

Sini Korpela

# Tuotanto-olosuhteiden vaikutus hampurilais-sämpylöiden valmispainoon

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Bio- ja elintarviketekniikka

Insinöörityö

4.2.2019

Tekijä Otsikko  Sivumäärä Aika	Sini Korpela Tuotanto-olosuhteiden vaikutus hampurilaissämpylöiden valmistamiseen 40 sivua + 1 liite 4.2.2019
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Bio- ja elintarviketekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Elintarviketuotanto ja bioprosessit
Ohjaajat	Lehtori Pia-Tuulia Laine (Metropolia AMK) Laatupäällikkö Katarina Harjunpää (Lantmännen Unibake Finland)
<p>Hampurilaissämpylöitä teollisesti valmistettaessa pyritään vakioimaan sämpylöiden koko ja massa. Taikinapalan massaa kutsutaan palapainoksi. Valmiin sämpylän massaa kutsutaan valmispainoksi. Hampurilaissämpylät valmistetaan panosprosessilla ja tärkeimmät raaka-aineet ovat vehnä jauhot, vesi, sokeri, öljy, hiiva ja suola. Insinööryön tavoitteena oli selvittää kahden reseptiltään erilaisen sämpylän (A ja B) tuotanto-olosuhteiden ja valmispainojen välistä yhteyttä.</p> <p>Mittauksissa punnittiin hampurilaissämpylöitä ennen nostatusta (palapaino) ja jäähtymisen jälkeen (valmispaino). Jokainen pala- ja valmispaino oli kuuden punnituksen keskiarvo. Nostatuskaapin ja uunin lämpötila mitattiin dataloggereiden avulla. Leipomon ja jäähtytyshuoneen lämpötila sekä ilman suhteellinen kosteus saatiin leipomon mittarinäyttöiltä. Taikin pinta- ja raskin varastointitankin lämpötila sekä nestemäisen hiivan lämpötila saatiin jatkuvasta online-mittauksesta. Sämpylöille laskettiin myös prosessihävikki vähentämällä palapainosta valmispaino, jakamalla erotus palapainolla ja kertomalla 100 %:lla.</p> <p>Varianssianalyysillä saatiin selville, että pala- ja valmispainoissa oli tilastollisesti merkitsevää vaihtelua eri koeajopäivien välillä. Saman päivän sisällä ei ollut vaihtelua valmispainoissa paitsi yhtenä päivänä. Prosessihävikki vaihteli 11,9–13,8 % eri päivinä osoittaen, että valmispainojen vaihtelu on myös käytännössä merkitsevää. Jäähtytyshuoneen suhteellinen kosteus vaihteli tuotanto-olosuhteista eniten (20–31,9 %); tällä vaihtelulla lienee vaikutus valmistamiseen. Tässä työssä jäi huomiotta eri tuotanto-olosuhteiden yhteisvaikutukset valmistamiseen.</p> <p>Jatkossa voitaisiin kehittää koejärjestelyä sellaiseksi, että valmistuksen arvo voitaisiin yhdistää sitä vastaavaan tuotanto-olosuhteeseen. Tällöin voitaisiin laskea korrelaatioita valmistuksen ja tuotanto-olosuhteiden välillä. Myös nostatuskaapin ilman suhteellinen kosteus, kannattaisi ottaa mitattavaksi tuotanto-olosuhteeksi. Jäähtytyshuoneen ilman suhteellisen kosteuden vaihtelua kannattaa seurata jatkossa mietittäessä, miten se saataisiin pysymään tasaisempana.</p>	
Avainsanat	hampurilaissämpylä, palapaino, valmispaino, tuotanto-olosuhteet, prosessihävikki

Author Title	Sini Korpela Impact of Production Conditions on the Finished Weight of a Burger Bun
Number of Pages Date	40 pages + 1 appendice 4 February 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Bio and Food Technology
Specialisation option	Food Manufacturing and Bioprocesses
Instructors	Pia-Tuulia Laine, Senior Lecturer (Metropolia UAS) Katariina Harjunpää, Quality Manager (Lantmännen Unibake Finland)
<p>When manufacturing burger buns, it is important to standardize the size and the weight of a burger bun. The weight of a piece of dough is called piece weight. The weight of the finished bun is called finished weight. Burger buns are made with batch process. The most important ingredients are wheat flour, water, sugar, oil, yeast and salt. The purpose of this thesis was to study the relation between the recipes and process conditions of two burger buns (A and B).</p> <p>Burger buns were weighed before proofing (piece weight) and after cooling (finished weight). Every piece and finished weight was an average of six measurements. The temperatures of the proofing drawer and the oven were measured with data loggers. The air temperature and the relative humidity of the bakery and the cooling-house were read from meter display. The surface temperature of the dough, the temperatures of the storage tank of the starter dough and the yeast were collected from continuous online-measurements. The process loss was calculated by subtracting finished weight from piece weight by dividing the remainder by piece weight and then by multiplying this by 100 %.</p> <p>It was discovered by variance analysis that there was statistical variation in piece weight and finished weight between test run days. There was no variation in finished weight within the same test run day, except for one day. Process loss varied 11.9–13.8 %. The relative humidity of the cooling-house varied the most compared to the other process conditions (20–31.9 %). This variation has an effect on finished weight. In this thesis the combined effects of process conditions on finished weight were not studied.</p> <p>In further studies the testing arrangement could be developed so that every finished weight could be integrated with corresponding process condition. This enables calculating correlations between finished weight and process conditions. It pays also to measure the relative humidity of proofing drawer in future. In future it pays to follow the variation of relative humidity of cooling room in order to keep it even.</p>	
Keywords	burger bun, piece weight, finished weight, process conditions, process loss

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Hampurilaissämpylöiden ainekset	1
3	Hampurilaissämpylöiden valmistusprosessi	5
3.1	Leivontaprosessin perusvaatimukset	5
3.2	Esitaikinan valmistus	5
3.3	Fermentaatio	6
3.4	Taikinanteko	6
3.5	Paloittelu	7
3.6	Palan muotoilu	7
3.7	Välilepo	7
3.8	Nostatus	8
3.9	Paisto	10
3.10	Jäähdytys	11
3.11	Pussitus ja pakkaus	12
4	Materiaalit ja menetelmät	12
4.1	Näytteet	12
4.2	Pala- ja valmispainojen punnitus	14
4.3	Tuotantoprosessin parametrien mittaukset	15
4.4	Tuotantotilan olosuhteiden mittaukset	16
4.5	Prosessihävikki	16
4.6	Tulosten käsittely	16
5	Tulokset ja tulosten tarkastelu	16
5.1	Olosuhteet ulkona ja leipomossa	16
5.2	Palapaino	19
5.3	Valmispaino	21
5.4	Palapaino ja valmispaino	23
5.5	Tuotantoparametrien vaikutukset hampurilaissämpylöihin	25
5.5.1	Leipomon ilman suhteellinen kosteus ja sämpylöiden valmispainot	25
5.5.2	Leipomon lämpötila ja sämpylöiden valmispainot	26

5.5.4	Nestemäisen hiivan lämpötila ja sämpylöiden valmispainot	29
5.5.5	Taikinan pintalämpötilan vaikutus sämpylöiden valmispainoihin	29
5.5.6	Nostatuskaapin lämpötila ja sämpylöiden valmispainot	30
5.5.7	Uunin lämpötila ja sämpylöiden valmispainot	31
5.5.8	Jäähdytyshuoneen olosuhteet ja sämpylöiden valmispainot	32
5.6	Prosessihävikki	35
6	Yhteenveto	36
	Lähteet	39
	Liitteet	
	Liite 1. Varianssianalyysit	

## Lyhenteet ja käsitteet

fermentaatio	prosessi, jossa hiiva muuttaa sokerit hiilidioksidiksi ja alkoholiiksi
flavori	maku-, haju- ja kemoaistituntemuksen yhteisvaikutus
palapaino	taikinapalan massa
ppm	parts per million
raski	leipäjuuri
RH%	ilman suhteellinen kosteus prosentteina
valmispaino	valmiin sämpylän massa

## 1 Johdanto

Hampurilaissämpylöiden ainesosiin kuuluu usein vehnäjauhoja, vettä, sokeria, öljyä, hiivaa, suolaa ja lisäaineina esimerkiksi emulgointi-, säilöntä- ja hapettumisenestoaineita. Valmistus tapahtuu tyypillisesti panoksittain tuotantolinjoilla. Hampurilaissämpylän valmistuksen avaintekijöitä ovat laadukkaat raaka-aineet, optimaaliset prosessin lämpötilat ja optimaalinen ilman suhteellinen kosteus. Valmistajalle on myös tärkeää, että sämpylät ovat tasakokoisia (valmispaino ja muoto). Prosessihävikin eli sen kuinka paljon materiaalia häviää prosessissa edettäessä taikinasta valmiiseen tuotteeseen, seuranta onkin ensiarvoisen tärkeää leipomolle.

