



Henna Halme

Paistolämpötilan vaikutus hampurilaissämpylän väriin

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Bio- ja kemiantekniikka

Insinöörityö

8.5.2022

Tiivistelmä

Tekijä:	Henna Halme
Otsikko:	Paistolämpötilan vaikutus hampurilaissämpylän väriin
Sivumäärä:	31 sivua
Aika:	8.5.2022
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Bio- ja kemiantekniikka
Ammatillinen pääaine:	Bio- ja elintarviketekniikka
Ohjaajat:	Lehtori Pia-Tuulia Laine (Metropolia) Laatupäällikkö Katarina Harjunpää (Lantmännen Unibake Finland)

Hampurilaisen yksi tärkeimmistä osista on hampurilaissämpylä. Hampurilaissämpylä on perinteisesti muodoltaan pyöreä, väriltään kullanuskea ja seesaminsiemennillä viimeistely. Tämän työn tavoitteena oli selvittää, voidaanko uunin eri vyöhykkeiden lämpötilaa muuttamalla vaikuttaa hampurilaissämpylän väriin. Työssä tutkittiin Lantmännen Unibaken Petikon leipomom hampurilaissämpylöitä.

Näytteitä mitattiin kahtena päivänä leipomolla käsikäyttöisellä värimittarilla sekä hampurilaissämpylöiden valmistuslinjan online-mittauskamerajärjestelmällä. Ensimmäisenä mittauspäivänä näytteet ajettiin reseptin mukaisilla lämpötila-arvoilla. Tutkittavana oli kiiltopinnoitteinen hampurilaissämpylä, johon oli ripoteltu päälle seesaminsiemeniä. Hampurilaissämpylöistä mitattiin peltiriveittäin (viisi sämpylää/rivi) L^* -arvoa, joka kertoo värin tummuuden asteikolla 0–100 (tumma–vaalea). Värimittauksen tuloksina saatiin L^* -arvojen keskiarvot peltien riveistä. Yhteensä L^* -arvoja saatiin 288 kappaletta, 144 kruunuista eli hampurilaissämpylän kansista ja 144 pohjista. Mittauksista saadut arvot vietiin Exceliin ja niistä tehtiin kuvaajat, regressioanalyysi sekä varianssianalyysi. Käsimittausten perusteella saatuja tuloksia verrattiin online-mittausjärjestelmän antamiin arvoihin koeajon aikana. Online-mittauskamerajärjestelmä mittasi tuhansia näytteitä koeajon aikana.

Ensimmäisenä mittauspäivänä hampurilaissämpylöiden pohjien väri oli tummanpuoleinen (L^* -arvo= 50,3–53,1), joten lämpötilaa laskettiin seuraavan päivän koeajoissa uunin vyöhykkeillä 5 ja 6. Vyöhykkeellä 5 säädettiin pohjan paistoväriä ja vyöhykkeellä 6 kruunun. Lämpötilan laskeminen sai aikaan odotetun reaktion, ja hampurilaissämpylän väri vaaleni (L^* -arvo pohjissa= 52,7–57,2). Online-mittauskamerajärjestelmän tuloksissa havaittiin osittain ristiriitaa käsimittausten kanssa.

Värimittauksen tuloksista saatiin tietää lämpötilan laskemisen vaikuttavan hampurilaissämpylän tummuuteen. Kun lämpötilaa laskettiin, sekä hampurilaissämpylöiden kruunun että pohjan paistoväri vaaleni. Jatkossa voisi tarkastella edelleen uunin lämpötilan ja L^* -arvon muutoksen yhteyttä, sekä online-mittauskamerajärjestelmän toimintaan vaikuttavia seikkoja.

Avainsanat: paistoväri, hampurilaissämpylä, Maillard-reaktio

Abstract

Author: Henna Halme
Title: Effect of Frying Temperature on the Color of a Burger Bun
Number of Pages: 31 pages
Date: 8 May 2022

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Bio and chemical technology
Professional Major: Bio and food technology
Supervisors: Pia-Tuulia Laine, Senior Lecturer (Metropolia University of Applied Sciences) Katarina Harjunpää, Quality Manager (Lantmännen Unibake Finland)

One of the most important parts of a burger is the burger bun. The burger bun is traditionally round in shape, golden brown in color and finished with sesame seeds. The aim of this work was to find whether the color of the burger bun could be affected by changing the temperature of the different zones of the oven. In this thesis the burger buns of the Lantmännen Unibake Petikko bakery were studied.

Samples were measured for two days at the bakery with a hand-held colorimeter and an online measurement camera system. On the first day of measurement the samples were run at the temperature values according to the recipe.

A glaze coated burger bun sprinkled with sesamin seeds was examined. For burger buns, an L^* value was measured per sheet row (five buns / row), which indicates the color darkness on a scale from 0 to 100 (dark to light). As a result of the color measurements, the averages of the L^* values were obtained from the rows of sheets. A total of 288 L^* values were obtained from 144 crowns (top of the bun) and from 144 bottoms. The values obtained from the measurements were exported to Excel and plotted, regression analysis and analysis of variance were performed. The results obtained from the manual measurements were compared with the values given by the online measurement system during the test run. The online measurement camera system measured thousands of samples during the test run.

On the first day of measurement, the color of the bases of the burger buns was dark-brown (L^* value = 50.3–53.1) so the temperature was lowered during the following day's test runs in zones 5 and 6 of the oven. Lowering the temperature produced the expected reaction, and the color of the burger bun became lighter (L^* value at the bottom = 52.7–57.2). The results of the online measurement camera system were found to be partially inconsistent with the manual measurements.

The results of the color measurements revealed that the lowering of the temperature affected the darkness of the burger bun. As the temperature was lowered, the frying color of both the crown and the bottom of the burger buns lightened. In the future, the relationship between the oven temperature and the change in the L^* value could be further examined, as well as the factors affecting the operation of the online measuring camera system.

Keywords: crust color, burger bun, Maillard reaction

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Hampurilaissämpylöiden väri ja siihen vaikuttavat tekijät	2
2.1	Maillard-reaktio	2
2.2	Karamellisoituminen	3
2.3	Hampurilaissämpylöiden raaka-aineiden vaikutus paistoväriin	3
3	Esimerkkejä elintarvikkeiden värinmittausmenetelmistä	7
3.1	CIELab-värinmittausjärjestelmä	7
3.2	Spektrofotometri	7
3.3	Online-mittaus	8
3.4	Paistoväriin mittaaminen aistinvaraisesti	9
4	Materiaalit ja menetelmät	10
4.1	Esikokeet PCE-CSM 1 -värimittarilla	10
4.2	Hampurilaissämpylä	10
4.3	Koeajot hampurilaissämpylöiden valmistuslinjalla	11
4.4	Värimittaukset	11
4.4.1	Vision Sightline	11
4.4.2	Konica Minolta CR-10 Plus -värimittari	12
4.5	Tulosten käsittely	14
5	Tulokset ja niiden tarkastelu	16
5.1	Värimittausten tulokset ensimmäisessä koeajossa	16
5.1.1	Kruunujen väri	16
5.1.2	Pohjien väri	18
5.2	Värimittausten tulokset toisessa koeajossa	20
5.2.1	Kruunujen väri lämpötilan laskemisen jälkeen	20
5.2.2	Pohjien väri lämpötilan laskemisen jälkeen	22
5.3	Regressioanalyysin tulokset lämpötilan ja L*-arvon yhteydestä	24
5.3.1	Regressioanalyysin tulokset kruunuista	24
5.3.2	Regressioanalyysin tulokset pohjista	25

6 Yhteenveto

27

Lähteet

30

Lyhenteet

LRL: *Lower Reject Limit.* Alempi hylkäysraja.

LSL: *Lower Specification Limit.* Alempi spesifikaatoraja.

URL: *Upper Reject Limit.* Ylempi hylkäysraja.

USL: *Upper Specification Limit.* Ylempi spesifikaatoraja.

1 Johdanto

Hampurilaissämpylä on perinteisesti muodoltaan pyöreä ja väriltään kullanruskea. Sämpylän pinnan väri muodostuu paiston aikana erilaisten reaktioiden vaikutuksesta. Ruskettumisreaktio voi olla Maillard-reaktion tai karamellisoitumisen aikaansaamaa. Reaktioita voidaan nopeuttaa tai hidastaa muuttamalla paistoprosessin olosuhteita. [1, s. 172.]

Elintarvikkeiden ulkonäkö, etenkin tuotteiden väri on ensimmäinen mittari, jolla kuluttajat arvioivat tuotetta. Ruuan hyväksyminen ennen sen nauttimista on tärkeää, sillä ulkonäön herättämät ennakkoluulot voivat saada kuluttajan aistimaan tuotteen huonommaksi kuin se todellisuudessa onkaan tai jättämään sen kokonaan syömättä. [2, s. 50.]

Työssä tutkittiin Oy Lantmännen Unibake Ab Finlandin Petikon leipomossa valmistettavia hampurilaissämpylöitä. Petikon leipomo (entinen Baco Oy) on valmistunut vuonna 1998 ja vuonna 2008 se tuli osaksi Lantmännen Unibakea. Petikon leipomo on erikoistunut fast food -tuotteisiin. Sämpylöitä leivotaan leipomossa jopa 30 000 kappaletta tunnissa, toimipisteellä on leivottu jo yhteensä yli kolme miljardia fast food -sämpylää. [3.]

Työn tavoitteena oli selvittää, voidaanko paistolämpötilaa muuttamalla vähentää paistoväriin vaihtelua hampurilaissämpylöiden valmistusprosessin aikana. Hampurilaissämpylöiden paistoväriin vaihtelu näkyy usein liian tummana paistoväriä tuotteen kruunussa, eli kannessa sekä pohjassa. Väriin vaihtelu lisää hävikkiä ja asiakaspalautteiden määrää.

2 Hampurilaissämpylöiden väri ja siihen vaikuttavat tekijät

2.1 Maillard-reaktio

Maillard-reaktio-nimitystä käytetään kuumennuksen aikana tapahtuvasta kemiallisesta reaktiosta, jossa tuotteeseen syntyy väriä ja makua. Maillard-reaktio on saanut nimensä kemisti Louis-Camille Maillardin mukaan, joka otti selvää 1910-luvulla siitä, mistä ruskistuminen johtuu. [1, s. 172–173.]

