytössä olevassa mittaustavassa mitattiin tuot-

teen lämpötila työntämällä vastuslämpömittarin anturi tuotteen sisälle. Vertailussa sous-vide tuotteista mitattiin sisälämpötilan lisäksi pintalämpötila vastuslämpömittarilla ja tuotteen lähettämän säteilyn lämpötila säteilylämpömittarilla. Tulokset olivat niin lähellä toisiaan, että vaihtoehtoisia pakkausta rikkomattomia mittaustapoja voisi käyttää eikä valmistuserästä menisi lämpötilamittauksen vuoksi hukkaan tuotteita. Säteilylämpömittarin käyttöä lämpötilan mittaamiseen suosittelevat Farber ja Todd (2000, 207), koska mittaustapa ei vahingoita pakkausta. Myös lämpömittarin anturi säästyy kontaminaatioilta. Ongelmana on kuitenkin edelleen se, että lämpötila voidaan mitata vain joistakin valmistuserän tuotteista. Standardia käytettävistä lämpömittareista tälle elintarvikeprosessin vaiheelle ei ollut löydettävissä. Jäähdytetyn, pakastetun, syväjäädetytyn ruuan ja jäätelön kuljetuksessa, varastoinnissa ja jakelussa tuotteen ja ilman mittaamiseen käytettäviä lämpömittareita käsitellään kuitenkin standardeissa SFS-EN 12830 ja SFS-EN 13485.

Elintarvikeeturvallisuuden kannalta mittauskohdan valinnassa oli tärkeää valita kohta, jossa lämpötilan raja-arvon ylittyminen oli todennäköisin. Työssä mitattiin sous-vide tuotteista lämpötila kulmista ja keskeltä. Keskeltä mitattu lämpötila oli jäähdytyksen jälkeen korkeampi kuin kulmista mitattu lämpötila. Lämpötila pitää siis mitata tuotteen keskiosasta, koska lämpö siirtyy johtumalla alkaen tuotteen pinnoilta kohti sisäosaa. Jauhelihalajitelmissa lämpötila oli padan reunoilla korkeampi kuin keskellä. Vaikka lämpötilaerot tasoittuvat varastoinnin aikana, tulee lämpötila tulosten perusteella mitata lähempää padan reunaa kuin keskiosasta. Silloin voidaan varmistua, että lämpötila ei ylitä omavalvontasuunnitelmaan kirjattua tarkastuspisteen lämpötilan raja-arvoa.

Lämpökameran käyttö lämpötilan mittaamisessa voisi ratkaista lämpötilan mittaamiseen liittyviä ongelmia. Pakkauksia ei tarvitse rikkoa mittauksissa, koska lämpökameralla lämpötilan mittaaminen perustuu koskemattomaan mittaukseen. Lisäksi mitattavaa tuotetta tai mittauskohtaa ei tarvitse valita, koska lämpötila voidaan mitata yhdellä mittauksella valmistuserän jokaisen tuotteen jokaisesta kohdasta.

LÄHTEET

- Aittomäki, E., Eerikäinen, T., Leisola, M., Ojamo, H., Suominen, I. & von Weyrmarn N. 2002. Bioprosessiteknikka. Porvoo: WSOY.
- Elintarvikkeiden kypsentaaminen. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. EVIRA. [Viitattu 24.1.2010]. Saatavana: http://www.evira.fi/portal/fi/elintarvikkeet/hygieniaosaaminen/tietopaketti/elintarvikkeiden_hygieeninen_kasittely/elintarvikkeiden_kypsentaaminen/
- Farber, J.M. & Todd, E.C.D. 2000. Safe Handling of Foods. [Verkkokirja]. New York: Marcel Dekker. [Viitattu 17.3.2010.] Saatavana: <http://www.google.com/books?hl=fi&lr=&id=B78FvN7NX34C&oi=fnd&pg=PA235&dq=temperature+measurement+food+safety+standard&ots=hCGybRV82s&sig=b8TGJJ48CeoYnW7dAVweizvuNKg#v=onepage&q=temperature&f=false>
- Fellows, P.J. 1996. Food Processing Technology Principles and Practice. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Hautala, M. & Peltonen H. 2001. Insinöörin (AMK) Fysiikka osa 1. 6. painos. Jyväskylä: Lahden Teho-Opetus Oy.
- HACCP. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. EVIRA. [Viitattu 24.1.2010]. Saatavana: <http://www.evira.fi/portal/fi/elintarvikkeet/hygieniaosaaminen/tietopaketti/haccp/>
- Niemi, V-M., Rahkio, M. & Siitonen, A. 2004. Ruokaturvallisuuden käsikirja. Helsinki: Art House Oy.
- Omavalvonta. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. EVIRA. [Viitattu 24.1.2010]. Saatavana: <http://www.evira.fi/portal/fi/elintarvikkeet/hygieniaosaaminen/tietopaketti/omavalvonta/>
- Suvanto, K. 2003. Tekniikan fysiikka 1. Helsinki: Edita Prima Oy.
- Savo-Set. Ei päiväystä. Asia kotisäilönnästä. [Verkkosivu]. [Viitattu 24.1.2010]. Saatavana: <http://www.savoset.com/index.phtml/art/8362/t/articles1>
- SFS-EN 12830. 2000. Jäähdytetyn, pakastetun, syväjäädetytyn/pikajäädetytyn ruoan ja jäätelön kuljetuksessa, varastoinnissa ja jakelussa käytettävät lämpörekisteröintilaitteet. Testaukset, suorituskyky ja sopivuus
- SFS-EN 13485. 2002. Jäähdytetyn, pakastetun, syväjäädetytyn/pikajäädetytyn ruoan ja jäätelön kuljetuksessa, varastoinnissa

ja jakelussa tuotteen ja ilman mittaamiseen käytettävät lämpömittarit. Testaukset, suorituskyky ja sopivuus