Lantmännen Unibake on johtava kansainvälinen leipomoryhmä, jonka erikoisalaa ovat pakastetut ja tuoreet leipomotuotteet. Lantmännen Unibaken brändivalikoimiin kuuluvat merkit Vaasan, Vaasan Kotiuunin, Schulstad Bakery Solutions ja Moilas Gluten-Free. Yritys valmistaa Vantaan tehtaallaan hampurilaissämpylöitä horecalle, hampurilaisravintolaketjuille, elintarviketeollisuudelle, vähittäiskaupalle ja tukkukaupalle. Hampurilaissämpylöiden tuotantomäärä vuosittain on 12,5 miljoonaa kiloa.

Tämän insinööriyön tavoitteena oli selvittää, vaikuttavatko tuotantotilan olosuhteet (leipomon ja jäähdytyshuoneen lämpötila sekä niiden ilman suhteellinen kosteus) ja tuotantoprosessin eri parametrit kahden reseptikaltaan erilaisen hampurilaissämpylän (A ja B) valmispainoihin. Tuotantoprosessin parametreihin kuuluvat hiivan lämpötila, raskin varastointitankin lämpötila, taikinan pintalämpötila, nostatuskaapin lämpötila ja uunin lämpötila. Kokeet tehtiin 15.1.–30.1.2017, ja ne sisälsivät seitsemän seurantapäivää.

## 2 Hampurilaissämpylöiden ainekset

Hampurilaissämpylöiden tärkeimmät raaka-aineet ovat vehnäjauhot, vesi, hiiva, sokeri, öljy ja suola. Lisäksi hampurilaisten aineksina voi olla vaihtelevasti esim. eri jauhoja, vehnän gluteenia, hiivaravintovalmisteita, säilöntäaineita, homeenestoaineita, maitoa ja mausteita. (Bakery School Module 1: 1.) Hampurilaissämpylät eroavat tavallisesta leivästä korkeammalla sokeri- ja rasvapitoisuudella. Taulukossa 1 on esitelty muutama kaupallinen hampurilaissämpylä ja niiden aineksia.

Taulukko 1 Kahden kaupallisen hampurilaissämpylän ainesosaluettelot (lähteet: Vaasan Hampurilaissämpylä ja Brioche Gourmet Hampurilaissämpylä)

Hampurilaissämpylä	Ainekset
Vaasan Hampurilaissämpylä	Vehnäjauho Vesi Sokeri Rapsiöljy Hiiva Seesaminsiemien Suola Säilöntäaineet (E282, E200) Emulgointiaineet (E472e) Hapettumisenestoaine (E300)
Brioche Gourmet /Pågen	Vehnäjauho Vesi Sokeri Rapsiöljy Hiiva Vehnätaikinajuuuri (2%) Suola Vehnägluteeni Maissi Emulgointiaineet (E471, E472e) Voiaromi

Vehnäjauhot ovat leivän tärkein ainesosa. Yhdessä veden kanssa ne muodostavat taikinan rakenteen. Vehnäjauhoissa olevat sitkoproteiinit (gluteeniini ja gliadiini) aikaansaavat taikinan jatkuvan faasin.

Vettä lisätään taikinaan maksimimäärä, jolla taikinaa pystytään vielä muotoilemaan ja saadaan hyväksyttävä laatu. Lisättävän veden optimimäärä riippuu käytettävien jauhojen laadusta. Jos taikinassa on liian vähän vettä, taikina on kovaa ja vaikeasti muotoiltavaa. Silloin siitä valmistetulla leivällä on pieni tilavuus ja ulkonäkö ei ole halutunlainen. Jos taikinassa on liikaa vettä, taikina on pehmeää ja vaikeasti muotoiltavaa ja valmiin leivän laatu on huono. (Cauvain 2003: 16.) Veden päätehtävä taikinassa on kuiva-aineiden hydratoiminen. Kun vesi lisätään, hiiva alkaa toimia. Sitkoproteiinin eli gluteenin muodostuksen tarvitaan vettä ja vehnäjauhoja sekä vaivausta. Veden avulla säädetään taikinan lämpötilaa ja juoksevuuutta. Vesi tuo pehmeyttä lopputuotteeseen. Lisäksi veden kovuus, pH-arvo ja veden määrä vaikuttavat kaikki fermentaatioon. Veden kovuudella on vaikutusta hampurilaissämpylöiden leivontaprosessiin. Veden kovuus on kalsium- ja magnesiumionien määrä vedessä ppm-yksikössä. Pehmeä vesi on alle 50 ppm ja kova



vesi yli 200 ppm. Liian pehmeällä vedellä nostatusajat muodostuvat pitkiksi. Keskikova vesi (100–150 ppm) on hampurilaisleivontaan parhaiten sopivaa. (Bakery School Module 1.)

Sokeria voidaan käyttää leivän valmistuksessa pieniä määriä tai ei ollenkaan (Cauvain 2003: 15–16). Hampurilaissämpylöihin sokeria lisätään, ja sen päätarkoitus on olla ravintona hiivalle (Bakery School Module1). Suuri määrä sokeria voi kuitenkin hidastaa hiivan toimintaa. Fermentoituvia sokereita ovat glukoosi ja fruktoosi sekä disakkaridit sakkaroosi ja maltoosi. Sakkaroosi ja maltoosi hajoavat invertaasi ja maltaasi entsyymien vaikutuksesta. Laktoosi ja galaktoosi eivät ole fermentoituvia sokereita, koska hiivalla ei ole niitä hajoittavia entsyymejä. (Bakery School Module 1.)

Sokeri tuo tuotteeseen makua ja leivän kuoreen väriä (Cauvain 2003: 15–16). Lämmön vaikutuksessa tapahtuu Maillard-reaktiota, jossa pelkistävät sokerit reagoivat proteiinien kanssa. Maillard-reaktiossa leivän kuoren väri tummuu ja maku voimistuu. Maillard-reaktio on tärkeä myös leikkauspinnassa. Väriä muodostuu kuoreen myös karamellisoitumisreaktiossa lämmön vaikutuksessa. Sokeri myös lisää säilyvyysaikaa.

Sitkoproteiinit (=gluteeni), gliadiini ja gluteniini muodostavat taikinan jatkuvan faasin, jonka sisään tärkkelysjyvät ovat upotettuna. Taikina pidättää kaasua, mutta valmis tuote ei. Kuumennus saa tärkkelyksen liisteröitymään ja proteiinin denaturoitumaan. Gluteenia saatetaan vielä erikseen lisätä vahvistamaan taikinaa. Lisätty gluteeni parantaa taikinan prosessointiominaisuuksia. Gluteeni on veteen liukenematonta: gliadiinit liukenevat 70-prosenttiseen alkoholiin ja gluteniinit liukenevat happoihin ja emäksiin. (Bakery School Module 1.)

Rasvojen ja öljyjen tärkein tehtävä on voidella taikinaa. Tämä helpottaa taikinan laajenemista ja parantaa taikinan käsiteltävyyttä. Lisäksi rasva mureuttaa hampurilaissämpylän kuorta, lisää säilyvyysaikaa hidastamalla pilaantumisprosessia ja rasva antaa myös makua sämpylään. Hampurilaissämpylöissä rasvaa on tyypillisesti 3–5 %. (Bakery School Module 1.)