Paistettavan tuotteen pinnassa olevat aminoyhdisteet ja pelkistävät sokerit reagoivat lämmön vaikutuksesta niin, että syntyy ruskeita väriaineita, joiden värisävyt voivat vaihdella keltaisesta punaisen kautta lähes mustaan [4, s. 28]. Reaktiossa syntyy myös makua tuovia yhdisteitä. Pelkistäviä sokereita reaktiossa voivat olla esimerkiksi maltoosi, fruktoosi, glukoosi sekä laktoosi ja aminoyhdisteitä aminohapot, peptidit sekä proteiinit [1, s. 172].

Tuotteen makuun vaikuttavat tuotteessa käytetyt raaka-aineet, mutta monet niistäkin tuottavat makua vasta paiston aikana, kun ne muokkautuvat kuumennuksessa ja Maillard-reaktion aikana. Maillard-reaktion tyypillisiä reaktiotuotteita ovat melanoidiinit. Ne ovat suurimolekyylisiä, rakenteeltaan heterogeenisiä ja väriltään ruskeita polymeerejä. Kun lämpötila kohoaa tarpeeksi korkeaksi, reaktiotuotteena voi muodostua myös akryyliamidia, joka on haitallinen yhdiste. [1, s. 172–173.]

Maillard-reaktio voimistuu, kun lämpötila paistossa nousee yli 140 °C:seen. Reaktio tapahtuu nopeammin korkeassa lämpötilassa, mutta reaktiota voi tapahtua myös matalammissa lämpötiloissa, joskin paljon hitaammin. Reaktioon sopivia lähtöaineita on enemmän täysjyväjauhoissa, kuin valkoisessa jauhossa. Myös pH ja vedenaktiivisuus vaikuttavat siihen, kuinka vahvasti reaktio tapahtuu. Jos tuotteella on matala vedenaktiivisuus, kosteuden lisääminen voi edistää ruskettumisreaktiota [5, s.124]. Nostamalla pH:ta saadaan tuotteesta vähemmän hapan ja Maillard-reaktio nopeutuu. Esimerkiksi ruokasoodaa käyttämällä saadaan aikaiseksi tällainen reaktio [6, s. 91–92].

2.2 Karamellisoituminen

Karamellisoituminen on ei-entsyymaattinen reaktio kuten Maillard-reaktiokin. Reaktiossa hiilihydraatit reagoivat lämpötilan noustessa tarpeeksi korkeaksi. Väritömien sokerien reagoiessa lämmön nousun johdosta syntyy ruskeita ja kellertäviä yhdisteitä. Reaktio tuottaa värin lisäksi makua, joka on karamellinen tai joissain tapauksissa jopa karvas. [1, s. 173.]

Karamellisoitumiseen vaadittava lämpötila vaihtelee paljon sokerityypistä riippuen. Esimerkiksi fruktoosi reagoi jo 150 °C:ssa, kun taas maltoosi vaatii korkeampaa lämpötilaa se karamellisoituu vasta 180 °C:ssa. Karamellisoitumista voi tapahtua vain kuivissa olosuhteissa. Tämä johtuu siitä, että kosteissa olosuhteissa on läsnä vettä, jonka kiehumispiste on 100 °C. Se ei ole tarpeeksi korkea lämpötila karamellisoitumiselle. [7.] Leipätuotteita paistaessa kuoren lämpötila nousee noin 140 °C:seen, eli paiston aikana ei tapahdu kovin voimakasta karamellisoitumisreaktiota matalan lämpötilan vuoksi [1, s.173].

2.3 Hampurilaissämpylöiden raaka-aineiden vaikutus paistoväriin

Hampurilaissämpylöiden pinta on perinteisesti kullanruskea ja seesaminsiemeniä ripotellen koristeltu. Sämpylöiden tavallisimpia raaka-aineita ovat vesi, vehnäjauho, sokeri, kasviöljy, hiiva ja suola. Lisäksi teollisessa leivonnassa taikinoissa käytetään usein säilöntäaineita ja jauhonparanteita, joilla saadaan vaikuttua positiivisesti tuotteen rakenteeseen ja säilyvyyteen.

Hampurilaissämpylän pinnan muodostumiseen oleellisesti vaikuttavat taikinassa käytetyt raaka-aineet ja se, voidellaanko pintaa ennen tuotteen paistoa. Pinnan voitelulla voidaan vaikuttaa väriin sekä pinnan kiiltävyyteen. Yleensä hampurilaissämpylöiden kannen voiteluun käytetään kiiltopinnoitetta, jota kutsutaan myös nimellä glaze. Se on kasvispinnoite, joka sisältää kasviproteiinia ja sokeria. Se antaa tuotteelle kiiltävän pinnan ja vaikuttaa positiivisesti paistoväriin vahvistamalla ruskettumisreaktioita. Hampurilaissämpylän pinnan voitelu tapahtuu yleensä nostatuksen jälkeen, jolloin sämpylät siirtyvät sumuttimen läpi.

Hampurilaissämpylän pinta alkaa muodostua heti paiston alussa. Vesi alkaa haihtua taikinapalojen pinnalta, eli pinta kuivuu. Leivän pinnan kosteudella ja vedenaktiivisuudella on suuri vaikutus ruskettumisreaktioiden, kuten Maillardin reaktion ja karamellisoitumisen alkamiseen. Vähimmäisvaatimuksina värin muodostumisen alkamiselle on yli 120 °C lämpötila ja alle 0,6:n vedenaktiivisuus. Vuonna 2007 julkaistussa leivän ruskistumista käsittelevässä tutkimuksessa Purlis ja Salvadori totesivat kuoren värin muodostumisen ja kosteushäviön välillä esiintyvään vahvaa korrelaatiota. [8.]

Taulukossa 1 on esitelty kolmen eri markkinoilta löytyvän hampurilaissämpylän raaka-aineet. Vertailtavana on Fazerin Street Food Briossi -sämpylä, Vaasan Street Food Tupla- ja Street Food Craft Burger Rye -sämpylät. Taulukosta näkee kaikista kolmesta tuotteesta löytyvän samat perusraaka-aineet. Perusraaka-aineiden lisäksi Vaasan Street Food Craft Burger Rye -sämpylässä ja Fazerin hampurilaissämpylässä on lukumäärällisesti enemmän proteiinin lähteitä kuin Vaasan Tupla hampurilaissämpylässä. Näitä ovat esimerkiksi kananmuna, maitoproteiini, voi, lisätty vehnägluteeni, hiiva ja eri kasviproteiinit.

Taulukko 1 Kolmen eri markkinoilla olevan hampurilaissämpylän raaka-aineet [9; 10; 11.]

Fazer Street Food Briossi hampurilaissämpylä	Vaasan Street Food Hampurilaissämpylä Tupla	Vaasan Street Food Craft Burger Rye
Vehnäjauho, kananmuna, voi, vesi, sokeri, hiiva, maitoproteiini, jodioitu merisuola, säilöntäaine E282.	Vehnäjauho, vesi, sokeri, hiiva, rypsiöljy, seesaminsien, jodioitu suola, emulgointiaine E472e, säilöntäaine E282, jauhonparanne E300.	Vehnäjauho, vesi, ruisjauho, sokeri, kasviöljy (rypsi, auringonkukka), vehnägluuteeni, hiiva, unikonsien, jodioitu suola, ruismallasjauho, kasviproteiinit (herne, peruna, papu), rypälesokeri, emulgointiaine E472e, vehnätaikinajuuuri, jauhonparanne E300, maltodekstriini, maissitärkkelys.

Hampurilaissämpylän kuoren värin muodostumiseen vaikuttavia raaka-aineita näissä kolmessa tuotteessa on eri proteiinien lähteet, kuten kananmuna ja maitoproteiini, sokerit, kuten rypälesokeri ja jauhot. Ruisjauho edesauttaa tuotteen paistovärin muodostumista paremmin, kuin valkoiset jauhot, kuten vehnäjauho. Tämä johtuu siitä, että ruisjauhoissa ja yleensä täysjyväjauhoissa on enemmän ruskettumisreaktion tarvittavia vapaita aminohappoja ja proteiineja [12].

Tuotteiden ravintoarvoissa proteiinien ja sokerien suhteen ei ole kovin suuria eroja. Taulukossa 2 näkyy näiden kolmen tuotteen ravintoarvot proteiinien, hiilihydraattien ja sokerien osalta. Taulukkoon on merkitty Fazerin Street Food Briossi -sämpylä nimellä Fazer, Vaasan Street Food Tupla -sämpylä nimellä

Vaasan Tupla ja Vaasan Street Food Craft Burger Rye -sämpylä nimellä Vaasan Rye.

Taulukko 2. Eri hampurilaissämpylöiden ravintoarvot hiilihydraattien, sokerien ja proteiinien osalta [9; 10; 11].

	Fazer	Vaasan Tupla	Vaasan Rye
Hiilihydraatit g/100g	47	49	44
Sokeri g/100g	5,3	6,5	7
Proteiini g/100g	12	9,3	10

3 Esimerkkejä elintarvikkeiden värinmittausmenetelmistä

3.1 CIELab-värinmittausjärjestelmä

CIELab on värien mittaamiseen tarkoitettu malli, joka on luotu vuonna 1976. Tätä mallia pidetään tarkimpana värimallina ja sen toimintaperiaate onkin hyvin lähellä sitä, miten ihmisen silmät havaitsevat värit. Järjestelmä mittaa väriä tumma-vaalea-, puna-viher- (+/- a) sekä kelta-sini-asteikolla (+/- b). [13; 14.]

CIELab -mittausjärjestelmä toimivilla värimittareilla mitataan elintarvikkeiden pinnalta väriä. Laite antaa värin koordinaatteina. L*-arvo kertoo näytteen arvon tumma-vaalea-asteikolla, a-arvo värin vihreä-punainen-asteikolla ja b-arvo sininen-keltainen-asteikolla. L*-arvo ilmoitetaan asteikolla 0–100, jossa 0 on täysin musta ja 100 taas puolestaan valkoinen. [15.] L*-arvolla elintarviketeollisuudessa on mitattu esimerkiksi kahvipapujen tummuutta. Kahvipapuu on tummaa paahtoastetta, jos L*-arvo on alle 15 [16].

L a b -värinmittausjärjestelmällä saatujen arvojen avulla voidaan laskea ΔE -arvo, joka kertoo näytteiden välisen värieron tarkemmin, kuin pelkät koordinaatit. Jos ΔE -arvo on yli 2, värieroa on selkeästi havaittavissa. Alla esiteltynä kaava, jolla ΔE -arvon pystyy laskemaan. [15.]

$$\Delta E = \sqrt{(L_2 - L_1)^2 + (a_2 - a_1)^2 + (b_2 - b_1)^2}$$

3.2 Spektrofotometri

Spektrofotometri mittaa sähkömagneettista energiaa tietyillä valon aallonpituuksilla. Laitteen toiminta perustuu energian ja valon ominaisuuksien tunnistamiseen, sekä värien määrän mittaamiseen valonsäteessä. Spektrofotometri koostuu kahdesta pääkomponentista, joita ovat fotometri sekä spektrometri. [17.]