Weckström, T. 2005. Lämpötilan mittaus. [Verkojulkaisu]. Helsinki: MIKES. [Viitattu 17.1.2010]. Saatavana: http://www.mikes.fi/documents/upload/j4_05_www.pdf

LIITE 1: Mittaustulokset sous-vide: sisä- ja pintalämpötilat

| OHJELMA | SISÄLÄMPÖTILA °C | PINTALÄMPÖTILA °C | EROTUS °C |
|---------------------|---------------------|----------------------|--------------|
| 1 | 8,1 | 7,9 | -0,2 |
| 1 | 9,5 | 9,1 | -0,4 |
| 1 | 9,3 | 12,0 | 2,7 |
| 1 | 9,9 | 12,0 | 2,1 |
| 1 | 8,2 | 9,9 | 1,7 |
| 1 | 9,9 | 11,5 | 1,6 |
| 1 | 9,9 | 11,8 | 1,9 |
| 1 | 9,1 | 11,1 | 2,0 |
| 1 | 9,3 | 11,0 | 1,7 |
| 1 | 9,6 | 10,4 | 0,8 |
| 1 | 8,8 | 10,3 | 1,5 |
| 1 | 7,2 | 8,4 | 1,2 |
| 1 | 9,9 | 11,3 | 1,4 |
| 1 | 8,1 | 8,8 | 0,7 |
| 1 | 8,4 | 9,6 | 1,2 |
| 1 | 7,1 | 7,8 | 0,7 |
| 1 | 7,1 | 8,6 | 1,5 |
| 1 | 10,0 | 11,0 | 1,0 |
| 1 | 9,7 | 9,8 | 0,1 |
| 1 | 8,2 | 9,0 | 0,8 |
| 1 | 8,7 | 8,5 | -0,2 |
| 1 | 8,9 | 8,5 | -0,4 |
| 1 | 9,4 | 8,4 | -1,0 |
| 1 | 7,6 | 7,8 | 0,2 |
| 1 | 9,3 | 8,8 | -0,5 |
| 1 | 8,8 | 9,5 | 0,7 |
| 1 | 7,4 | 6,6 | -0,8 |
| 1 | 7,4 | 8,4 | 1,0 |
| 1 | 8,2 | 7,9 | -0,3 |
| 1 | 8,2 | 6,9 | -1,3 |
| 1 | 9,2 | 8,1 | -1,1 |
| 1 | 8,8 | 8,8 | 0,0 |
| 1 | 8,9 | 10,1 | 1,2 |
| 1 | 9,5 | 10,9 | 1,4 |
| 1 | 9,4 | 10,2 | 0,8 |
| 1 | 9,2 | 9,8 | 0,6 |
| KESKIARVO | 8,78 | 9,46 | 0,68 |
| KESKIHAJONTA | 0,88 | 1,44 | 1,00 |

| OHJELMA | SISÄLÄMPÖTILA °C | PINTALÄMPÖTILA °C | EROTUS °C |
|---------------------|---------------------|----------------------|--------------|
| 2 | 12,7 | 11,9 | -0,8 |
| 2 | 15,2 | 11,5 | -3,7 |
| 2 | 8,9 | 10,6 | 1,7 |
| 2 | 9,9 | 12,5 | 2,6 |
| 2 | 9,6 | 12,5 | 2,9 |
| 2 | 9,4 | 11,2 | 1,8 |
| 2 | 16,7 | 12,1 | -4,6 |
| 2 | 9,3 | 9,8 | 0,5 |
| 2 | 9,8 | 11,6 | 1,8 |
| 2 | 8,0 | 8,6 | 0,6 |
| 2 | 8,1 | 8,6 | 0,5 |
| 2 | 6,9 | 7,4 | 0,5 |
| 2 | 7,0 | 8,1 | 1,1 |
| 2 | 9,9 | 11,0 | 1,1 |
| 2 | 9,5 | 8,8 | -0,7 |
| 2 | 9,3 | 9,8 | 0,5 |
| 2 | 10,1 | 9,2 | -0,9 |
| 2 | 9,0 | 8,9 | -0,1 |
| 2 | 10,3 | 9,8 | -0,5 |
| 2 | 9,8 | 8,2 | -1,6 |
| 2 | 9,9 | 8,5 | -1,4 |
| 2 | 8,2 | 8,4 | 0,2 |
| 2 | 9,8 | 8,9 | -0,9 |
| 2 | 9,9 | 8,5 | -1,4 |
| 2 | 9,2 | 7,8 | -1,4 |
| 2 | 9,7 | 10,7 | 1 |
| 2 | 9,6 | 10,3 | 0,7 |
| 2 | 9,8 | 10,1 | 0,3 |
| KESKIARVO | 9,84 | 9,83 | -0,01 |
| KESKIHAJONTA | 2,05 | 1,52 | 1,68 |