Yleisesti leivonnassa käytettävä leivinhiiva on *Saccharomyces cerevisiae*. Hiivan päätehtävä on taikinan kohottaminen. Hiiva muuttaa sokerit hiilidioksidiksi ja alkoholiksi. Tätä prosessia kutsutaan fermentaatioksi. Hiivan aktiivisuutta voidaan säätää monin ta-

voin. Lämpötilaa, pH-arvoa, sokerin tai saatavilla olevan veden määrää sekä hiivan määrää ja laatua voidaan säätää. Hiiva voi olla tuorehiivaa tai kuivahiivaa. Tuorehiiva on joko puristehiivaa tai hiivakermaa. Suurilla tuotantomäärillä käytetään yleensä hiivakermaa. Hiivakerma säilyy 10 päivää 2–7 °C:n lämpötilassa, puristehiiva säilyy 2–3 viikkoa 2–7 °C lämpötilassa ja kuivahiiva kaksi vuotta tyhjiöpakkauksessaan. Hiivassa tapahtuu autolyysiä eli hiivan itsestään tuhoutumista, mikäli hiivaa käsitellään väärin. Autolyysiä aiheuttavat korkea lämpötila, korkea kosteus sekä hapelle altistuminen. Hiivan autolyysin vaikutus tuotteeseen näkyy taikinan kaasunpidätyskyvyn heikentymisenä ja taikinan heikentymisenä liunneen glutationin takia. Vanhetessaan hiivan aktiivisuus vähenee, jolloin tarvitaan pitempi nostatusaika. Suuremmalla hiivamäärällä saadaan suurempi uuninousu sekä lyhyempi nostatusaika. (Bakery School Module 1.)

Suolaa lisätään taikinaan tuomaan makua leipään. Suola tuo esiin hyviä flavoreita ja peittää huonoja flavoreita. Suola sitkistää gluteenia, ja tämän ansiosta taikina on elastisempaa ja kaasunpidätyskyky paranee. Suola inhiboi hiivan aktiivisuutta osmoottisen paineen avulla. Suola myös rajoittaa sitkon muodostumista sekoituksen aikana. Tämän takia suola saatetaan lisätä vasta sekoitusprosessin aivan lopussa. (Bakery School Module 1.) Suola myös pidentää leivän homeetonta aikaa ja vähentää leivän murenevuuhtaan vanhetessa.

Emulgointiaineisiin kuuluvat sisuksen pehmentäjät estävät tai hidastavat leivän sisuksen kovenemista. Sisusta pehmentäviä lisäaineita ovat mm. rasvahappojen mono- ja diglyseridit (E 471), jotka yhdistyvät tärkkelysmolekyylien kanssa sekä estävät niiden uuskiiteytymistä. Emulgointiaineet liittyvät amyloosin kanssa estäen sen uuskiiteytymistä ja leivästä tulee pehmeämpää. (Salovaara ym. 2017: 13.) Leivonnassa käytetään myös erilaisia lisäaineita, jotka tulee merkitä E-numeroin. Homeenestoaineina käytetään usein sorbiinihappoa ja propionihappoa. Emulgointiaineita käytetään leivän sisuksen pehmentämiseen. Leivonnassa voidaan käyttää myös happamuudensäätö- ja hapettumisenestoaineita.

### 3 Hampurilaissämpylöiden valmistusprosessi

#### 3.1 Leivontaprosessin perusvaatimukset

Leivontaprosessin onnistumiseksi taikinalle on kolme perusvaatimusta. Taikinaan täytyy saada kaasukuplainen rakenne, joka synnytetään pääosin vaivauksen avulla. Kaasukuplainen rakenne on elastinen ja laajenemiskykyinen. Toiseksi taikinassa on oltava no-statusvoimaa, joka saadaan taikinassa olevan hiivan avulla. Oikeassa lämpötilassa hiiva laajentaa olemassa olevia kaasukuplia eli taikinan huokosrakennetta. Kolmanneksi taikinalla on oltava riittävä kaasunpidätyskyky. (Saarela ym. 2010: 124.)

#### 3.2 Esitaikinan valmistus

Esitaikinan teossa vain osa ainesosista fermentoidaan. Fermentointiaika vaihtelee samoin kuin esitaikinan koostumus. Aluksi esitaikinan ainesosat sekoitetaan. Esitaikinan sekoittimessa saattaa olla säiliö, jossa esitaikinaa säilytetään. Ison mittakaavan tuotannossa esitaikinalle tarvitaan erillinen säiliö, jonka lämpötilaa pystytään säätämään. Kun esitaikina on sekoitettu ja se on levännyt, niin se sekoitetaan muiden taikinan ainesosien kanssa. Lopullista taikinaa voidaan alkaa prosessoida heti. Esitaikinan avulla saadaan lopputuotteeseen enemmän flavoria. Happamat flavorit syntyvät hiivan käymisestä, sekä muiden jauhoissa luontaisesti olevien mikro-organismien fermentaatiossa. (Cauvain & Young 2007: 33.)

Fermentaatio-olosuhteet pitää olla kontrolloidut, jotta ei synny ei-haluttuja flavoreita. Esitaikinan avulla vaikutetaan myös lopullisen taikinan reologisiin ominaisuuksiin. Esitaikinan fermentaation aikana sen pH-arvo laskee selvästi ja sekoituksen aikana muodostuneen gluteenin reologinen luonne muuttuu. Esitaikinasta tulee hyvin pehmeää, ja se menettää joustavuuttaan. Matalan pH-arvonsa ja reologisten ominaisuuksiensa ansiosta esitaikina tuo lopulliseen taikinaan pehmeämmän ja joustavamman gluteeniverkoston sekoituksen jälkeen. Esitaikinan avulla reologisten ominaisuuksien muokkauksen ansiosta taikinaa voidaan usein alkaa käsitellä heti toisen sekoituksen jälkeen eikä toista taikinan lepoaikaa tarvita. (Cauvain & Young 2007: 33–34.)

### 3.3 Fermentaatio

Fermentaatioissa hiiva muuttaa sokerit hiilidioksidiksi ja alkoholiksi. Elävänä organismina hiiva tarvitsee ravinteita energiaksi ja kasvamiseen, ja niistä tärkein on sokerit. Leivonnan kannalta hiivan tärkein ominaisuus on hiilihyaatteja fermentoiva aineenvaihdunta. Hiilidioksidi nostattaa taikinaa. Leivinhiivat pystyvät hyödyntämään monia jauhojen hiilihyaatteja: glukoosia, fruktoosia, mannoosia, maltoosia ja sakkaroosia. Fermentaatioissa hiiva käyttää glukoosin ja fruktoosin ensin. Hiivan entsyymit hajottavat sakkaroosin glukoosiksi ja fruktoosiksi. Jauhojen amylaasi-entsyymi puolestaan hajottaa tärkkelystä glukoosiksi ja maltoosiksi. Hiivasolut muuttavat glukoosin ja fruktoosin glykolyysin reaktiosarjassa siten, että yhdestä sokerimolekyylistä syntyy kaksi molekyylä hiilidioksidia ja kaksi molekyylä etanolia. Samalla hiivasolu saa energiaa ylläpitämään aineenvaihduntaansa sekä kasvuun. Sokerin lisäksi hiiva tarvitsee aineenvaihduntaansa tyypin lähteen. Jauhoissa on vapaita aminohappoja, joista proteaasien avulla sopivat peptidit saadaan. Useimmat hiivat tarvitsevat metaboliaansa myös biotiini-vitamiinia. Tätä on riittävästi vehnäjauhoissa. Tiamiinia voidaan lisätä fermentaation nopeuttamiseksi. (Kulp & Lorenz 2003: 47–51.)