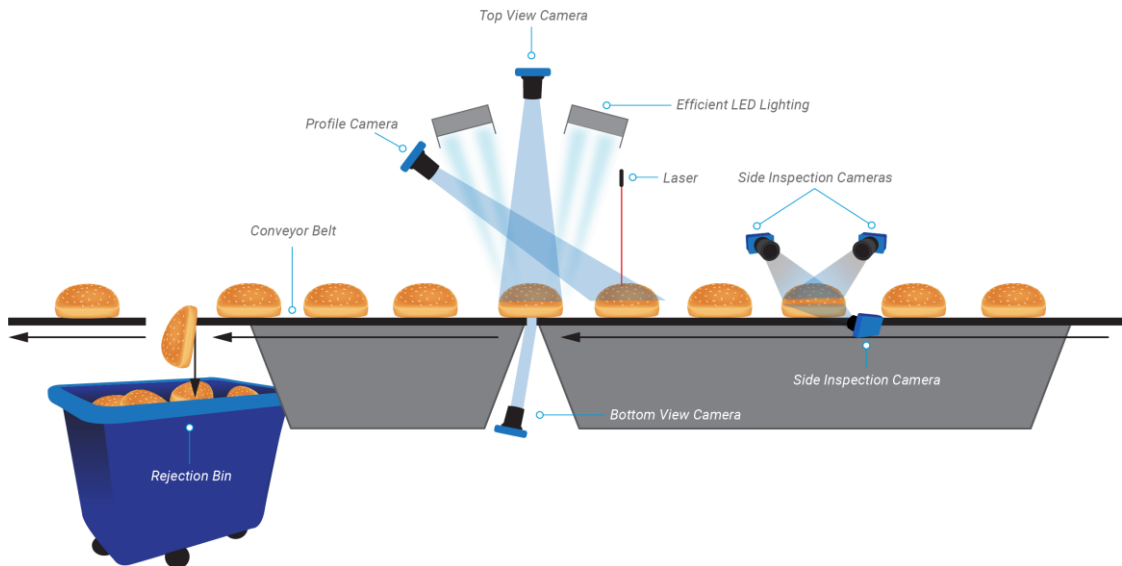
Spektrometri lähettää linssin avulla suoran valonsäteen kohti prismaa, joka jakaa säteen yksittäisiin aallonpituuksiin. Tämä jälkeen laite suodattaa vain määrättyt aallonpituudet ja lähettää ne eteenpäin fotometrille. Fotometri havaitsee absorboituneiden fotonien eli valohiukkasten määrän. Mitä enemmän fotoneita on, sitä korkeampi on valon intensiteetti eli säteilevän energian määrä. [17.]

Alun perin spektrofotometri on kehitetty pelkästään nesteiden tutkimista varten, mutta nykyään sillä voidaan tutkia myös kiinteitä aineita sekä kaasuja. Spektrofotometrin käyttö elintarviketeollisuudessa on lisääntynyt, sillä laaduntarkkailu tällä menetelmällä on nopeaa ja tarkkaa. [18.]

3.3 Online-mittaus

Online-mittausjärjestelmät toimivat valmistuslinjoilla konenäköinä laadunvalvonnan tukena. Tällaisissa laitteissa hyödynnetään kameroita ja lasereita, jotka mittaavat linjastolla kulkevista tuotteista erilaisia ulkoisia ominaisuuksia, kuten värejä, korkeutta ja muotoa [19].

Laitteeseen syötetään eri ominaisuuksille raja-arvot, joihin järjestelmä vertaa linjalla kulkevia tuotteita. Jos tuote ei vastaa laitteeseen syötettyjä arvoja värin, muodon tai korkeuden suhteen, laite hylkää sen ja siirtää viallisen tuotteen sivuun linjalta, jotta se ei päädy pakattavaksi asti. Järjestelmä tekee raportin mitaustuloksista, ja siitä voi tarkastella kuinka paljon laatu on vaihdellut valmistetun erän sisällä. Kuvassa 1 näkyy esimerkkinä online-mittauskamerajärjestelmä Vision Sightlinen toimintaperiaate.



Kuva 1. Vision Sightline -laitteen toimintaperiaate [19].

3.4 Paistovärin mittaaminen aistinvaraisesti

Aistittavalla värillä on kolme eri ulottuvuutta: värisävy, jota yleensä kutsutaan vain väriksi, valonsäteiden voimakkuuden perusteella määräytyvä kirkkaus sekä värisävyn puhtaus eli kyllästymisaste. Se, miten väriä aistitaan, riippuu ihmisen silmän herkkyydestä sekä valaistuksen tasosta ja tyypistä. [20.]

Elintarvikkeen väriä arvioitaessa aistinvaraisesti tuotteen väri ohjaa arvioijan maku- ja hajuhavaintoja. Eri värit tuovat arvioijalle mielleyhtymiä, esimerkiksi punainen väri voi johdatella maistamaan tai haistamaan tuotteesta mansikan tai vadelman aromia. Punainen väri voi myös vaikeuttaa havaitsemasta tuotteessa esimerkiksi sitruunan tai appelsiinin aromeja [20].

Tuotteiden aistittavia laadullisia ominaisuuksia voidaan arvioida laboratoriomittauksilla, jotka toteuttaa koulutettu raati, tai mieltymysmittauksilla, jotka toteutetaan kuluttajatutkimuksena. Ihmisten arviointiin vaikuttavat yksilölliset psykologiset ja fysiologiset tekijät. Näiden tekijöiden vaikutusta arviointiin voidaan vähentää kouluttamalla arvioijat. [21, s. 55]

4 Materiaalit ja menetelmät

4.1 Esikokeet PCE-CSM 1 -värimittarilla

Ennen varsinaisia mittauksia Petikon leipomolla värin mittaamista harjoiteltiin Metropolia ammattikorkeakoulun tiloissa Myyrmäessä. Harjoitusmittauksiin käytettiin Petikon leipomolta noudettuja hampurilaissämpylöitä. Mittauksiin käytetty laite oli toimintaperiaatteeltaan samankaltainen kuin varsinaisissa mittauksissa käytetty laite, mutta eri valmistajalta. Laitteena käytettiin PCE-CSM 1 -laitetta (PCE Instruments, Saksa).

Harjoitusmittauksissa mitatut hampurilaissämpylät eivät olleet täysin samaa tuotetta kuin varsinaisissa mittauksissa tutkitut hampurilaissämpylät. Molemmissa mittauksissa tutkittiin glaze-pinnoitteisia hampurilaissämpylöitä, joten samankaltaisista tuotteista oli kyse. Harjoitusmittauksissa L^* -arvoa mitattiin yhteensä 28 hampurilaissämpylästä. Näytteet mitattiin samalla tavalla kuin Petikon leipomolla varsinaisissa mittauksissa.

Harjoitusmittauksissa saadut tulokset hampurilaissämpylöiden L^* -arvojen suhteen olivat vaihtelevia. Alin mitattu neljän hampurilaissämpylän L^* -arvon keskiarvo oli kruunuissa (hampurilaissämpylän kansiosa) 47,1 ja korkein 56,9. Pohjissa vastaavat arvot olivat 41,1 ja 50,9. Hampurilaissämpylöiden värin ei odotettu vaihtelevan niin paljon kuin mittaustulokset antoivat olettaa.

4.2 Hampurilaissämpylä

Työssä tarkasteltavaksi valittiin hampurilaissämpylä, jossa on kiiltopinnoite. Tarkasteluun valittiin tämä hampurilaissämpylä, koska sen paistossa ilmenee helposti väri vaihtelua. Kiiltopinnoitteisten tuotteiden kysynnän uskotaan kasvavan tulevaisuudessa, joten tämäntyyppiset tuotteet ovat myynnillisestikin tärkeitä.

Väri vaihtelua hampurilaissämpylän pinnalla ja pohjassa on havaittu eniten tuotevaihtojen aikana, koska eri tuotelaadut ajetaan linjalla lyhyillä siirtymillä. Koska tuotteet tulevat niin lyhyellä aikavälillä uuniin, uunin paistoarvoja on

vaihdettava jo ennen kuin edellinen tuote on kokonaan pois uunista. Tällöin uunin lämmön tasaantumiselle ei jää aikaa. Tuotteiden väri saattaa edellä mainituissa tapauksissa olla liian tumma.

4.3 Koeajot hampurilaissämpylöiden valmistuslinjalla

Koeajot tehtiin Petikon leipomossa kahtena peräkkäisenä päivänä helmi–maaliskuussa (28.2.2022 ja 1.3.2022). Ensimmäisenä päivänä tuotetta ajettiin tunnin ajan ja värimittauksia otettiin yhteensä yhdeksästä pellistä, eli 270 hampurilaissämpylästä. Jokaisella pellillä oli 30 hampurilaissämpylää. Toisena päivänä ajo oli kahden tunnin mittainen, joten myös näytteitä otettiin enemmän. Toisena mitauspäivänä väriä mitattiin viidestätoista pellistä eli 450 hampurilaissämpylästä.

Tarkoituksena oli ensimmäisenä päivänä ajaa näytteet niillä arvoilla, joita tuotteen valmistuksessa on käytetty normaalisti. Saatujen tulosten perusteella päätettiin, kuinka paiston lämpöarvoja muutettiin seuraavan päivän koeajoja varten. Lopulta päädyttiin pudottamaan lämpötilaa seuraavana päivänä uunin vyöhykkeillä 5 ja 6, joilla on tarkoitus säädellä pohjan ja kruunun väriä. Lämpötilaa laskettiin laskemaan ensin 5 °C molemmissa vyöhykkeissä heti ajon alussa. Toisen mittauksen jälkeen vyöhykkeen 5 lämpötilaa laskettiin vielä 10 °C kesken koeajon, koska pohjan väri oli edelleen silmin nähden tummahko verrattuna kruunun paistoväriin.

4.4 Värimittaukset

4.4.1 Vision Sightline

Petikon leipomolla online-mittausjärjestelmä Vision Sightline mittaa tuotteiden väriä hampurilaissämpylöistä sen jälkeen, kun ne ovat tulleet jäähdytysspiraalista. Väriä mitatessa laite mittaa sämpylän kruunusta ja pohjasta L*-arvon, joka kuvaa hampurilaissämpylän tummuutta. Järjestelmässä on paineilmalla toimiva viallisten tuotteiden poistaja, joka työntää pois ne tuotteet, joiden väri ei vastaa laitteeseen syötettyä L*-arvoa. Visionilla saatuja tuloksia verrattiin

käsi­käyttöi­sellä värimit­tarilla saatiin tuloksiin ja tarkasteltiin, tukevatko käsin mitatessa saadut arvot Visionin antamia arvoja.