| OHJELMA | SISÄLÄMPÖTILA °C | PINTALÄMPÖTILA °C | EROTUS °C |
|---------------------|---------------------|----------------------|--------------|
| 3 | 9,5 | 8,9 | -0,6 |
| 3 | 8,9 | 10,6 | 1,7 |
| 3 | 7,9 | 8,4 | 0,5 |
| 3 | 8,4 | 9,6 | 1,2 |
| 3 | 8,2 | 8,7 | 0,5 |
| KESKIARVO | 8,58 | 9,24 | 0,66 |
| KESKIHAJONTA | 0,63 | 0,88 | 0,87 |

| OHJELMA | SISÄLÄMPÖTILA °C | PINTALÄMPÖTILA °C | EROTUS °C |
|---------------------|---------------------|----------------------|--------------|
| 4 | 11,6 | 10,1 | -1,5 |
| 4 | 11,6 | 11,1 | -0,5 |
| 4 | 12,1 | 9,1 | -3 |
| 4 | 14,0 | 10,0 | -4 |
| 4 | 9,9 | 11,3 | 1,4 |
| 4 | 10,0 | 9,9 | -0,1 |
| 4 | 9,9 | 11,4 | 1,5 |
| 4 | 9,2 | 11,0 | 1,8 |
| 4 | 9,8 | 11,1 | 1,3 |
| 4 | 9,5 | 11,5 | 2 |
| 4 | 9,7 | 11,1 | 1,4 |
| 4 | 9,9 | 13,1 | 3,2 |
| 4 | 6,6 | 8,8 | 2,2 |
| 4 | 9,1 | 9,7 | 0,6 |
| 4 | 9,3 | 9,8 | 0,5 |
| 4 | 8,9 | 9,6 | 0,7 |
| 4 | 7,8 | 9,1 | 1,3 |
| 4 | 8,5 | 9,4 | 0,9 |
| 4 | 8,2 | 8,9 | 0,7 |
| 4 | 7,3 | 7,9 | 0,6 |
| 4 | 8,2 | 8,9 | 0,7 |
| 4 | 9,0 | 9,7 | 0,7 |
| 4 | 8,4 | 8,6 | 0,2 |
| 4 | 8,2 | 9,3 | 1,1 |
| 4 | 6,8 | 7,9 | 1,1 |
| 4 | 8,6 | 9,4 | 0,8 |
| 4 | 9,7 | 10,2 | 0,5 |
| 4 | 9,6 | 9,4 | -0,2 |
| 4 | 9,4 | 9,7 | 0,3 |
| 4 | 10,1 | 9,2 | -0,9 |
| 4 | 7,5 | 7,4 | -0,1 |
| 4 | 9,8 | 8,1 | -1,7 |
| 4 | 8,8 | 8,3 | -0,5 |
| 4 | 6,6 | 8,2 | 1,6 |
| 4 | 8,7 | 8,8 | 0,1 |
| 4 | 9,7 | 9,8 | 0,1 |
| 4 | 8,7 | 8,8 | 0,1 |
| KESKIARVO | 9,21 | 9,61 | 0,40 |
| KESKIHAJONTA | 1,50 | 1,21 | 1,37 |

| OHJELMA | SISÄLÄMPÖTILA °C | PINTALÄMPÖTILA °C | EROTUS °C |
|---------------------|---------------------|----------------------|--------------|
| 5 | 9,9 | 11,0 | 1,1 |
| 5 | 8,7 | 10,2 | 1,5 |
| 5 | 9,2 | 11,5 | 2,3 |
| 5 | 7,5 | 9,5 | 2,0 |
| 5 | 6,3 | 8,3 | 2,0 |
| 5 | 8,7 | 7,8 | -0,9 |
| 5 | 8,1 | 9,8 | 1,7 |
| 5 | 6,7 | 9,4 | 2,7 |
| 5 | 8,1 | 8,6 | 0,5 |
| 5 | 8,9 | 8,4 | -0,5 |
| 5 | 7,9 | 9,1 | 1,2 |
| 5 | 8,5 | 8,8 | 0,3 |
| 5 | 8,4 | 9,5 | 1,1 |
| 5 | 9,1 | 9,6 | 0,5 |
| 5 | 7,6 | 8,8 | 1,2 |
| 5 | 7,0 | 8,1 | 1,1 |
| 5 | 7,8 | 8,1 | 0,3 |
| 5 | 10,1 | 9,2 | -0,9 |
| 5 | 9,8 | 11,2 | 1,4 |
| 5 | 8,7 | 9,9 | 1,2 |
| 5 | 6,1 | 7,2 | 1,1 |
| 5 | 9,8 | 11,1 | 1,3 |
| 5 | 9,1 | 10,3 | 1,2 |
| 5 | 9,9 | 11,3 | 1,4 |
| KESKIARVO | 8,41 | 9,45 | 1,03 |
| KESKIHAJONTA | 1,15 | 1,20 | 0,91 |

| KAIKKI OHJELMAT | SISÄLÄMPÖTILA °C | PINTALÄMPÖTILA °C | EROTUS °C |
|---------------------|---------------------|----------------------|--------------|
| KESKIARVO | 9,06 | 9,57 | 0,52 |
| KESKIHAJONTA | 1,48 | 1,33 | 1,29 |