Fermentaatioissa hiiva muuttaa sokerit hiilidioksidiksi ja alkoholiksi. Fermentaatioissa vapautuu lämpöä ja lämpötila kohoaa. Happoja muodostuu eli pH-arvo laskee. Fermentaation aikana kehittyä flavoreita ja taikina kuohkeutuu. (Bakery School Module 1.) Flavorin muodostumisen fermentaatioissa saa aikaan pääasiassa maito- ja etikkahappo, mutta hiiva tuottaa myös lukuisia muita flavoria tuottavia yhdisteitä (Kulp & Lorenz 2003: 51).

### 3.4 Taikinanteko

Taikina alkaa kehittyä, kun taikinan ainesosat sekoitetaan. Jotta gluteenin muodostus alkaa, tarvitaan vettä, johon jauhojen proteiinit hydratoituvat sekä energiaa, joka tulee taikinaan vaivauksen avulla. Taikinan teon yhteydessä luodaan taikinaan kaasunpidätyskyky. Taikinan kaasunpidätyskykyyn vaikuttaa vehnäjauhojen proteiinikoostumus, mutta monet muutkin seikat. Taikinan on pystyttävä pidättämään hiilidioksidia, jota myöhemmin muodostuu käymisessä. Ennen kuin taikina on asettunut, hiivan aktiivisuus on suurimmillaan ja paljon hiilidioksidia syntyy ja vapautuu taikinan vesifaasiin. Jotta taikina laajenisi, on taikinan pystyttävä pidättämään paljon kaasua ja tämä onnistuu vain, jos

taikinaan on onnistuttu luomaan gluteenirakenne sopivilla ominaisuuksilla. Kaasun muodostus viittaa hiilidioksidin syntyyn hiivafermentaatioissa, mutta taikina laajenee vain, jos kaasu pysyy taikinassa. Kaikki kaasu ei pysy taikinassa siihen asti, kun se laitetaan uuniin. Taikinaan jäävään kaasumäärään vaikuttaa sopiva gluteeniverkosto, jonka sisään kaasu voi jäädä. (Cauvain 2003: 10)

### 3.5 Paloittelu

Taikina paloitellaan koneella tai käsin oikean painoisiksi paloiksi. Koneella paloittele perustuu taikinan tilavuuden mittaamiseen. Palan kokoa säädettäessä on huomioitava, että kun taikina nousee, samalla taikinan tilavuuspaino muuttuu ja palan paino pienenee. Taikina nousee jo paloittelemisen aikana. Lisäksi palan painoa määrättäessä huomioidaan nostatuksen ja paiston yhteydessä tapahtuva painonvähennys. (Peltomäki ym. 1997: 8.)

### 3.6 Palan muotoilu

Pala saadaan oikean muotoiseksi riittävää voimaa käyttämällä. On tärkeää, että käsittely ei riko palan rakennetta, ettei valmiiseen leipään tule muoto- tai tilavuusvirheitä. Muotoilun yhteydessä vehnävästä tehty taikina jännittyy. Jännitys on muodonmuutosta vastustava voima. (Peltomäki ym. 1997: 8.)

### 3.7 Välilepo

Muotoilun yhteydessä taikinaan syntyy jännitystä. Tämä jännitys puretaan välilevossa eli antamalla taikina-aihiolle levätä ennen seuraavaa muotoiluvaihetta. Välilepo kestää muutamasta minuutista 15 minuuttiin. Sitkottomissa eli gluteenittomissa taikinoissa ei tarvita välilepoa. (Peltomäki ym. 1997: 8.)

### 3.8 Nostatus

Nostatus tarkoittaa taikinan lepoa, joka alkaa, kun valmiiksi muovatut taikina-aihiot on aseteltu pellille. Nostatus tapahtuu säädetyissä olosuhteissa nostatuskaapissa tai -huoneessa. (Cauvain & Young 2007: 146). Nostatuskaapin säädettäviä ominaisuuksia sen ovat lämpötila, ilman suhteellinen kosteus ja nostatusaika (Saarela ym. 2010).

Nostatuksen aikana fermentaatio jatkuu. Tärkkelys pilkkoutuu sokereiksi entsyymien katalysoimana. Sokerit ovat hiivan ravintoa, ja hajoamistuotteena syntyy hiilidioksidia ja alkoholia. Muodostuva hiilidioksidi varastoituu pieniin soluihin, jotka ovat muodostuneet proteiinimatriisiin sekoituksen aikana. Nostatuksen kuluessa solut kasvavat ja taikina laajenee. Nostatuksessa ei enää pystytä lisäämään solujen määrää. Hiivan toiminnassa nostatuksen aikana muodostuu myös happoja, joilla on vaikutusta erityisesti flavorin muodostumiseen. (Cauvain & Young 2007: 146.)

Tutkimuksen mukaan (Whitworth & Alava 1999), kun taikinaa nostatetaan pellillä, taikinan alempi osa laajenee enemmän kuin ylempi osa. Tämä selittyy osin sillä, että nostatuksen alussa lämpö kondensoituu taikinaan pellin seinämiä pitkin. Kun taikina täyttää vuoan lämmönsiirto taikinan keskikohtaan on hidasta. Nostatuksessa muodostuvat kaasukuplat nostavat taikinan keskikohtaa ylöspäin. Nostatuksen lopussa alkuperäinen taikinan keskikohta on kohonnut noin kaksi kolmasosaa pellistä ylös päin. Taikinan keskikohta on hieman viileämpi kuin muut osat, ja tällä osalla on enemmän uuninousua paistuksen aikana. (Cauvain & Young 2007: 146–147.)

Kun kaasukuplat alkavat laajentua nostatuksen aikana, niitä ympäröivä gluteeniverkosto venyy. Kun taikina lämpenee, kaasukuplat koskettavat toisiaan. Jos gluteeniverkosto ei veny tarpeeksi kuplien laajetessa, niin gluteenikalvo voi revetä ja kaasukuplat yhdistyvät ja muodostavat isoja kuplia. Tätä tapahtuu erityisesti taikinoissa, jotka on tehty vähäproteiinisesta jauhosta. (Cauvain & Young 2007: 147.)

Fermentaatiossa optimoidaan olosuhteet niin, että nostatuksessa halutut reaktiot tapahtuvat mahdollisimman nopeasti ja nostatusaika minimoidaan (Cauvain & Young 2007: 147).

Taikinan lämpötila on noin 28–32 °C kun nostatus alkaa. Mikäli taikina on lämpimämpi, niin se on niin tarttuvaa, että mahdollisesta nostatusajan lyhenemisestä saatu hyöty ei kannata. (Cauvain & Young 2007: 147.)

Taikina laajenee kolmin- tai nelinkertaiseksi nostatuksen aikana. On tärkeää, että taikinan pinta pysyy joustavana, jotta se ei repeä laajetessaan. Säädettävä ilman suhteellinen kosteus on tärkeä, että taikinan pinta ei pääse kuivumaan. Kosteaa ilmaa vaaditaan myös minimoimaan painohäviöt nostatuksen aikana. (Cauvain & Young 2007: 148.) Nostatuskaapin tyypilliset olosuhteen hampurilaissämpylöille ovat 40–43 °C:n lämpötila ja 90–95 %:n ilman suhteellinen kosteus (Bakery School Module 2).

Hiivan toiminnan optimialue on 35–40 °C, joten nostatusajan minimoimiseksi taikinaan pitää siirtää lämpöä siten, että taikinan lämpötila nousee 10–15 °C:lla. Nostatuskaappiin johdettava ilma on tyypillisesti lämpötilaltaan 42 °C, ja sen kastepiste on 35 °C. Tällöin taikina lämpenee siten, että noin 20 minuutin kuluttua se on tasaisesti noin 35 °C:n lämpötilassa, joka on kaasunmuodostuksen optimilämpötila. Kastepisteen lämpötilassa taikinan lämpötila tasaantuu. Lämpötila ei enää nouse vaan lämpötilan nostaminen saa kosteuden haihtumaan taikinan pinnalta. Haihtuva kosteus nostaa ilman suhteellista kosteutta. (Cauvain & Young 2007: 148.)