4.4.2 Konica Minolta CR-10 Plus -värimit­tari

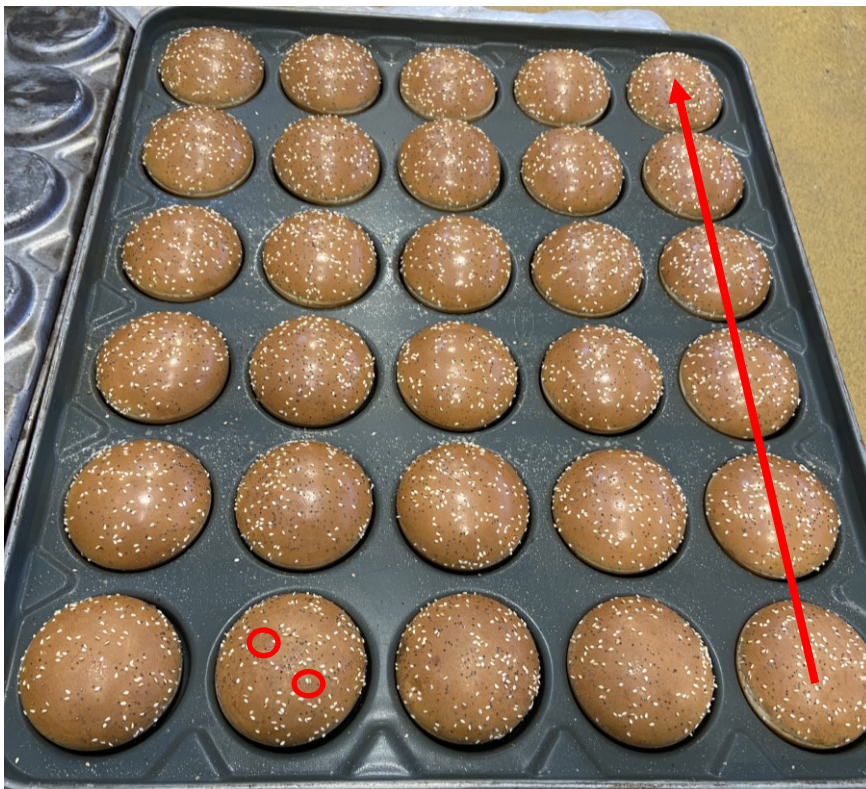
Sämpylänäytteiden kruunu- ja pohjaväri­in mitattiin käsi­käyttöi­sellä Konica Minolta CR-10 Plus -värimit­tarilla. Värimit­tarilla mitattiin tuotteen pinnan L*-arvo, eli kuinka tumma tuote on asteikolla 0–100 (musta 0 ja valkoinen 100). Värimit­tari on nähtävissä kuvassa 2.



Kuva 2. Konica Minolta -värimit­tari, jolla mitattiin hampurilaissämpylöiden väriä.

Jokaisesta näytesämpylästä mitattiin kaksi mittausta kruunun eri kohdista ja kaksi mittausta pohjan eri kohdista (kuva 3). Väriä mitattiin ajon alusta, keskeltä ja lopusta, jokaisesta vaiheesta kolme peltiä. Toisena mittauspäivänä näytteitä mitattiin noin 30 minuutin välein ajon aikana. Pellillä olevia sämpylöitä haluttiin

mitata niin, että saadaan keskiarvot pellin jokaisesta kuudesta rivistä, joissa on viisi sämpylää (kuva 3). Molempina mittauspäivinä näytteiden väri mitattiin heti tuotteiden tultua uunista.



Kuva 3. Hampurilaissämpyläpelti. Punainen nuoli osoittaa rivit, jokaisella rivillä on viisi sämpylää, joiden värituloksista laite antoi keskiarvot. Punaiset ympyrät kuvaavat kohtia, joista väriä mitattiin.

Mitatessa pyrittiin välttämään hampurilaissämpylöihin paiston aikana muodostuneita "laikkuja" (kuva 4), eli vaaleisiin täpliin, joita esiintyi etenkin hampurilais-sämpylöiden pohjassa. Sämpylöiden pohjassa oli jonkin verran vaihtelua värin tasaisuudessa. Epätasaisuus värissä ei ole uunin arvoja säätämällä korjattavissa, vaan siihen vaikuttaa paistopeltien erot sekä taikinapalojen pellittämiseen liittyvät prosessin vaiheet.



Kuva 4. Hampurilaissämpylöiden pohjaväriin vaihtelevuutta eri pelleillä, vasemmalla pelti, jossa vaihtelua on paljon, oikealla taas pelti, jossa väri on tasaisempaa. Nuolella merkitty ”laikkua”.

4.5 Tulosten käsittely

Värimittausten tuloksina saatiin L^* -arvojen keskiarvot peltien riveistä. Yhteensä L^* -arvoja saatiin 288 kappaletta, 144 kruunuista ja 144 pohjista. Mittauksista saadut arvot vietiin Excelliin ja niistä tehtiin kuvaajat, regressioanalyysi sekä varianssianalyysi. Konica Minolta suorittajien käsimittausten perusteella saatuja tuloksia verrattiin online-mittausjärjestelmä Visionin Sightlinen antamiin arvoihin koeajon aikana.

Saaduille L^* -arvoilla tehtiin regressioanalyysi käyttäen apuna maakaasu-uunin lämpötiloja. Regressioanalyysillä haluttiin selvittää, onko L^* -arvojen ja uunin lämpötilamuutosten välillä yhteyttä ja tarkastella, millainen mahdollinen yhteys näiden kahden muuttujan välillä on. Selitettäväksi muuttujaksi (regressand) regressioanalyysiin valittiin L^* -arvot ja selittäväksi muuttujaksi (regressor) uunin lämpötila-arvot. [22, s. 261.]

Regressioanalyysistä tehtiin kaksi. Toinen regressioanalyysistä kuvaa peltirivien L^* -arvojen keskiarvojen ja uunin lämpötilan yhteyttä kruunuissa ja toinen

vastaavaa yhteyttä pohjissa. Datana käytettiin molempien mittauspäivien tuloksia samassa, koska regressioanalyysi on sitä tarkempi, mitä enemmän siihen saadaan dataa tarkasteltavaksi.

Regressioanalyysin tuloksista tarkastellaan korrelaatiokerrointa, p -arvoa ja kertoimia. Korrelaatiokertoimella tarkastellaan muuttujien välistä yhteyttä ja sen voimakkuutta. Korrelaatiokertoimen tulisi olla lähellä lukua 1 tai -1. Jos saatu tulos on lähellä näitä arvoja, muuttujilla on vahva yhteys. Jos luku taas on nolla, tai ainakin likimäärin nolla, muuttujat ovat toisistaan riippumattomia. [22, s. 233–234].

Varianssianalyysillä haluttiin selvittää, eroavatko Minoltalla mitatut peltien L^* -arvojen keskiarvot tilastollisesti merkitsevästi toisistaan. Varianssianalyysijä tehtiin neljä, kruunujen arvoille omat ensimmäisestä ja toisesta koeajosta, sekä pohjien arvoille samalla tavalla molempien päivien koeajoista.

5 Tulokset ja niiden tarkastelu

5.1 Värimittausten tulokset ensimmäisessä koeajossa

Hampurilaissämpylöiden kruunuista ja pohjista mitattiin L^* -arvoa, joka kertoo tuotteen värin tummuuden. Tässä pääluvussa käsitellään kruunujen ja pohjien L^* -arvojen tuloksia molempien mittauspäivien osalta.

Tuotteelle on asetettu seuraavat spesifikaatorajat L^* -arvon suhteen:

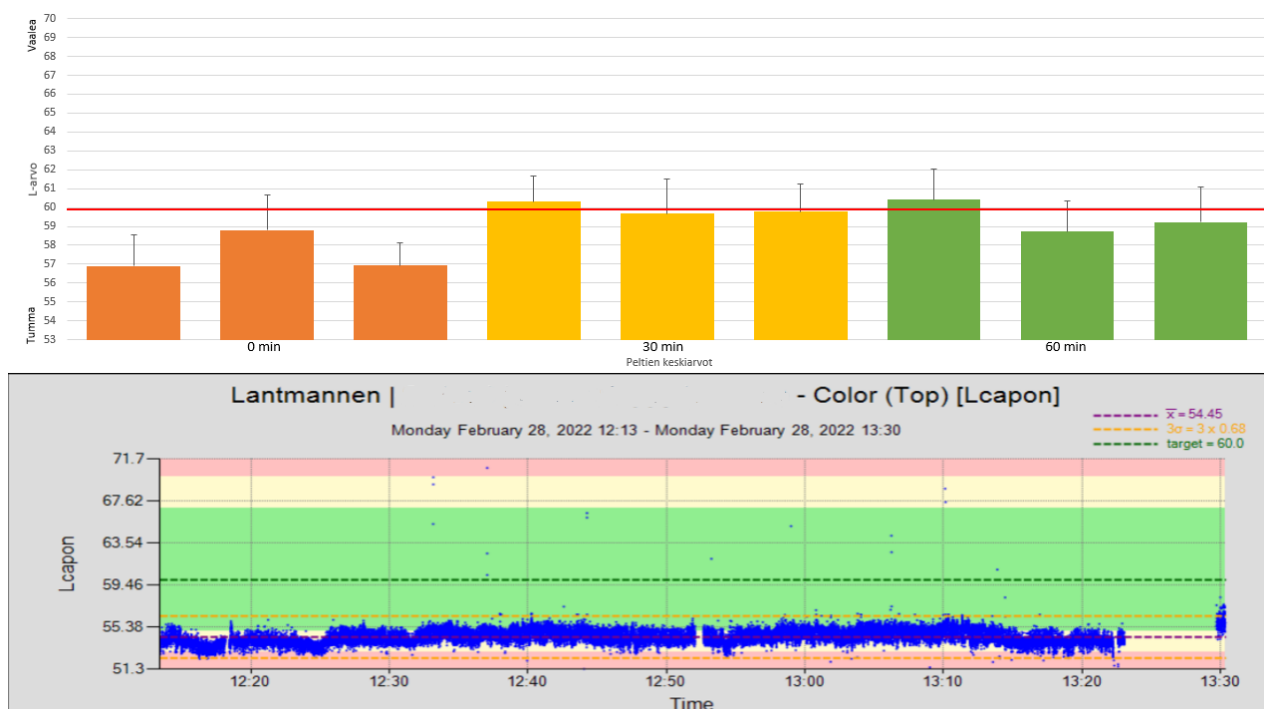
- LSL (Lower Specification Limit) eli alempi spesifikaatoraja on 55.
- USL (Upper Specification Limit) eli ylempi spesifikaatoraja on 67.
- LRL (Lower Reject Limit) eli alempi hylkäysraja on 53.
- URL (Upper Reject Limit) eli ylempi hylkäysraja on 70.