LIITE 2: Mittaustulokset sous-vide: sisä- pinta ja säteilylämpötilat

| TUOTE | SISÄLÄMPÖTILA °C | PINTALÄMPÖTILA °C | EROTUS °C | SÄTEILYLÄMPÖ- TILA °C | EROTUS °C |
|---------------------|---------------------|----------------------|--------------|--------------------------|--------------|
| 1. | 10,0 | 10,3 | -0,3 | 10,4 | -0,4 |
| | 10,1 | 10,4 | -0,3 | 10,3 | -0,2 |
| | 10,5 | 10,6 | -0,1 | 10,8 | -0,3 |
| | 10,5 | 10,6 | -0,1 | 10,5 | 0,0 |
| | 11,2 | 11,1 | 0,1 | 10,2 | 1,0 |
| KESKIARVO | 10,46 | 10,60 | -0,14 | 10,44 | 0,02 |
| KESKIHAJONTA | 0,47 | 0,31 | 0,17 | 0,23 | 0,57 |
| 2. | 9,8 | 10,0 | -0,2 | 10,2 | -0,4 |
| | 9,9 | 10,0 | -0,1 | 9,8 | 0,1 |
| | 9,8 | 10,2 | -0,4 | 10,1 | -0,3 |
| | 9,5 | 9,8 | -0,3 | 9,8 | -0,3 |
| | 9,5 | 9,8 | -0,3 | 9,8 | -0,3 |
| KESKIARVO | 9,70 | 9,96 | -0,26 | 9,94 | -0,24 |
| KESKIHAJONTA | 0,19 | 0,17 | 0,11 | 0,19 | 0,19 |
| 3. | 8,1 | 7,8 | 0,3 | 8,8 | -0,7 |
| | 8,0 | 7,7 | 0,3 | 8,5 | -0,5 |
| | 8,0 | 7,9 | 0,1 | 8,5 | -0,5 |
| | 8,0 | 7,6 | 0,4 | 8,2 | -0,2 |
| | 8,0 | 7,5 | 0,5 | 8,2 | -0,2 |
| KESKIARVO | 8,02 | 7,70 | 0,32 | 8,44 | -0,42 |
| KESKIHAJONTA | 0,04 | 0,16 | 0,15 | 0,25 | 0,22 |
| 4. | 8,8 | 8,8 | 0,0 | 9,3 | -0,5 |
| | 8,8 | 8,8 | 0,0 | 9,3 | -0,5 |
| | 8,8 | 8,8 | 0,0 | 9,3 | -0,5 |
| | 8,7 | 8,7 | 0,0 | 9,1 | -0,4 |
| | 8,8 | 8,8 | 0,0 | 9,0 | -0,2 |
| KESKIARVO | 8,78 | 8,78 | 0,00 | 9,20 | -0,42 |
| KESKIHAJONTA | 0,04 | 0,04 | 0,00 | 0,14 | 0,13 |
| 5. | 7,4 | 8,1 | -0,7 | 8,4 | -1,0 |
| | 8,7 | 9,0 | -0,3 | 8,7 | 0,0 |
| | 7,3 | 7,9 | -0,6 | 7,6 | -0,3 |
| | 6,4 | 7,5 | -1,1 | 7,2 | -0,8 |
| | 6,5 | 7,6 | -1,1 | 7,4 | -0,9 |
| KESKIARVO | 7,26 | 8,02 | -0,76 | 7,86 | -0,60 |
| KESKIHAJONTA | 0,92 | 0,60 | 0,34 | 0,65 | 0,43 |
| 6. | 6,9 | 8,3 | -1,4 | 7,7 | -0,8 |
| | 6,9 | 8,0 | -1,1 | 7,8 | -0,9 |
| | 7,9 | 9,1 | -1,2 | 8,6 | -0,7 |
| | 7,0 | 8,0 | -1,0 | 7,7 | -0,7 |
| | 7,1 | 8,0 | -0,9 | 7,8 | -0,7 |
| KESKIARVO | 7,16 | 8,28 | -1,12 | 7,92 | -0,76 |
| KESKIHAJONTA | 0,42 | 0,48 | 0,19 | 0,38 | 0,09 |