Nostatushuoneen ilmastointijärjestelmän täytyy pystyä operoimaan olosuhteita laajasti. Erityisesti ongelmia tuottaa, kun tuotanto käynnistetään kylmänä ajankohtana ja sekoituslaitteet ja taikinantekolaitteet ovat kylmiä. Jos nostatuskaapin asetukset ovat samat kuin tavallisesti, niin keskiarvolämpötilat ovat matalampia, koska systeemiin tarvitaan enemmän lämpöä. Tällöin nostetaan nostatuskaapin lämpötilaa ja lisätään taikinan hiivamäärää. (Cauvain & Young 2007: 148.)

Nostatuksessa on tärkeää, että leipurit ymmärtävät, kuinka ilman kuuluisi kiertää heidän nostatuskaapissaan. Nostatusolosuhteiden säännöllinen seuranta on tärkeää, jotta ilman olosuhteiden huononeminen huomataan ajoissa. Seurattavat arvot ovat vähintään ilman lämpötilat ja ilman suhteellinen kosteus nostatuskaapin sisäänmenossa ja ulostulossa sekä ilmvirran nopeusmittaus. Tasalaatuisuuden seuraamisessa kannattaa vertailla nostatettujen leipien korkeutta ja niiden keskikohtien lämpötiloja. Leipurien on tärkeää huomioida miltä tuote näyttää tietyissä kohdissa nostatusta, kun taikinan lämpötila ja korkeus pellillä ovat tietyt. (Cauvain & Young 2007: 149.)

### 3.9 Paisto

Leivän siirto nostatuskaapista uuniin on kriittinen kohta leivonnassa. Leipä on lähellä lopullista tilavuuttaan, mutta sen rakenne on yhä hyvin joustava. Rakennetta ylläpitää ainoastaan jatkuva kaasunmuodostus huokoisiin soluihin. On tärkeää suojata sämpylöitä iskuilta ja kosketukselta, sillä jos kaasukuplien pysyvyys on heikko, niin pienikin isku voi tuhota hauraan rakenteen. (Cauvain & Young 2007: 153.)

Koska taikinan keskikohta on täysin taikinan eristämä, niin uuniin meno ei aiheuta muutoksia moneen minuuttiin, mutta kaasun muodostus jatkuu yhä. Taikinan keskikohdan nostatus jatkuu siis oleellisesti uunissa. Kaasukuplat yhdistyvät, kun taikina laajenee ja leivän sisuksen rakenne alkaa muodostua. Alussa kaasukuplat ovat kooltaan noin 20–250 µm ja niistä syntyy 1–4 mm:n kuplia. Uunissa lämmönsiirto tapahtuu lämpötilagradientin suuntaisesti läheltä leivän kuorta kohti taikinan keskikohtaa. Lämpötila nousee lähellä kuorta korkeintaan veden kiehumispisteeseen. Lämmönsiirtomekanismina on konduktio, ja leivän sisuksen lämpötila nousee riippumatta uunin lämpötilasta lähes tyyntä asymptoottisesti kiehumispistettä. Kosteuden siirtymistä uunissa ei juuri tapahdu. Leivän sisuksen kosteuspitoisuus pysyy lähes samana, mitä se oli ennen paistoa. (Cauvain & Young 2007: 154.)

Hiivan toiminta hidastuu, kun taikina alkaa lämmitä uunissa ja loppuu, kun lämpötila on noussut 55 °C:seen. Rakennetta pitävät yllä taikinaan sitoutuneet kaasut, jotka laajenevat. (Cauvain & Young 2007: 154.)

Tärkkelyksen liisteröityminen alkaa noin 60 °C:ssa, ja lopulta tärkkelysjuväset absorboivat kaiken taikinassa olevan vapaan veden. Taikinassa ei ole riittävästi vettä liisteröimään tärkkelystä kokonaan ja vettä siirtyy proteiinikalvoilta tärkkelykseen, kun paisto etenee. Tarkka liisteröitymistilä lämpötila riippuu taikinan reseptistä. Taikinassa oleva sokeri voi nostaa tärkkelyksen liisteröitymistilä lämpötilaa monella asteella. (Cauvain & Young 2007: 155.)

Viljassa oleva alfa-amylaasi-entsyymi muuntaa tärkkelystä sokereiksi ja sen optimialue on 60–70 °C, mutta se toimii vielä 85 °C:ssa. Riittämätön alfa-amylaasiaktiivisuus pienentää leivän tilavuutta, koska tärkkelysrakenne jäykistyy liian nopeasti. Liian paljon alfa-



amylaasiaktiivisuutta aiheuttaa taas sen, että taikina on niin nestemäistä, että leipä romahtaa täysin. Liisteröitymisen ja entsyymiaktiivisuuden ajoitus ja vuorovaikutus määrittävät millaiseksi valmiin leivän sisus muodostuu. (Cauvain & Young 2007: 156.)

Tärkein parametri, mitä paiston aikana tarkkaillaan, on leivän ytimen loppulämpötila. Kun leivän sisuksen lämpötila on noin 92–95 °C, niin leivän rakenne on kaikkialta riittävän jäykkä osittain veden haihtumisen takia. (Cauvain & Young 2007: 156.)

Paiston aikana leivän kuoressa tapahtuu monimutkaisia fysikaalisia ilmiöitä. Kondensatio leivän pinnalle paiston alussa on edellytys kiillon muodostumiselle. Melko pian pinnan lämpötila kohoaa kastepisteen yläpuolelle ja haihtuminen alkaa. Hyvin pian tämän jälkeen pinta tavoittaa vapaan nesteen kiehumispisteen, joka on lähellä 100°C. Kosteuden haihtuminen kiihtyy. Kun pinta kuivuu, niin haihtumisrintama siirtyy pinnan alle ja leivän kuori alkaa muodostua. Kosteuden menetys ja siten painonmenetys uunissa on tärkeä osa kuoren muodostukselle. Uunin olosuhteita voidaan säätää painohäviön vähentämiseksi, mutta myös kuoren ominaisuudet muuttuvat samalla. Paiston aikana muodostuneen kuoren lämpötila alkaa nousta kohti uunin lämpötilaa. Kuoren väri muodostuu pääasiassa Maillardin reaktioissa, jotka alkavat yli 115 °C:n lämpötilassa. Maillardin reaktiot tuovat leipään myös flavoria. (Cauvain & Young 2007: 156–158.)

### 3.10 Jäähdytys

Kun leipä tulee ulos uunista, ilman lämpötila on matalampi kuin leivän kuoren lämpötila. Lämpötilagradientti on yhä minuuttien ajan kohti sämpylän keskusta ja sen lämpötila nousee yhä. Seuraavaksi pelti poistetaan imun avulla ja leivät siirretään jäähdytykseen. Matkalla uunista jäähdytykseen tuotteet ovat kontrolloimattomissa olosuhteissa ja lämmön lisäksi leivästä haihtuu kosteutta. Leipä on saatava nopeasti jäähdytyshuoneeseen tai -spiraaliin kontrolloituihin olosuhteisiin, sillä tässä vaiheessa kosteuden haihtuminen on epätoivottua hävikkiä. (Cauvain & Young 2007: 165.)

Leipä jäähtyy lämmönsiirron ja haihtumisen avulla. Lämmönsiirto on pääasiassa konvektiota ympäröivään ilmavirtaukseen, mutta lämpöä haihtuu myös säteilemällä ja johtamalla jäähdytyshuoneen tai -spiraalin rakenteisiin. Kosteutta haihtuu kuoresta. Haihtumiseen kuluu energiaa ja leivän lämpötila laskee. Jäähdytyksessä haihtuva kosteus on

haihtumishäviötä. Usein on niin, että mikäli jäähdytyksen haihtumishäviötä halutaan pienentää, niin tarvitaan pitempi jäähdytysaika. Jäähdytyksessä käytetään ulkoilmaa pitämään jäähdytysolosuhteet sopivina. Kesällä ilmaa tarvitaan enemmän kuin talvella. Mikäli ympäröivät lämpötilat ovat kuumat esimerkiksi kesällä, niin jäähdytykseen tarvitaan jäähdytyslaite. Jäähdytyksessä kontrolloitavat olosuhteet ovat ilmavirtauksen nopeus, lämpötila ja suhteellinen kosteus. Jäähdytyksessä on tärkeää olla tasaiset olosuhteet. Esimerkiksi jos leivät ovat eri lämpöisiä, niin lämpimämmät leivät voivat puristua leikkauksessa. Tavoitelämpötila leivän sisukselle jäähdyttämisen jälkeen on noin 25 °C. (Cauvain & Young 2007: 165–167.)