5.1.1 Kruunujen väri

Käsin Minoltalla mitattujen tulosten ja Visionin antaminen tulosten välillä oli jonkin verran eroja. Minoltalla mitattujen hampurilaissämpylöiden kruunuissa L^* -arvojen keskiarvot pelleittäin olivat 56,9–60,4.

Koeajojen alussa sekä lopussa mitattujen L^* -arvojen tulokset olivat matalampia kuin ajon keskivaiheilla mitatut tulokset. Hampurilaissämpylöiden kruunut ovat siis olleet L^* -arvojen perusteella tummempia ajon alussa sekä lopussa. Keski-vaiheilla ajoa saadut tulokset ovat aivan tavoitellun L^* -arvon (60) tuntumassa kruunujen osalta. Tällaisia tuloksia osattiin odottaa, sillä värienvaihtelussa on ollut havaittavissa samankaltaista trendiä aiemmin.

Online-mittauskamerajärjestelmä Visionin raporttien mukaan kruunujen väri oli tummempi kuin käsimitaukset antavat olettaa. Keskiarvoksi hampurilaissämpylöiden L^* -arvolle ajon aikana Vision antoi 54,45, joka on lähempänä alempaa hylkäysrajaa (53), kuin tavoitearvoa (60). Ensimmäisen päivän Minoltalla ja Visionilla tehtyjen mittausten tulokset hampurilaissämpylöiden kruunujen osalta näkyvät kuvassa 5.



Kuva 5. Värimittausten tulokset hampurilaissämpylöiden kruunuista. Ylempänä Minoltalla mitattujen tulosten data ja alempana Visionin data. Punainen viiva ylemmässä kuvaajassa kertoo tavoitearvon. Alemman kuvaajan vihreä katkoviiva kertoo tavoitearvon ja violetti katkoviiva keskiarvon.

Visionin ja Minoltan antamien arvojen poikkeavuus toisistaan voi johtua laitteilla mitattujen näytteiden määrien suuresta erosta. Vision mittasi koeajon aikana kymmeniä tuhansia hampurilaissämpylöitä ja Minoltalla mitattiin satoja. Vision antaa siis tuloksen paljon suuremmasta määrästä näytteitä, kuin käsimitaukset. Ei myöskään voida olla aivan varmoja, mittaavatko laitteet L^* -arvoa täysin samalla tavalla, vaikka periaate kummassakin on sama. Jatkossa tätä asiaa olisi hyvä selvittää tarkemmin.

Varianssianalyysin tuloksista (kuva 6) nähtiin P -arvon olevan alle merkitsevyystason 0,05, mikä kertoi peltien L^* -arvojen keskiarvojen välillä olleen merkitsevää eroa.

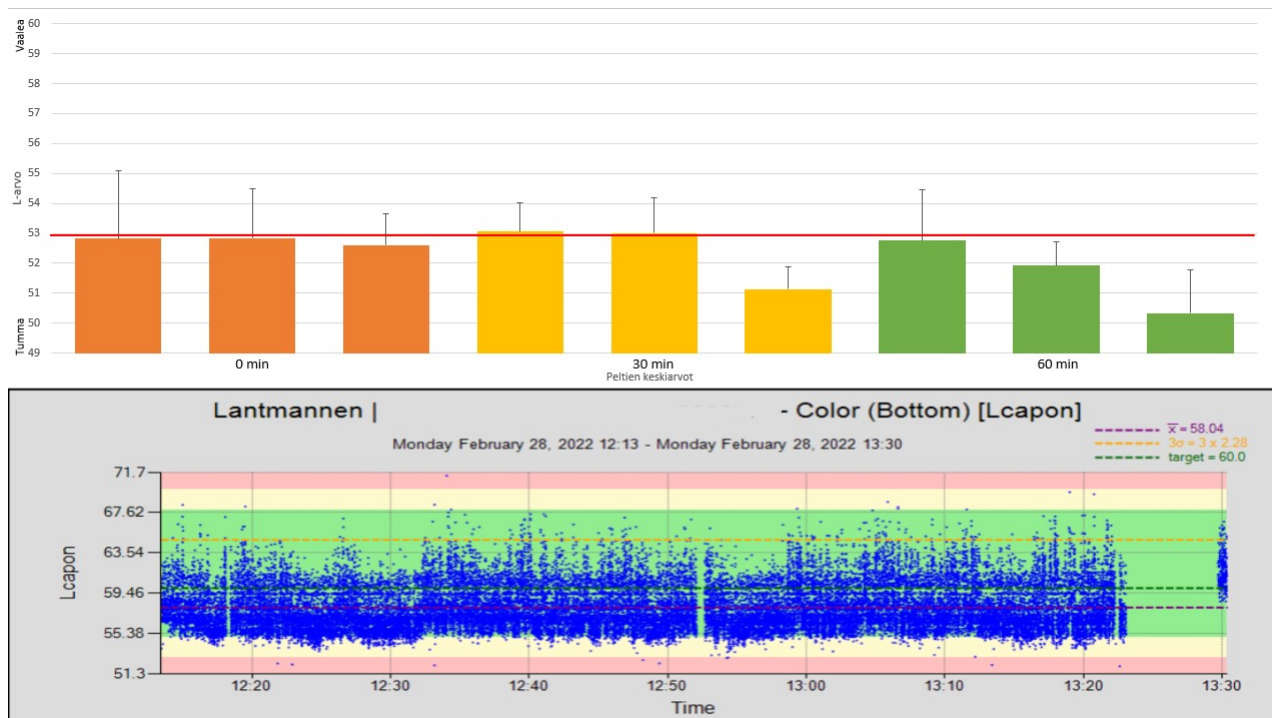
ANOVA						
<i>Vaihtelun lähde</i>	<i>NS</i>	<i>va</i>	<i>KN</i>	<i>F</i>	<i>P-arvo</i>	<i>F-kriittinen</i>
Luokkien välissä	81,79037037	8	10,2237963	3,829668424	0,001660077	2,152132879
Ryhmissä	120,1333333	45	2,66962963			
Yhteensä	201,9237037	53				

Kuva 6. Yksisuuntaisen varianssianalyysin tulokset ensimmäisestä koeajosta kruunujen osalta (n=9).

5.1.2 Pohjien väri

Pohjien väri oli ensimmäisenä mittauspäivänä silmin nähden tummempi kuin kruunujen väri. Minoltalla mitatut L*-arvot tukivat näköhavaintoja, sillä mitatut L*-arvot olivat matalia verrattuna kruunusta mitattuihin arvoihin. L*-arvo pohjassa vaihteli arvojen 50,3 ja 53,1 välillä. Saadut arvot olivat lähes kokonaan spesifikaatorajojen ulkopuolella. Vaikka sämpylät olivat tummanpuoleisia, ne olivat käyttökelpoisia. Ei ollut havaittavissa palaneeseen viittaavaa hajua tai makua. Oli yllättävää, että pohjat olivat niin tummia, sillä ennen koeajoja kuviteltiin väri-ongelmaa olevan enemmän kruunujen kohdalla.

Visioniin tallentunut data ei tukenut Minoltalla saatuja tuloksia, sillä Visionin tulosten mukaan pohjat olisivat olleet väriltään lähempänä tavoiteltua kuin kruunut. Keskiarvoksi pohjien L*-arvolle Vision antoi 58,4. Laitteen piirtämän kuvaa-
jan perusteella vaihtelua L*-arvoissa oli paljon enemmän kuin kruunujen kohdalla. Kuvassa 7 näkyy pohjien värimittausten tuloksia ensimmäiseltä päivältä.



Kuva 7. Värimittausten tulokset hampurilaissämpylöiden pohjista ensimmäiseltä mittauspäivältä. Ylempänä Minoltalla mitattujen tulosten data ja alempana Visionin data. Ylemmässä kuvaajassa punainen viiva kertoo alemman hylkäysrajan. Alemman kuvaajan vihreä katkoviiva kertoo tavoitearvon ja violetti katkoviiva keskiarvon.

Varianssianalyysin tulos pohjille ensimmäisestä koeajosta (kuva 8.) kertoi, ettei peltien keskiarvojen välillä ollut merkitsevää eroa. P -arvo oli 0,469, joka on yli merkitsevyytason 0,05. Tulos oli yllättävä, sillä kruunujen vastaavassa analyysissä havaittiin merkitsevää eroa peltien välillä.

ANOVA						
Vaihtelun lähde	NS	va	KN	F	P-arvo	F-kriittinen
Luokkien välissä	44,27481481	8	5,534351852	0,97273396	0,469240913	2,152132879
Ryhmissä	256,0266667	45	5,689481481			
Yhteensä	300,3014815	53				

Kuva 8. Yksisuuntaisen varianssianalyysin tulokset ensimmäisestä koeajosta pohjien osalta (n=9)