| TUOTE | SISÄLÄMPÖTILA °C | PINTALÄMPÖTILA °C | EROTUS °C | SÄTEILYLÄMPÖ- TILA °C | EROTUS °C |
|---------------------|---------------------|----------------------|--------------|--------------------------|--------------|
| 7. | 8,7 | 8,8 | -0,1 | 9,0 | -0,3 |
| | 8,7 | 8,7 | 0,0 | 9,3 | -0,6 |
| | 8,7 | 8,8 | -0,1 | 9,0 | -0,3 |
| | 8,7 | 8,7 | 0,0 | 9,2 | -0,5 |
| | 8,7 | 8,6 | 0,1 | 8,8 | -0,1 |
| KESKIARVO | 8,70 | 8,72 | -0,02 | 9,06 | -0,36 |
| KESKIHAJONTA | 0,00 | 0,08 | 0,08 | 0,19 | 0,19 |
| 8. | 10,1 | 10,1 | 0,0 | 10,2 | -0,1 |
| | 10,1 | 10,2 | -0,1 | 10,2 | -0,1 |
| | 9,9 | 9,9 | 0,0 | 10,1 | -0,2 |
| | 10,1 | 10,1 | 0,0 | 10,1 | 0,0 |
| | 10,0 | 10,2 | -0,2 | 10,1 | -0,1 |
| KESKIARVO | 10,04 | 10,10 | -0,06 | 10,14 | -0,10 |
| KESKIHAJONTA | 0,09 | 0,12 | 0,09 | 0,05 | 0,07 |
| 9. | 10,3 | 10,4 | -0,1 | 10,1 | 0,2 |
| | 9,8 | 10,3 | -0,5 | 9,9 | -0,1 |
| | 10,9 | 10,7 | 0,2 | 10,9 | 0,0 |
| | 10,3 | 10,5 | -0,2 | 9,9 | 0,4 |
| | 10,1 | 10,3 | -0,2 | 10,2 | -0,1 |
| KESKIARVO | 10,28 | 10,44 | -0,16 | 10,20 | 0,08 |
| KESKIHAJONTA | 0,40 | 0,17 | 0,25 | 0,41 | 0,22 |
| 10. | 11,1 | 10,9 | 0,2 | 10,5 | 0,6 |
| | 11,0 | 10,6 | 0,4 | 10,1 | 0,9 |
| | 11,5 | 11,2 | 0,3 | 10,7 | 0,8 |
| | 10,9 | 10,5 | 0,4 | 10,3 | 0,6 |
| | 10,8 | 10,5 | 0,3 | 10,2 | 0,6 |
| KESKIARVO | 11,06 | 10,74 | 0,32 | 10,36 | 0,70 |
| KESKIHAJONTA | 0,27 | 0,30 | 0,08 | 0,24 | 0,14 |
| 11. | 8,0 | 9,0 | -1,0 | 9,1 | -1,1 |
| | 8,0 | 8,8 | -0,8 | 8,9 | -0,9 |
| | 8,5 | 9,1 | -0,6 | 9,0 | -0,5 |
| | 8,2 | 8,8 | -0,6 | 8,5 | -0,3 |
| | 8,1 | 8,8 | -0,7 | 8,6 | -0,5 |
| KESKIARVO | 8,16 | 8,90 | -0,74 | 8,82 | -0,66 |
| KESKIHAJONTA | 0,21 | 0,14 | 0,17 | 0,26 | 0,33 |
| 12. | 10,6 | 10,1 | 0,5 | 9,7 | 0,9 |
| | 8,1 | 9,5 | -1,4 | 8,6 | -0,5 |
| | 12,3 | 10,6 | 1,7 | 11,2 | 1,1 |
| | 10,4 | 10,4 | 0,0 | 9,0 | 1,4 |
| | 10,3 | 10,1 | 0,2 | 9,1 | 1,2 |
| KESKIARVO | 10,34 | 10,14 | 0,20 | 9,52 | 0,82 |
| KESKIHAJONTA | 1,49 | 0,42 | 1,11 | 1,02 | 0,76 |

| TUOTE | SISÄLÄMPÖTILA °C | PINTALÄMPÖTILA °C | EROTUS °C | SÄTEILYLÄMPÖ- TILA °C | EROTUS °C |
|---------------------|---------------------|----------------------|--------------|--------------------------|--------------|
| 13. | 12,2 | 10,5 | 1,7 | 11,4 | 0,8 |
| | 12,4 | 10,6 | 1,8 | 11,5 | 0,9 |
| | 12,8 | 10,8 | 2,0 | 12,0 | 0,8 |
| | 11,4 | 10,0 | 1,4 | 10,8 | 0,6 |
| | 11,6 | 10,2 | 1,4 | 11,1 | 0,5 |
| KESKIARVO | 12,08 | 10,42 | 1,66 | 11,36 | 0,72 |
| KESKIHAJONTA | 0,58 | 0,32 | 0,26 | 0,45 | 0,16 |
| 14. | 12,7 | 11,2 | 1,5 | 10,5 | 2,2 |
| | 12,8 | 11,3 | 1,5 | 10,4 | 2,4 |
| | 14,1 | 12,2 | 1,9 | 11,7 | 2,4 |
| | 13,3 | 11,9 | 1,4 | 11,8 | 1,5 |
| | 13,1 | 11,6 | 1,5 | 11,2 | 1,9 |
| KESKIARVO | 13,20 | 11,64 | 1,56 | 11,12 | 2,08 |
| KESKIHAJONTA | 0,56 | 0,42 | 0,19 | 0,65 | 0,38 |
| 15. | 8,9 | 8,4 | 0,5 | 9,7 | -0,8 |
| | 8,9 | 8,6 | 0,3 | 9,4 | -0,5 |
| | 8,9 | 8,6 | 0,3 | 9,5 | -0,6 |
| | 9,0 | 8,9 | 0,1 | 9,4 | -0,4 |
| | 9,0 | 8,5 | 0,5 | 9,4 | -0,4 |
| KESKIARVO | 8,94 | 8,60 | 0,34 | 9,48 | -0,54 |
| KESKIHAJONTA | 0,05 | 0,19 | 0,17 | 0,13 | 0,17 |
| 16 | 12,7 | 11,4 | 1,3 | 11,1 | 1,6 |
| | 12,6 | 11,8 | 0,8 | 11,4 | 1,2 |
| | 13,0 | 11,3 | 1,7 | 11,8 | 1,2 |
| | 12,5 | 11,8 | 0,7 | 11,7 | 0,8 |
| | 13,0 | 12,1 | 0,9 | 11,3 | 1,7 |
| KESKIARVO | 12,76 | 11,68 | 1,08 | 11,46 | 1,30 |
| KESKIHAJONTA | 0,23 | 0,33 | 0,41 | 0,29 | 0,36 |