### 3.11 Pussitus ja pakkaus

Lähtökohta leivän säilyvyydelle on hyvä tuotantohygienia. Säilyvyyttä voidaan tämän lisäksi edistää lisäämällä suolaa, valmistusmenetelmillä, raaka-ainevalinnoilla sekä pakkaamisella. Leipäpakkauksen tehtäviä ovat: suojata ympäristöltä, parantaa säilyvyyttä, mahdollistaa tehokas kuljetus, helpottaa käsittelyä, myynninedistäminen, tuoda tietoa, brändin esilletuonti ja olla edullinen. (Salovaara ym. 2017.)

Leipien hyllyikä on lyhyt. Tuoreiden hampurilaissämpylöiden parasta ennen leimaus on 1+5 päivää. Tämä tarkoittaa valmistuspäivää ja viittä päivää. Leipien pakkausmateriaalina käytetään yleensä paperista tai muovista (PE-LD tai PP/CPP) valmistettuja pusseja.

## 4 Materiaalit ja menetelmät

### 4.1 Näytteet

Näytteiksi valittiin kaksi erilaista hampurilaissämpylää (A ja B), jotka erosivat toisistaan reseptikaltaan. Hampurilaissämpylä B:ssä oli korkeampi sokeripitoisuus. Nämä tuotetyypit valittiin, sillä niillä on suuri tuotantovolyymi.

Hampurilaissämpylät valmistettiin linjastolla, jossa yhden taikinaerän koko vaihteli 125 kg:n ja 335 kg:n välillä. Sämpylöiden valmistusprosessi koostuu seuraavista vaiheista:

- esitaikinanteko (vesi, jauhot ja hiiva sekoitetaan)

- fermentaatio (kestää 180 min noin 32 °C lämpötilassa)
- Tämän jälkeen raski jäädytetään noin 5 °C:seen ja raski menee säilytystankki 3:meen
- taikinanteko (Reseptin valinnan jälkeen ainekset punnitaan pääosin koneellisesti.)
- Öljy, vesi, hiiva, raski ja suola, paranne, jauhot ja sokeri sekoitetaan taikina-sekoittimella (mikseri 2)
- paloittelu (Ylähopperin ja alahopperin välissä on kaksi ruuvia, jotka työntävät taikinaa veitsen samaan aikaan paloitellessa taikinaa. Painetta voidaan säätää, jolloin ruuvi työntää taikinaa hitaammin tai nopeammin. Ilma poistuu taikinasta vakuumin ansiosta)
- riivaus, välilepo (kesto 2 minuuttia)
- panostus (taikina palat pellille), nostatus, paisto, jäädytys ja pakkaus.

Hampurilaissämpylöiden valmistusprosessi kesti kokonaisuudessaan 1 h 40 min (raaka-aineiden punnituksesta valmiiseen tuotteeseen)

Koeajot tehtiin vuoden 2017 tammikuussa. Koeajoja oli noin kahden viikon aikana hampurilaissämpylä A:lle seitsemänä päivänä ja B:lle kolmena päivänä (Taulukko 2). Koeajopäivät valittiin siten, että olisi mahdollisimman kattavasti eri tuotantopäiviä. Eri viikonpäivinä laitteiston aloituslämpötila vaihtelee. Koneet viilenevät viikonlopun aikana ja sunnuntaina aloitetaan tuotanto. Mittaustietojen keräämiseen osallistui insinööryöntekijän lisäksi useita Lantmännen Unibake Finland Oy:n työntekijöitä.

Taulukko 2 Koeajopäivät tammikuussa 2017

koeajopäivä	sämpylä	sämpylä
	palapaino	valmispaino
su 15.1.	A	A ja B
ma 16.1.	A ja B	A ja B
ke 18.1.	A	A
pe 20.1	A	A
ma 23.1.	A	A
ke 25.1.	A	A
ma 30.1.	A ja B	A ja B

#### 4.2 Pala- ja valmispainojen punnitus

Palapaino on taikinapalan massa. Valmispainolla tarkoitetaan valmiin hampurilaissämpylän massaa. Hampurilaissämpylä A:n tavoitepala- ja valmispainot olivat 60 ja 52 grammaa ja hampurilaissämpylä B:n vastaavasti 61 ja 52 grammaa. Sämpylöiden valmispainot saivat enimmillään vaihdella  $\pm 3$  g:n rajoissa. Palapainoilla vaihteluraja ei ole niin tarkka, mutta halutaan päästä asiakkaalle luvattuun valmispainoon.

Palapainot punnittiin, kun taikinapalat oli panostettu pellille. Valmispaino punnittiin tuotantolinjalta ennen pakkaamista. Pala- ja valmispainot punnittiin Mettler Toledo 1030 -vaa'alla. Käytetyn vaa'an mittaustarkkuus oli 0,1 g. Hampurilaissämpylä A:n palapainoja punnittiin keskimäärin 439 kpl ja hampurilaissämpylä B:tä vastaavasti 86 kappaletta.

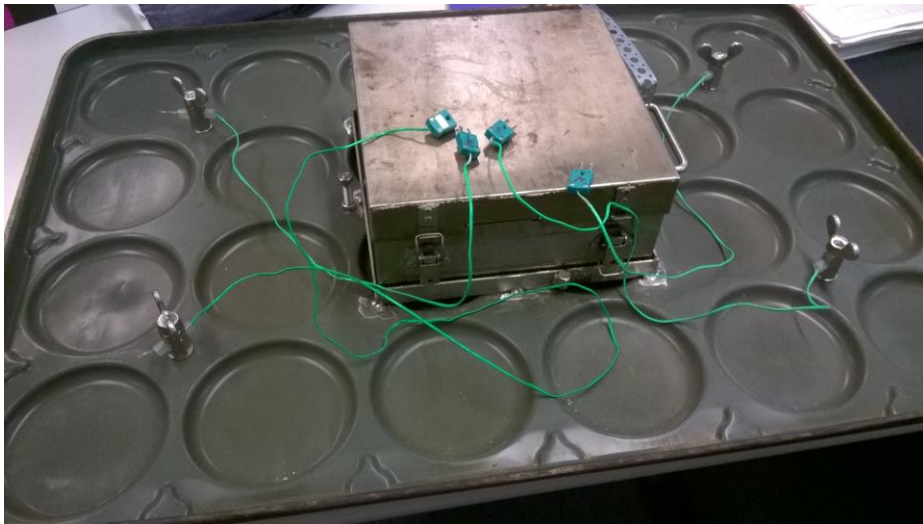
Palapainoja punnittaessa kokonainen pelti kannettiin vaa'an luo tuotantolinjalta kohdasta, josta pellit olivat nostatuskaapissa noin puolen minuutin kuluttua. Yhdellä pellillä oli 5 \* 6 taikinapalaa (à x 60 tai 61 grammaa). Palapainot punnittiin siten, että kuusi vierekkäistä palaa punnittiin perätysten ja vaaka laski näistä kuudesta keskiarvon. Yhdeltä pelliltä saatiin siis viisi kuuden punnituksen keskiarvoa. Vaaka myös tallensi automaattisesti ajan, jolloin palapaino oli punnittu. Palapainoja punnittiin yhtäjaksoisesti noin tunti ja neljäkymmentä minuuttia.