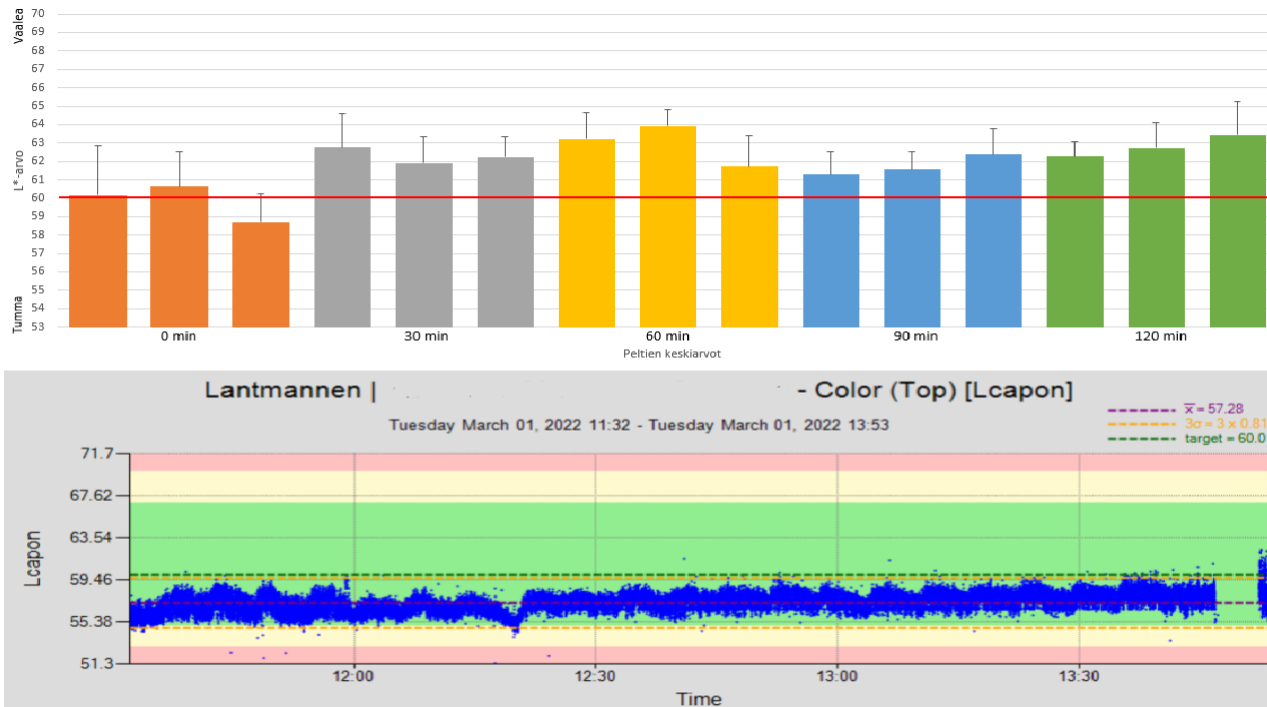
5.2 Värimittausten tulokset toisessa koeajossa

5.2.1 Kruunujen väri lämpötilan laskemisen jälkeen

Toisena mittauspäivänä maakaasu-uunin lämpötiloja pudotettiin uunin vyöhykkeillä viisi ja kuusi. Kruunujen väri vaaleni, ja käsimittausten tulosten perusteella L^* -arvo nousi hieman yli tavoitearvon (60), mutta pysyi silti spesifikaatorajojen sisäpuolella. L^* -arvot mittausten perusteella vaihtelivat arvojen 58,7 ja 63,9 välillä (kuva 9). Paistoväriin vaaleneminen lämpötilan laskemisen myötä oli toivottua ja odotettavaa, sillä ruskettumisreaktioita ei tapahdu niin voimakkaasti matalammissa lämpötiloissa [3. s.172–172.]

Minoltalla mitattujen kruunujen L^* -arvon vaihtelussa on nähtävillä toisena mittauspäivänä samankaltaista käyttäytymistä kuin ensimmäisenä mittauspäivänä. Alussa ja lopussa sämpylät olivat väriltään tummempia kuin ajon keskivaiheilla. Tämä johtuu siitä, että uunin ollessa tyhjempi (ajon alussa ja lopussa) sen lämpötila alkaa nousta. Lämpötila uunissa ajon keskivaiheilla on matalampi, koska uuni on täynnä hampurilaissämpylöitä.

Visionin dataa tarkastellessa näkee, että edelliseen päivään verrattuna sämpylät olivat vaaleampia. L^* -arvot nousivat tasaisesti koko koeajon ajan (kuva 9). Ensimmäisenä päivänä laite antoi L^* -arvojen keskiarvoksi 54,45 ja toisena mittauspäivänä 57,28.



Kuva 9. Värimittausten tulokset hampurilaissämpylöiden kruunuista. Ylempänä Minoltalla mitattujen tulosten data ja alempana Visionin data. Ylemmän kuvaajan punainen viiva kertoo tavoitearvon. Alemman kuvaajan vihreä katkoviiva kertoo tavoitearvon ja violetti katkoviiva keskiarvon.

Toisessa koeajossa lämpötilaa uunissa laskettiin ja värinäytteitä otettiin enemmän. Varianssianalyysi antoi P -arvoksi 0,0000064 (kuva 10), joka on erittäin matala. Tämä osoitti, että peltien keskiarvojen välillä oli tilastollisesti merkitsevää eroa. Tulos oli odotettavissa, sillä toisen koeajon aikana uunin lämpötiloja laskettiin kesken ajon. Uunin lämpötilan laskeminen vaikutti hampurilaissämpylöihin vaalentamalla väriä eli nostamalla L^* -arvoa. Tällöin oli luonnollista, että varianssianalyysi tulkitsi peltien keskiarvojen välillä olevan tilastollisesti merkitsevää eroa.

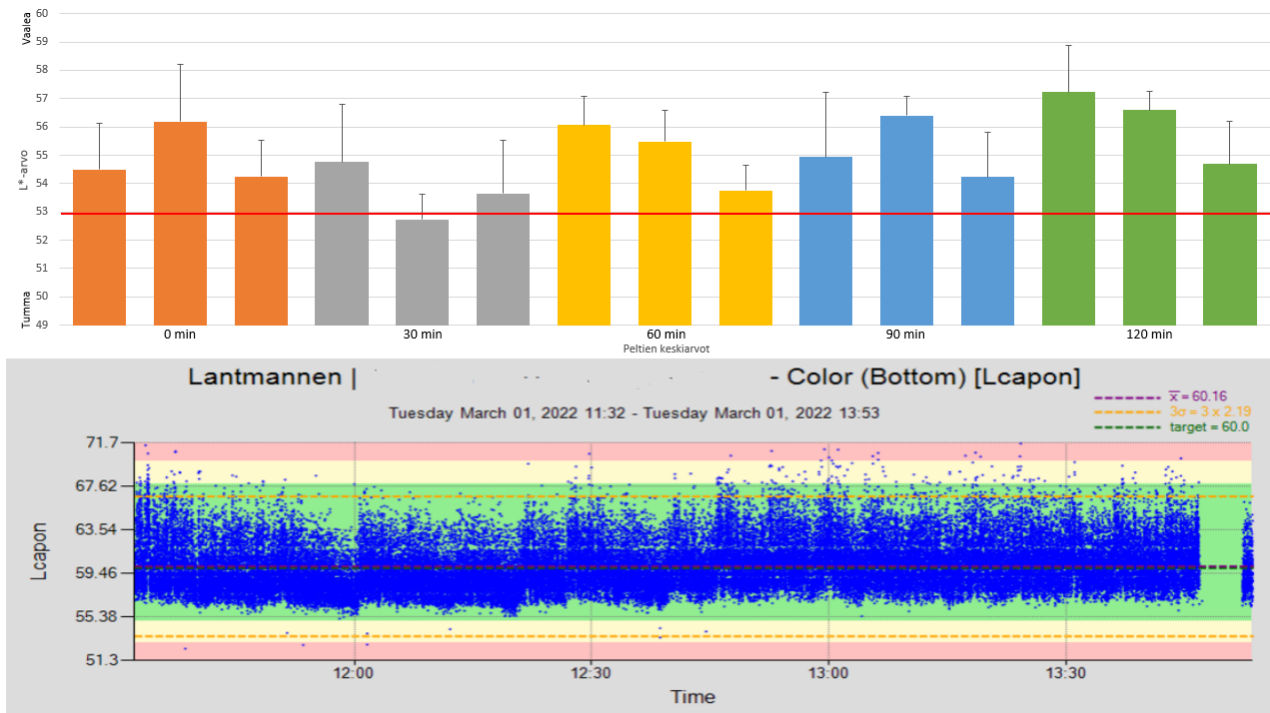
ANOVA						
<i>Vaihtelun lähde</i>	<i>NS</i>	<i>va</i>	<i>KN</i>	<i>F</i>	<i>P-arvo</i>	<i>F-kriittinen</i>
Luokkien välissä	152,0382222	14	10,85987302	4,586955939	6,46791E-06	1,825908246
Ryhmissä	177,5666667	75	2,367555556			
Yhteensä	329,6048889	89				

Kuva 10. Yksisuuntaisen varianssianalyysin tulokset toisen päivän koeajosta kruunujen osalta (n=15).

5.2.2 Pohjien väri lämpötilan laskemisen jälkeen

Käsimittausten perusteella lämpötilan laskeminen tuotti tulosta pohjien värin suhteen ja sämpylöiden pohjien väri vaaleni. Pohjien L*-arvo toisena mittauspäivänä saatiin nousemaan spesifikaatorajojen sisäpuolelle (yli 53). L*-arvojen keskiarvot Minoltalla mitattujen tulosten kohdalla vaihtelivat 52,7–57,2 välillä (kuva 11). Kuvaajissa ei näiden mittausten osalta ollut nähtävissä niin selkeää väri vaihtelua ajon alun, keskiosan ja lopun suhteen. Luultavasti tämä johtuu siitä, että lämpötilaa laskettiin kesken koeajon (n. 60 min kohdalla) vielä 10 °C vyöhykkeellä viisi. Siksi kuvaajissa ei näy värin tummentumista ajon lopussa niin kuin aiemmin, vaan väri vaalenee loppua kohti. Tämä oli odotettavaa, kun tiedetään, että mitä matalampi lämpö, sitä heikompi ruskettumisreaktio [5, s. 124].

Visionin datassa on nähtävillä samanlaista hajontaa pohjien L*-arvoissa kuin ensimmäisenä mittauspäivänä. Kuvaajan mukaan L*-arvot nousivat verrattuna ensimmäisen päivän tuloksiin ja saatujen arvojen keskiarvoksi koko ajon pohjien L*-arvoista laite antoi 60,16. Keskiarvoltaan ajon tulos näyttää hyvältä, mutta kuvaajasta näkee (kuva 11), että hajontaa hampurilaissämpylöiden pohjien värin välillä on ollut paljon.



Kuva 11. Värimittausten tulokset hampurilaissämpylöiden pohjista. Ylempänä Minoltaa mitattujen tulosten data ja alempana Visionin data. Ylemmässä kuvaajassa punainen viiva kertoo alemman hylkäysrajan. Alemman kuvaajan vihreä katkoviiva kertoo tavoitearvon ja violetti katkoviiva keskiarvon.

Varianssianalyysin antoi P -arvoksi 0,0000166, joka on alle merkitsevyytason 0,05, eli peltien keskiarvojen välillä oli tilastollisesti merkitsevää eroa (kuva 12). Oli odotettavissa, että toisen koeajon varianssianalyseissä näkyy eroja peltien keskiarvojen välillä, sillä lämpötiloja laskettiin kesken koeajon. Pohjien matala P -arvo saattoi johtua siitä, että uunin lämpötilaa laskettiin kesken koeajon 10 °C uunin vyöhykkeellä 5, mikä vaikuttaa pohjan väriin.