| KAIKKI TULOKSET | SISÄLÄMPÖTILA °C | PINTALÄMPÖTILA °C | EROTUS °C | SÄTEILYLÄMPÖ- TILA °C | EROTUS °C |
|---------------------|---------------------|----------------------|--------------|--------------------------|--------------|
| KESKIARVO | 9,81 | 9,67 | 0,14 | 9,71 | 0,10 |
| KESKIHAJONTA | 1,84 | 1,24 | 0,81 | 1,15 | 0,84 |

LIITE 3: Mittaustulokset sousvide: mittauskohdan vaikutus mittaus-tulokseen

| SISÄLÄMPÖTILA (°C) | | | | | | | | | |
|---------------------------|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| | MITTAUSKOHTA | | | | | | | | |
| TUOTE | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | KA | KH | MIN | MAX |
| 1 | 10,0 | 10,1 | 10,5 | 10,5 | 11,2 | 10,46 | 0,47 | 10,0 | 11,2 |
| 2 | 9,8 | 9,9 | 9,8 | 9,5 | 9,5 | 9,70 | 0,19 | 9,5 | 9,9 |
| 3 | 8,1 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 8,02 | 0,04 | 8,0 | 8,1 |
| 4 | 8,8 | 8,8 | 8,8 | 8,7 | 8,8 | 8,78 | 0,04 | 8,7 | 8,8 |
| 5 | 7,4 | 8,7 | 7,3 | 6,4 | 6,4 | 7,24 | 0,94 | 6,4 | 8,7 |
| 6 | 6,9 | 6,9 | 7,9 | 7,0 | 7,1 | 7,16 | 0,42 | 6,9 | 7,9 |
| 7 | 8,7 | 8,7 | 8,7 | 8,7 | 8,7 | 8,70 | 0,00 | 8,7 | 8,7 |
| 8 | 10,1 | 10,1 | 9,9 | 10,1 | 10,0 | 10,04 | 0,09 | 9,9 | 10,1 |
| 9 | 10,3 | 9,8 | 10,9 | 10,3 | 10,1 | 10,28 | 0,40 | 9,8 | 10,9 |
| 10 | 11,1 | 11,0 | 11,5 | 10,9 | 10,8 | 11,06 | 0,27 | 10,8 | 11,5 |
| 11 | 8,0 | 8,0 | 8,5 | 8,2 | 8,1 | 8,16 | 0,21 | 8,0 | 8,5 |
| 12 | 10,6 | 8,1 | 12,3 | 10,4 | 10,3 | 10,34 | 1,49 | 8,1 | 12,3 |
| 13 | 12,2 | 12,4 | 12,8 | 11,4 | 11,6 | 12,08 | 0,58 | 11,4 | 12,8 |
| 14 | 12,7 | 12,8 | 14,1 | 13,3 | 13,1 | 13,20 | 0,56 | 12,7 | 14,1 |
| 15 | 8,9 | 8,9 | 8,9 | 9,0 | 9,0 | 8,94 | 0,05 | 8,9 | 9,0 |
| 16 | 12,7 | 12,6 | 13,0 | 12,5 | 13,0 | 12,76 | 0,23 | 12,5 | 13,0 |
| KA | 9,77 | 9,68 | 10,18 | 9,68 | 9,73 | | | | |
| KH | 1,80 | 1,77 | 2,07 | 1,87 | 1,92 | | | | |
| MIN | 6,9 | 6,9 | 7,3 | 6,4 | 6,4 | | | | |
| MAX | 12,7 | 12,8 | 14,1 | 13,3 | 13,1 | | | | |