Valmispainot punnittiin sen jälkeen, kun palapainojen punnitus loppui. Valmiit sämpylät olivat valmispainoja mittaavan vaa'an luona yhden tunnin ja neljäkymmenen minuutin päästä siitä, kun pellin ensimmäinen palapaino punnittiin. Koska pellillä oli 30 punnitta-

vaa taikinapalaa, niin yhden pellin palapainojen punnitsemisessa meni muutama minuutti. Valmispainot punnittiin siten, että liukuhihnalta otettiin satunnaisesti valmiita sämpylöitä punnittavaksi. Vaaka laski kuuden perättäisen punnituksen keskiarvon. Mettler-vaaka tallensi automaattisesti punnitusajankohdan.

#### 4.3 Tuotantoprosessin parametrien mittaukset

Nostatuskaapin lämpötila sekä uunin lämpötila saatiin niihin asennettujen dataloggerien avulla. Uunin lämpötila mitattiin siten, että loggeri laitettiin menemään pellillä uunin läpi ja lämpötilaa mitattiin pellin neljästä eri kohdasta (Kuva 1).



Kuva 1 Uunin lämpötilaa mittaava loggeri ja neljä anturia

Taikinan pintalämpötila, raskin varastointitankin lämpötila sekä nestemäisen hiivan lämpötila saatiin tuotannon jatkuvasta online-mittauksesta, jossa arvot dokumentoidaan tunnin välein. Tavoitearvot edellä mainituille olivat 25 °C, 2–5 °C ja 2–5 °C. Kahtena mitauskertana (6. ja 7. koeajopäivänä) hiivan lämpötiloja kerättiin tiheämmin lukemalla näyttöltä ja kirjaamalla arvot käsin talteen.

#### 4.4 Tuotantotilan olosuhteiden mittaukset

Leipomon ilman lämpötila ja ilman suhteellinen kosteus kirjattiin muistiin viidentoista minuutin välein leipomon seinällä olevalta mittarinäytöltä. Jäähdytyshuoneen ilman lämpötila ja ilman suhteellinen kosteus kirjattiin muistiin noin kymmenen minuutin välein leipomon mittarinäytöltä samaan aikaan, kun valmispainoja punnittiin.

#### 4.5 Prosessihävikki

Prosessihävikki laskettiin seuraavalla kaavalla:

$$\text{prosessihävikki} = (\text{palapaino} - \text{valmispaino}) / \text{palapaino} * 100 \% \quad (1)$$

#### 4.6 Tulosten käsittely

Pala- ja valmispainoista laskettiin keskiarvot ja tehtiin tilastollinen testaus (varianssianalyysi) Excel-ohjelmistolla. Varianssianalyysi tehtiin eri koeajopäivien välillä sekä kunkin koeajopäivän sisällä (taikinapanoksen alku, keskikohta ja loppu). Valmispainojen keskiarvoja eri päivinä verrattiin prosessimuuttujien keskiarvoihin eri koeajopäivinä.

## 5 Tulokset ja tulosten tarkastelu

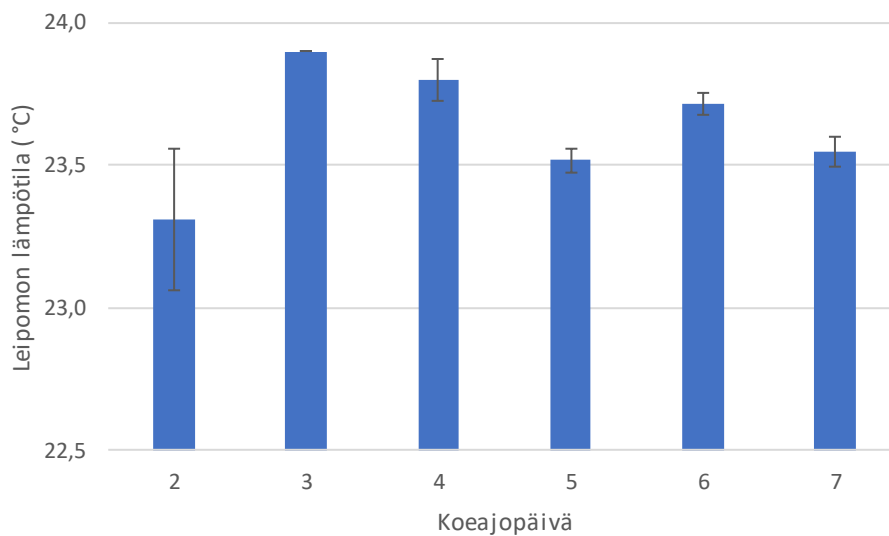
### 5.1 Olosuhteet ulkona ja leipomossa

Ulkolämpötila tammikuuhun ajoitetulla seuranta-ajanjaksona oli välillä 0... -5,8°C (Taulukko 3). Ulkolämpötila saattoi olla yhteydessä leipomon sisälämpötilaan ja suhteelliseen kosteuteen. Ulkolämpötilat olivat melko lähellä toisiaan koeajopäivinä, joten ulkolämpötilan vaikutus hampurilaissämpylöiden valmispainoon oli vähäinen.

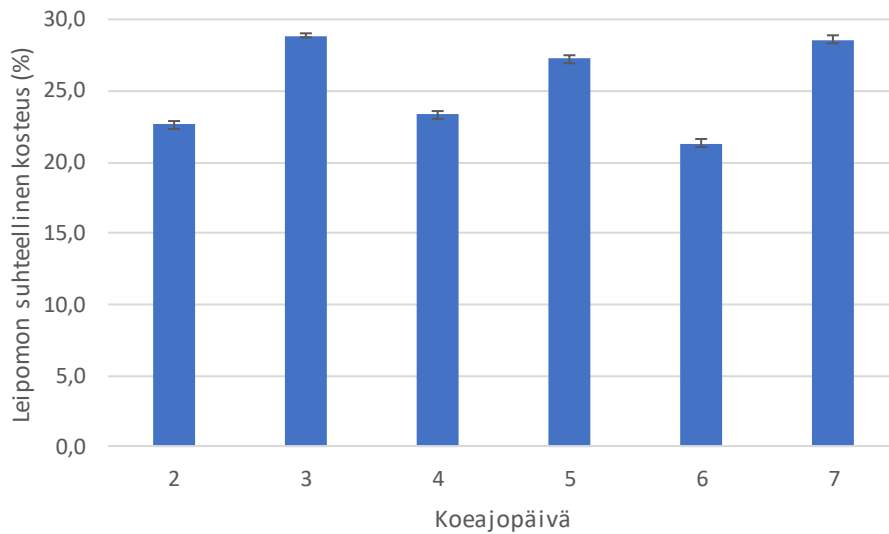
Taulukko 3 Ulkoilman lämpötilä Vantaalla seurantajakson aikana (Ilmatieteen laitos)

	sämpylä	kellonaika	lämpötilä (°C)
1. koeajo	A ja B		
2. koeajo	A ja B	11:40	-4,2
3. koeajo	A	8:00	0,2
4. koeajo	A	8:00	-3,4
5. koeajo	A	8:00	-0,8
6. koeajo	A	8:10	-5,8
7. koeajo	A ja B	7:50	0,0

Leipomon ilman lämpötilä seurantapäivinä oli keskimäärin 23,6 °C ollen matalimmillaan 23,3 °C ja suurimmillaan 23,9 °C (Kuva 2). Leipomon ilman suhteellinen kosteus oli keskimäärin 25,4 % ollen matalimmillaan 21,4 % ja suurimmillaan 28,9 % (Kuva 3). Leipomon lämpötilä pysyi siis mittauspäivinä melko tasaisena. Leipomon suhteellinen kosteus puolestaan vaihteli enemmän.