ANOVA						
Vaihtelun lähde	NS	va	KN	F	P-arvo	F-kriittinen
Luokkien välissä	134,0828889	14	9,577349206	4,287085589	1,6567E-05	1,825908246
Ryhmissä	167,55	75	2,234			
Yhteensä	301,6328889	89				

Kuva 12. Yksisuuntaisen varianssianalyysin tulokset toisen päivän koeajoista pohjien osalta (n=15).

5.3 Regressioanalyysin tulokset lämpötilan ja L*-arvon yhteydestä

5.3.1 Regressioanalyysin tulokset kruunuista

Regressioanalyysistä nähdään P-arvon olevan yli merkitsevyytason 0,05, eli tulos ei ole tilastollisesti merkitsevä (kuva 13). Myös kertoimet näyttävät $\sim 0,02$, joka tarkoittaa sitä, että uunin lämpötilan noustessa myös L*-arvo nousee. Tämä ei kuitenkaan voi pitää paikkaansa, sillä uunin lämpötilan noustessa L*-arvon tulisi laskea, koska mitä tummempi tuote on, sitä pienempi on L*-arvo [15].

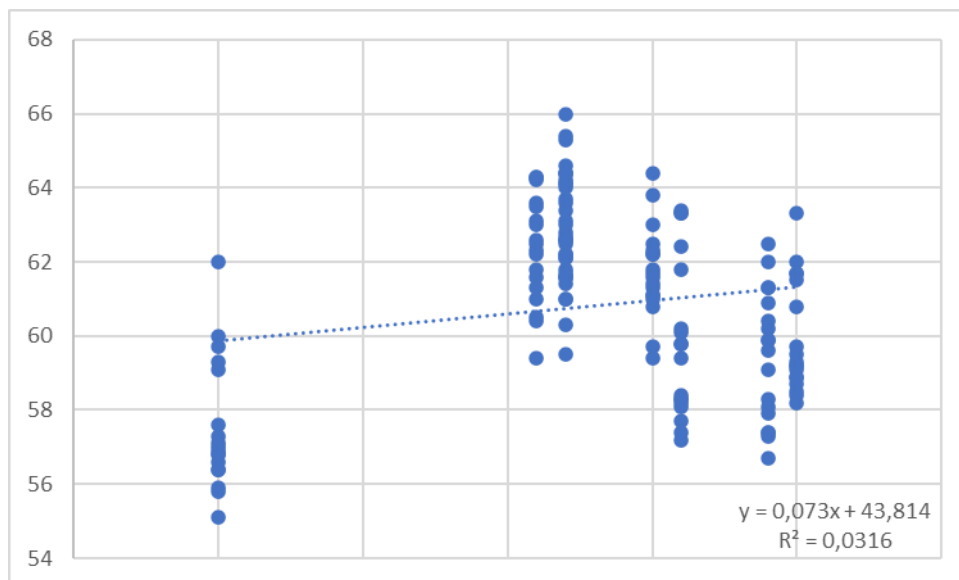
YHTEENVETO TULOSTUS		Regressioanalyysi kruunuista molemmilta päiviltä						
<i>Regressiotunnusluvut</i>								
Kerroin R	0,078885484							
Korrelaatiokerroin	0,00622292							
Tarkistettu korrelaatiokerroin	-0,000775511							
Keskivirhe	2,404596741							
Havainnot	144							
ANOVA								
	<i>va</i>	<i>NS</i>	<i>KN</i>	<i>F</i>	<i>F:n tarkkuus</i>			
Regressio	1	5,14136064	5,14136064	0,889187932	0,347299028			
Jäännös	142	821,0561394	5,782085488					
Yhteensä	143	826,1975						
	<i>Kertoimet</i>	<i>Keskivirhe</i>	<i>t Tunnusluvut</i>	<i>P-arvo</i>	<i>Alin 95%</i>	<i>Ylin 95%</i>	<i>Alin 95,0%</i>	<i>Ylin 95,0%</i>
Leikkauspiste	56,36826742	4,726115062	11,92697738	3,73103E-23	47,02563121	65,71090363	47,02563121	65,71090363
asetetut uunin arvot	0,019679849	0,020870122	0,94296762	0,347299028	-0,021576437	0,060936136	-0,021576437	0,060936136

Kuva 13. Lämpötilan vaikutus kruunujen väriin (n=144).

Regressiosuora (kuva 14) kruunuista osoittaa muuttujien välisen yhteyden voimakkuutta. Kuvaajassa regressiosuora on lähempänä vaakatasoa, kuin pystysuoraa, mikä tarkoittaa, että muuttujilla on vähäinen yhteys toisiinsa. Koska regressiosuora nousee ylöspäin, muuttujilla on positiivinen yhteys. [23]. Positiivinen yhteys ei kuitenkaan tässä tutkimuksessa ole mahdollinen, sillä uunin lämpötilan laskiessa hampurilaissämpylän värin pitäisi vaalentua eli L*-arvon nousta, koska ruskettumisreaktioita ei tapahdu niin voimakkaasti [1 s. 172]. Tällöin yhteyden muuttujien välillä tulisi olla negatiivinen.

Regressiosuoran pätevyyttä voidaan arvioida tarkastelemalla pisteiden sijoittumista suoralle. Mitä lähemmäs pisteet sijoittuvat suoraa, sitä voimakkaampi ennustevoima mallilla on. Kuvasta 10 näkee, että kruunujen L*-arvojen keskiarvoista ja uunin lämpötiloista saadussa kuvaajassa suurin osa pisteistä on kaukana suorasta, eli kuvaajalla ei pystytä ennustamaan lämpötilan ja L*-arvon vaihtelun suhdetta. [23.]

R²-luku kuvaa regressiomallin selitysosuutta. Luku on matala (0,0316), mikä tarkoittaa, että lämpötilan vaihtelulla ei voida selittää lähes ollenkaan L*-arvojen muutosta. Luvun tulisi olla lähellä arvoa yksi, jotta lämpötilan muutoksella voitaisiin selittää L*-arvon muutosta [23].



Kuva 14. Regressiosuora kruunujen L*-arvojen ja paistolämpötilan yhteydestä.

5.3.2 Regressioanalyysin tulokset pohjista

Regressioanalyysi pohjien osalta antoi odotetumpaa dataa kuin kruunujen osalta. Kuvassa 15 nähdään korrelaatiokertoimen olevan 0,090, joka on todella pieni. Tästä voidaan päätellä, ettei lämpötila- ja L*-arvojen välillä ole juurikaan havaittavissa yhteyttä. *P*-arvo tässä analyysissä oli alle merkitsevyystason 0,05, eli tulos on tilastollisesti merkitsevä.

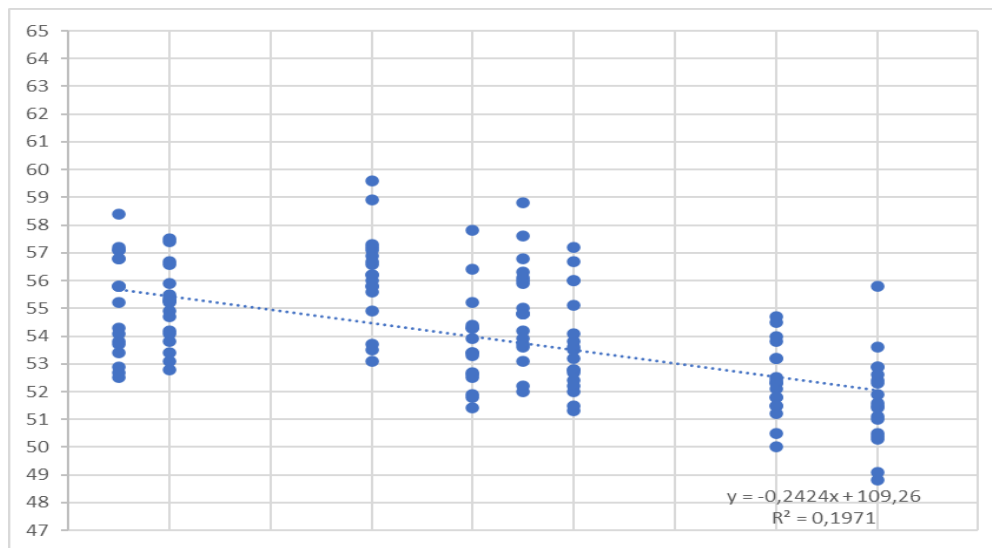
Kertoimet hampurilaissämpylöiden pohjien osalta olivat odotetumpia kuin kruunujen osalta. Kertoimien mukaan analyysin muuttujien välinen yhteys oli negatiivinen. Negatiivinen kerroin tukee sitä, että L^* -arvo nousi, eli tuote vaaleni lämpötilan laskiessa.

Regressioanalyysistä olisi voitu saada informatiivisempia tuloksia, jos uunin lämpötila-arvoja olisi otettu ylös enemmän koeajojen aikana. L^* -arvoja otettiin ylös enemmän ja tarkemmin kuin uunin lämpötila-arvoja. Tästä johtuen regressioanalyysillä voi olla vaikea löytää yhteyttä muuttujien välillä, kun toisella muuttujista on vain muutamia eri arvoja ja toisella niitä on kymmeniä. Lämpötila-arvot otettiin ylös jokaisen mittausvaiheen kohdalla, eli yhteensä kahdeksan arvoa koeajojen aikana.

YHTEENVETO TULOSTUS						
Regressioanalyysi pohjista molemmilta päiviltä						
Regressiotunnusluvut						
Kerroin R	0,300451519					
Korrelaatiokerroin	0,090271115					
Tarkistettu korrelaatiokerroin	0,083864574					
Keskivirhe	2,579261178					
Havainnot	144					
ANOVA						
	va	NS	KN	F	F:n tarkkuus	
Regressio	1	93,73802778	93,73802778	14,09045993	0,000253296	
Jäännös	142	944,6675278	6,652588224			
Yhteensä	143	1038,405556				
	Kertoimet	Keskivirhe	t Tunnusluvut	P-arvo	Alin 95%	Ylin 95%
Leikkauspiste	76,89305556	6,121029921	12,56211072	8,28822E-25	64,79293632	88,99317479
asetettu lämpö	-0,102055556	0,0271878	-3,753726139	0,000253296	-0,155800698	-0,048310414

Kuva 15. Lämpötilan vaikutus hampurilaissämpylöiden pohjien väriin (n=144).