| PINTALÄMPÖTILA (°C) | | | | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|--|
| | MITTAUSKOHTA | | | | | | | | | |
| TUOTE | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | KA | KH | MIN | MAX | |
| 1 | 10,3 | 10,4 | 10,6 | 10,6 | 11,1 | 10,60 | 0,31 | 10,3 | 11,1 | |
| 2 | 10,0 | 10,0 | 10,2 | 9,8 | 9,8 | 9,96 | 0,17 | 9,8 | 10,2 | |
| 3 | 7,8 | 7,7 | 7,9 | 7,6 | 7,5 | 7,70 | 0,16 | 7,5 | 7,9 | |
| 4 | 8,8 | 8,8 | 8,8 | 8,7 | 8,8 | 8,78 | 0,04 | 8,7 | 8,8 | |
| 5 | 8,1 | 9,0 | 7,9 | 7,5 | 7,6 | 8,02 | 0,60 | 7,5 | 9,0 | |
| 6 | 8,3 | 8,0 | 9,1 | 8,0 | 8,0 | 8,28 | 0,48 | 8,0 | 9,1 | |
| 7 | 8,8 | 8,7 | 8,8 | 8,7 | 8,6 | 8,72 | 0,08 | 8,6 | 8,8 | |
| 8 | 10,1 | 10,2 | 9,9 | 10,1 | 10,2 | 10,10 | 0,12 | 9,9 | 10,2 | |
| 9 | 10,4 | 10,3 | 10,7 | 10,5 | 10,3 | 10,44 | 0,17 | 10,3 | 10,7 | |
| 10 | 10,9 | 10,6 | 11,2 | 10,5 | 10,5 | 10,74 | 0,30 | 10,5 | 11,2 | |
| 11 | 9,0 | 8,8 | 9,1 | 8,8 | 8,8 | 8,90 | 0,14 | 8,8 | 9,1 | |
| 12 | 10,1 | 9,5 | 10,6 | 10,4 | 10,1 | 10,14 | 0,42 | 9,5 | 10,6 | |
| 13 | 10,5 | 10,6 | 10,8 | 10,0 | 10,2 | 10,42 | 0,32 | 10,0 | 10,8 | |
| 14 | 11,2 | 11,3 | 12,2 | 11,9 | 11,6 | 11,64 | 0,42 | 11,2 | 12,2 | |
| 15 | 8,4 | 8,6 | 8,6 | 8,9 | 8,5 | 8,60 | 0,19 | 8,4 | 8,9 | |
| 16 | 11,4 | 11,8 | 11,3 | 11,8 | 12,1 | 11,68 | 0,33 | 11,3 | 12,1 | |
| KA | 9,63 | 9,64 | 9,86 | 9,61 | 9,61 | | | | | |
| KH | 1,16 | 1,18 | 1,29 | 1,36 | 1,40 | | | | | |
| MIN | 7,8 | 7,7 | 7,9 | 7,5 | 7,5 | | | | | |
| MAX | 11,4 | 11,8 | 12,2 | 11,9 | 12,1 | | | | | |

| SÄTEILYLÄMPÖTILA (°C) | | | | | | | | | |
|------------------------------|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| | MITTAUSKOHTA | | | | | | | | |
| TUOTE | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | KA | KH | MIN | MAX |
| 1 | 10,4 | 10,3 | 10,8 | 10,5 | 10,2 | 10,44 | 0,23 | 10,2 | 10,8 |
| 2 | 10,2 | 9,8 | 10,1 | 9,8 | 9,8 | 9,94 | 0,19 | 9,8 | 10,2 |
| 3 | 8,8 | 8,5 | 8,5 | 8,2 | 8,2 | 8,44 | 0,25 | 8,2 | 8,8 |
| 4 | 9,3 | 9,3 | 9,3 | 9,1 | 9,0 | 9,20 | 0,14 | 9,0 | 9,3 |
| 5 | 8,4 | 8,7 | 7,6 | 7,2 | 7,4 | 7,86 | 0,65 | 7,2 | 8,7 |
| 6 | 7,7 | 7,8 | 8,6 | 8,7 | 7,8 | 8,12 | 0,49 | 7,7 | 8,7 |
| 7 | 9,0 | 9,3 | 9,0 | 9,2 | 8,8 | 9,06 | 0,19 | 8,8 | 9,3 |
| 8 | 10,2 | 10,2 | 10,1 | 10,1 | 10,1 | 10,14 | 0,05 | 10,1 | 10,2 |
| 9 | 10,1 | 9,9 | 10,9 | 9,9 | 10,2 | 10,20 | 0,41 | 9,9 | 10,9 |
| 10 | 10,5 | 10,1 | 10,7 | 10,3 | 10,2 | 10,36 | 0,24 | 10,1 | 10,7 |
| 11 | 9,1 | 8,9 | 9,0 | 8,5 | 8,6 | 8,82 | 0,26 | 8,5 | 9,1 |
| 12 | 9,7 | 8,6 | 11,2 | 9,0 | 9,1 | 9,52 | 1,02 | 8,6 | 11,2 |
| 13 | 11,4 | 11,5 | 12,0 | 10,8 | 11,1 | 11,36 | 0,45 | 10,8 | 12,0 |
| 14 | 10,5 | 10,4 | 11,7 | 11,8 | 11,2 | 11,12 | 0,65 | 10,4 | 11,8 |
| 15 | 9,7 | 9,4 | 9,5 | 9,4 | 9,4 | 9,48 | 0,13 | 9,4 | 9,7 |
| 16 | 11,1 | 11,4 | 11,8 | 11,7 | 11,3 | 11,46 | 0,29 | 11,1 | 11,8 |
| KA | 9,76 | 9,63 | 10,05 | 9,64 | 9,53 | | | | |
| KH | 0,99 | 1,02 | 1,32 | 1,24 | 1,19 | | | | |
| MIN | 7,7 | 7,8 | 7,6 | 7,2 | 7,4 | | | | |
| MAX | 11,4 | 11,5 | 12,0 | 11,8 | 11,3 | | | | |