Regressiosuora (kuva 16) pohjista osoitti vähäistä yhteyttä muuttujien välillä. Pisteet eivät osu suoralle, joten kuvaajasta ei voida ennustaa muuttujien välistä yhteyttä, koska ennusteet olisivat epävarmoja. R^2 -arvo on pohjien regressiosuorassa lähempänä nollaa kuin tavoitearvoa yksi, mikä tarkoittaa, että lämpötilojen muutoksella voidaan selittää vain vähäisesti L^* -arvon muutosta. Regressiosuora on kuvassa 16 laskeva, joten muuttujien välillä on negatiivinen yhteys. Tämä tulos oli odotettavissa, koska lämpötilaa laskettaessa hampurilaissämpylän värin tulisi vaalentua, eli L^* -arvon nousta [1, s. 172].



Kuva 16. Regressiosuora pohjan paistolämpötiloista ja L^* -arvoista.

6 Yhteenveto

Työssä selvitettiin paisto-olosuhteiden vaikutusta hampurilaissämpylöiden väriin. Mittaukset suoritettiin käsimittauksina sekä online-mittauskamerajärjestelmä Vision Sightlinen avulla. Tavoitteisiin päästiin, sillä tuloksista voitiin päätellä uunin vyöhykkeiden paistolämpötilan muuttamisella olevan vaikutusta hampurilaissämpylän väriin.

Saatujen tulosten perusteella uunin lämpötilan laskeminen sai aikaan muutoksia sekä hampurilaissämpylän kruunun että pohjan värissä. Lämpötilan laskeminen sai kummankin kruunun sekä pohjan värin vaalenemaan. Regressioanalyysistä

ei saatu odotettua dataa muuttujien (lämpötila ja L^* -arvo) välisestä yhteydestä. Tämä voi johtua siitä, että uunin arvoja oli kirjattu ylös ajon aikana huomattavasti vähemmän kuin hampurilaissämpylöiden L^* -arvoja. Jos uunin arvoista olisi ollut ajon ajalta enemmän dataa, regressioanalyysin tulos olisi voinut olla suuntaa antavampi muuttujien yhteyden vahvuudelle. Varianssianalyyseistä saatiin tietää, että mittaustulosten perusteella peltien L^* -arvojen keskiarvojen välillä oli tilastollisesti merkitsevää eroa. Erot olivat odotettavissa, kun lämpötiloja laskettiin kesken koeajon ja hampurilaissämpylöiden paistoväri vaaleni.

Online-mittauskamerajärjestelmä Vision antoi hampurilaissämpylöiden kruunuille arvoja, jotka olivat kauempana tavoitearvosta, kuin vastaavat pohjien arvot. Silmämääräisesti tarkasteltuna ja Minoltaa mitattuna arvojen perusteella odotettiin tulosten olevan päinvastaisia. Pohdittiin saatujen tuloksien voivan johtua siitä, että hampurilaissämpylän kannessa on kiiltohinnoite ja päälle on ripoteltu siemeniä. Näiden kahden uskottiin voivan olevan osasy siihen, miksi tulokset näyttivät kruunujen olevan L^* -arvoltaan kauempana tavoitellusta arvosta, kuin pohjien. Online-kamerajärjestelmä Vision myös mittasi L^* -arvoa koeajojen aikana huomattavasti suuremmasta määrästä hampurilaissämpylöitä, kuin käsimitoituksissa mitattiin.

Pohjien L^* -arvoissa Visionin antamien tulosten mukaan oli hajontaa. Varmaksi ei osattu sanoa, kuinka laajalta alueelta laite ottaa L^* -arvoa hampurilaissämpylästä, joten pidettiin mahdollisena, että osasy L^* -arvon hajonnalle tuloksissa oli pohjien värin epätasaisuus eri peltien välillä. Vision ei myöskään osaa väistää mitattaessa paiston aikana syntyneitä ”laikkuja”, joita käsimitoituksissa pystyttiin välttämään. Nämä voivat olla osasyitä tulosten eroihin laitteiden välillä. Vaihtelevuus pohjien värissä johtuu ennen uunia olevista prosessin vaiheista, kuten pelityksestä. Toinen värin vaihtelevuuteen vaikuttava asia on peltien elinkaari. Leipomolla on huomattu elinkaarensa lopussa olevien peltien paistavan hampurilaissämpylöiden pohjat tummemmiksi kuin uudempien peltien. Epätasaisuus ei siis ole korjattavissa uunin arvoja säätelemällä.

Jatkoa ajatellen olisi hyvä tarkastella edelleen online-mittauskamerajärjestelmä Visionin antamia tuloksia hampurilaissämpylöiden L*-arvoista. Tarkastelussa olisi syytä kiinnittää huomiota siihen, mistä vaihtelut ajoerien sisällä johtuvat, mistä kohtaa ja kuinka laajalta alueelta laite ottaa mittaustuloksen sekä vaikuttavatko ”laikut” ja hampurilaissämpylän pinnoitteet tuloksiin. Pohdittiin myös, olisiko tuotteen spesifikaatorajojen tarkastelu ja säätäminen tulevaisuudessa tarpeellista.

Lähteet

- 1 Salovaara, Hannu.; Ignatius, Ari.; Jussila, Aimo. & Hurri-Martikainen, Maija. 2017. Leivonnan teknologia. Helsinki: Bookwell Oy.
- 2 Markovic, Ivana; Ilic, Jelena; Markovic, Dragan; Simonovic, Vojislav & Kosanic, Nenad. 2013. Color measurement of food products using CIE L*a*b* and RGB color space. Journal of Hygienic Engineering and Design. Vol. 4. S. 50–53.
- 3 Vaasan Street Food. Verkkoaineisto. Lantmännen Unibake. <<https://www.lantmannen-unibake.com/fi-FI/vaasan-street-food/>> Luettu. 26.1.2022.
- 4 Hopia, Anu. 2009. Kemiaa keittiössä. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.
- 5 Nursten, H E. 2005. The Maillard Reaction : Chemistry, Biochemistry and Implications, Royal Society of Chemistry. E-kirja. Royal Society of Chemistry
- 6 Vega, César; Ubbink, Job; van der Linden, Erik & Steingarten, Jeffrey. 2012. The Kitchen as Laboratory: Reflections on the Science of Food and Cooking. E-kirja. Columbia University Press.
- 7 Alfaro, Danilo. 2019. Caramelization: It's What Makes Food Turn Brown When You Cook It. Verkkoaineisto. The Spruce Eats. <<https://www.thespruceeats.com/what-is-caramelization-995761>> Luettu 28.1.2022.
- 8 Pour-Damanab, Alireza Soleimani; Jafary, A. & Rafiee, Sh. 2012. Kinetics of the crust thickness development of bread during baking. Journal of Food Science and Technology. <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4571265/>>
- 9 Fazer Street Food Briossi hampurilaissämpylä 4kpl 280g. Verkkoaineisto. Fa-zer. <<https://www.fazer.fi/tuotteet-ja-asiakaspalvelu/13952/fazer-street-food-briossi-hampurilaissampyla-4kpl-280g/>> Luettu 4.2.2022
- 10 Vaasan Steet Food Craft Burger Rye 48x70g. Verkkoaineisto. Lantmännen Unibake. <<https://www.lantmannen-unibake.com/fi-FI/tuotteet/helpot-ja-nopeat/Hampurilaissampyla/vaasan-street-food-craft-burger-rye-48x70g/#show>> Luettu 5.4.2022
- 11 Vaasan Street Food Hampurilaissämpylä Tupla 48x70g. Verkkoaineisto. Lantmännen Unibake. <<https://www.lantmannen-unibake.com/fi-FI/tuotteet/helpot-ja-nopeat/Hampurilaissampyla/vaasan-street-food-hampurilaissampyla-tupla-48x70g/#show>> Luettu 5.4.2022

- 12 Capuano, Edoardo; Garofalo, Giovanna; Napolitano, Aurora; Zielinski, Henryk & Fogliano, Vincenzo. 2010. Rye Flour Extraction Rate Affects Maillard Reaction Development, Antioxidant Activity, and Acrylamide Formation in Bread Crisps. *Cereal Chemistry Journal*. Vol. 87, s. 131–136.
- 13 CIE Color Model. Verkkoaineisto. Techopedia. <<https://www.techopedia.com/definition/477/cie-color-model>> Luettu 24.2.2022.
- 14 Giese, James. 2003. Color measurements in foods. Verkkoaineisto. IFT. <<https://www.ift.org/news-and-publications/food-technology-magazine/issues/2003/december/columns/laboratory>> Luettu 24.2.2022.
- 15 Jusoh, Y.M. Mohd; Chin, N.L.; Yusof, Y.A. & Rahman, R. Abd. 2008. Bread Crust Thickness Estimation Using L a b Colour System. *Parttanika J. Sci. & Technol.* Vol 16. s. 239–247.
- 16 Alessandrini, Laura; Romani, Santina; Pinnavaia, Giangaetano & Dalla Rosa, Marco. 2008. Near infrared spectroscopy: an analytical tool to predict coffee roasting degree. University of Bologna. <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003267008013214?via%3Dihub>>. 5.9.2008. Luettu: 24.4.2022
- 17 Phillips, Ken. 2020. What is a spectrophotometer and how does it work? Verkkoaineisto. Hunterlab. <<https://blog.hunterlab.com/blog/color-measurement/what-is-spectrophotometer/>>. 21.6.2020. Luettu 22.3.2022.
- 18 Trimble, Scott. 2021. Liquid Spectrophotometry & Food Industry Applications. Verkkoaineisto. Felix Instruments. <<https://felixinstruments.com/blog/liquid-spectrophotometry-food-industry-applications/>>. 1.9.2021. Luettu 23.3.2022.
- 19 In-Line Vision & Rejection System. Verkkoaineisto. KPM Analytics. <<https://www.kpmanalytics.com/products/in-line-vision>> Luettu 4.2.2022
- 20 Tuorila, Hely; Parkkinen, Kirsi & Tolonen, Katri. 2008. Aistit ammattikäyttöön. 1. painos. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy.
- 21 Tuorila, Hely & Appelbye, Ulla. 2008. Elintarvikkeiden aistinvaraiset tutkimusmenetelmät. 2. painos. Helsinki: Yliopistopaino.
- 22 Holopainen, Martti & Pulkkinen, Pekka. 2013. Tilastolliset menetelmät. 5.–8. painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.
- 23 Regressioanalyysi. Verkkoaineisto. KvantiMOTV. <<https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/regressio/analyysi.html>> Luettu 23.4.2022.