LIITE 4: Mittaustulokset jauhelihalajitelmat: mittauskohdan vaikutus mittaustulokseen

| LÄMPÖTILA (°C) | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| LAJITELMA | MITTAUSKOHTA | | | | | | KA | KH | MIN | MAX |
| | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | | | | |
| 1 | 2,0 | 0,2 | 1,2 | 1,5 | 0,6 | 2,0 | 1,25 | 0,74 | 0,2 | 2,0 |
| 2 | 1,8 | 1,9 | 2,1 | 2,0 | 2,0 | 1,9 | 1,95 | 0,10 | 1,8 | 2,1 |
| 3 | 1,5 | -1,3 | 1,6 | 1,7 | 0,0 | 0,4 | 0,65 | 1,18 | -1,3 | 1,7 |
| 4 | 1,3 | 1,9 | 2,4 | 2,3 | 1,6 | 2,3 | 1,97 | 0,45 | 1,3 | 2,4 |
| 5 | 1,7 | 0,2 | 1,1 | 1,1 | -0,5 | 0,9 | 0,75 | 0,78 | -0,5 | 1,7 |
| 6 | 2,6 | 2,7 | 3,2 | 2,7 | 3,1 | 3,1 | 2,90 | 0,26 | 2,6 | 3,2 |
| 7 | 3,3 | 3,8 | 3,3 | 3,4 | 3,7 | 3,4 | 3,48 | 0,21 | 3,3 | 3,8 |
| 8 | 3,3 | 3,6 | 3,4 | 3,4 | 2,4 | 2,8 | 3,15 | 0,45 | 2,4 | 3,6 |
| 9 | 2,7 | 1,8 | 3,2 | 1,4 | 0,9 | -0,4 | 1,60 | 1,29 | -0,4 | 3,2 |
| 10 | 3,6 | 4,2 | 3,1 | 4,3 | 2,1 | 3,1 | 3,40 | 0,82 | 2,1 | 4,3 |
| 11 | 2,7 | 2,9 | 2,4 | 3,0 | 2,4 | 2,8 | 2,70 | 0,25 | 2,4 | 3,0 |
| 12 | 3,8 | 2,2 | 4,0 | 3,7 | 2,6 | 3,3 | 3,27 | 0,72 | 2,2 | 4,0 |
| 13 | 5,6 | 3,9 | 4,5 | 2,8 | 2,7 | 0,0 | 3,25 | 1,93 | 0,0 | 5,6 |
| 14 | 3,2 | 3,2 | 3,3 | 3,6 | 0,4 | 2,9 | 2,77 | 1,18 | 0,4 | 3,6 |
| 15 | 4,2 | 3,1 | 3,2 | 4,3 | 3,5 | 1,7 | 3,33 | 0,94 | 1,7 | 4,3 |
| 16 | 4,7 | 4,8 | 5,0 | 5,6 | 5,8 | 5,8 | 5,28 | 0,51 | 4,7 | 5,8 |
| 17 | 4,3 | 4,7 | 4,8 | 6,0 | 5,1 | 5,8 | 5,12 | 0,66 | 4,3 | 6,0 |
| 18 | 5,0 | 5,6 | 4,0 | 5,0 | 5,8 | 4,1 | 4,92 | 0,74 | 4,0 | 5,8 |
| 19 | 4,3 | 5,6 | 4,9 | 4,8 | 4,4 | 4,7 | 4,78 | 0,46 | 4,3 | 5,6 |
| 20 | 5,0 | 4,0 | 3,7 | 4,9 | 3,0 | 3,2 | 3,97 | 0,84 | 3,0 | 5,0 |
| 21 | 3,4 | 3,9 | 4,3 | 2,9 | 4,4 | 4,7 | 3,93 | 0,68 | 2,9 | 4,7 |
| 22 | 4,6 | 5,4 | 4,3 | 5,3 | 6,0 | 5,5 | 5,18 | 0,62 | 4,3 | 6,0 |
| 23 | 2,3 | 2,3 | 2,1 | 2,6 | 2,1 | 3,5 | 2,48 | 0,53 | 2,1 | 3,5 |
| 24 | 2,0 | 2,5 | 2,2 | 2,0 | 2,3 | 2,2 | 2,20 | 0,19 | 2,0 | 2,5 |
| 25 | 2,3 | 2,4 | 2,6 | 3,3 | 3,3 | 3,2 | 2,85 | 0,47 | 2,3 | 3,3 |
| 26 | 3,8 | 4,0 | 3,5 | 4,1 | 3,1 | 3,9 | 3,73 | 0,37 | 3,1 | 4,1 |
| KA | 3,27 | 3,06 | 3,21 | 3,37 | 2,80 | 2,95 | | | | |
| KH | 1,19 | 1,66 | 1,08 | 1,34 | 1,72 | 1,61 | | | | |
| MIN | 1,30 | -1,30 | 1,10 | 1,10 | -0,50 | -0,40 | | | | |
| MAX | 5,6 | 5,6 | 5,0 | 6,0 | 6,0 | 5,8 | | | | |

| KAIKKI LAJITELMAT | LÄMPÖTILA (°C) |
|--------------------------|-----------------------|
| KA | 3,11 |
| KH | 1,47 |