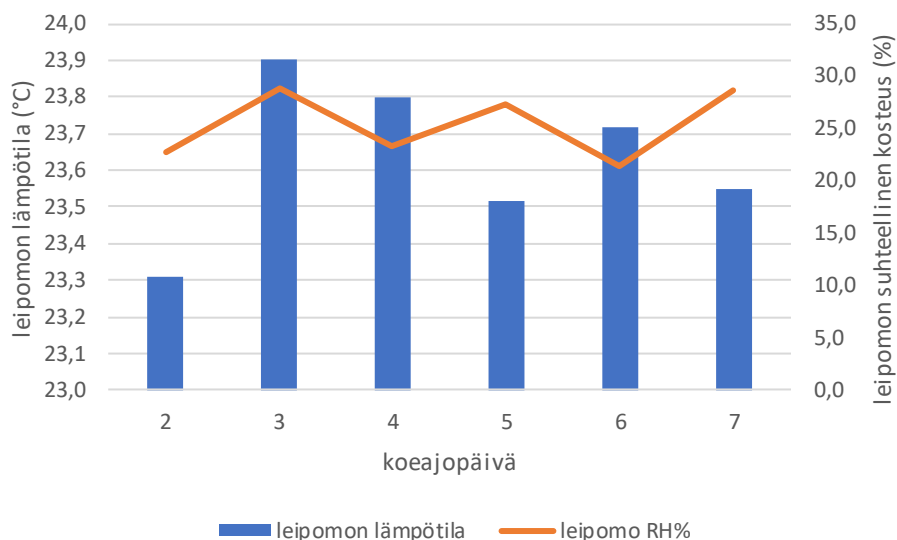


Kuva 2 Leipomon lämpötilän keskiarvo ja keskihajonta koeajopäivinä



Kuva 3 Leipomon ilman suhteellisen kosteuden keskiarvo ja keskihajonta koeajopäivinä

Kuvasta 4 nähdään, että leipomon lämpötilan ja suhteellisen kosteuden välillä ei kuvaa-  
jan perusteella ollut yhteyttä. Esimerkiksi, kun lämpötila kasvoi niin ilman suhteellinen  
kosteus ei muuttunut joka kerta samanlailla tähän nähden. Kun ilman lämpötila kohoaa,  
niin ilmaan voi haihtua lisää vettä. Kun ilman lämpötila laskee, vähemmän vettä voi haih-  
tua ilmaan. (Bakery School Module 2.)



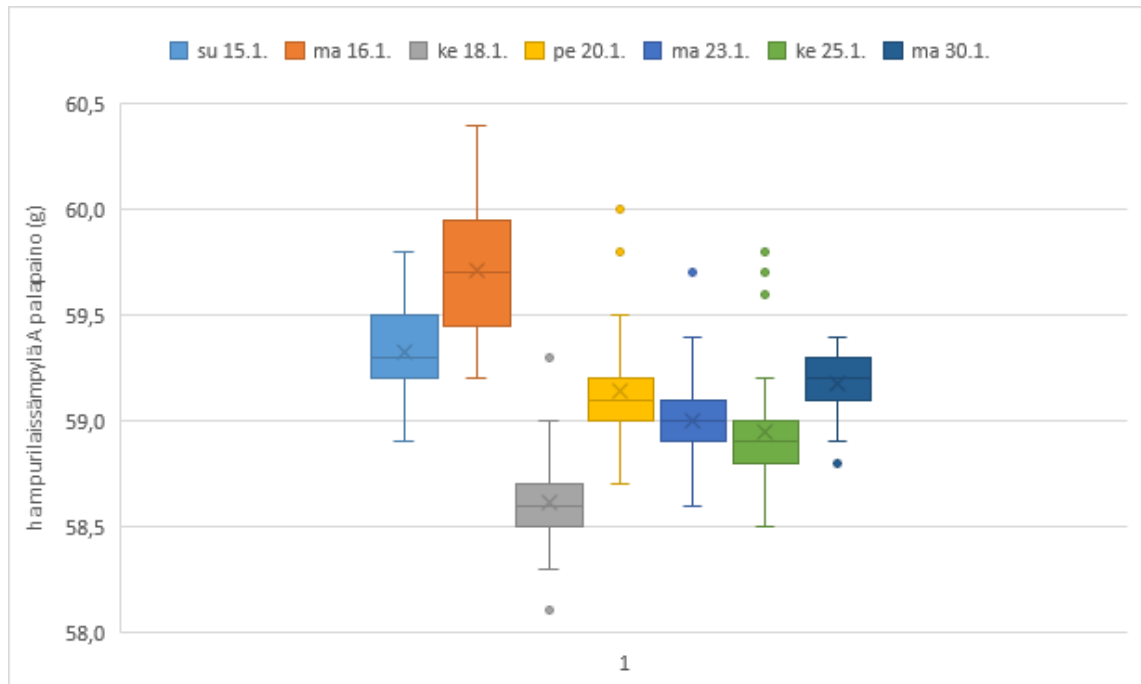
Kuva 4 Leipomon lämpötila ja ilman suhteellinen kosteus koeajopäivinä



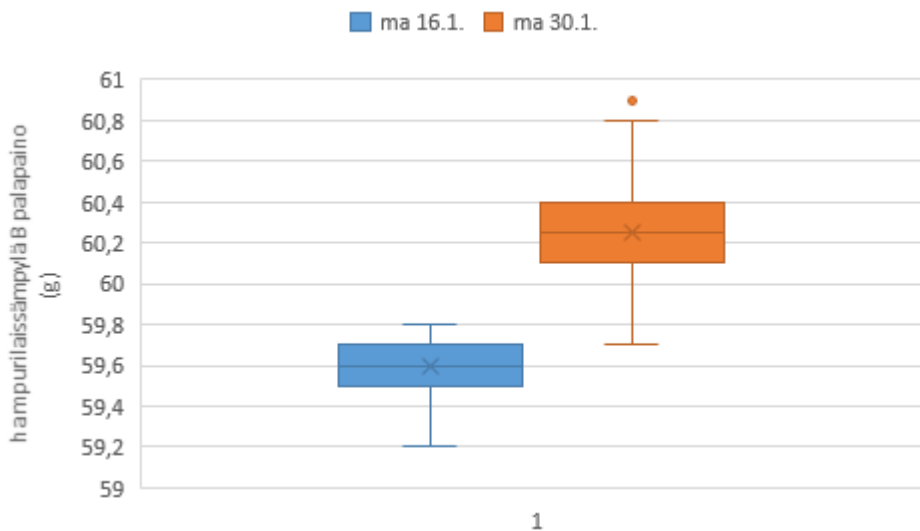
## 5.2 Palapaino

Hampurilaissämpylä A:n palapainon tavoite oli 60 g. Palapainojen keskiarvo ja hajonta seuranta päivinä olivat  $59,0 \text{ g} \pm 0,3 \text{ g}$ . Hampurilaissämpylä A:n palapainoissa oli tilastollisesti merkitsevää vaihtelua eri koeajopäivien välillä, sillä p-arvo oli  $2 \cdot 10^{-92}$  (Liite 1, kuva 27). Kuvasta 5 nähdään, että palapainoissa oli vaihtelua eri koeajopäivinä. Mediaani ja keskiarvo olivat lähellä toisiaan. Poikkeavia arvoja oli koeajopäivinä 3–7. Toisena koeajopäivänä päästiin lähimmäksi tavoiteltua palapainoa.

Hampurilaissämpylä B:n palapainon tavoite oli 61 g. Palapainojen keskiarvo ja hajonta seuranta päivinä olivat  $60,0 \text{ g} \pm 0,4 \text{ g}$ . Molempien sämpylöiden palapainot jäivät siis gramman tavoitteesta. Hampurilaissämpylä B:n palapainot 2. (ma 16.1.) ja 7. (ma 30.1.) koeajopäivänä poikkesivat toisistaan. Mediaanit ja keskiarvot olivat samassa kohdassa. Kuvasta 6 huomataan, että 61 g:n tavoitteesta jäätiin kumpanakin päivänä. Keskiarvot olivat 2. koeajopäivänä 59,6 g ja 7. koeajopäivänä 60,3 g.



Kuva 5 Palapainot hampurilaissämpylä A, ruutu-janakaavio koeajopäivinä 1–7. Kuvaajissa 5–8 ruudun alareuna esittää alaneljännestä ja yläreuna yläneljänneistä. Ruudun sisällä oleva viiva esittää mediaania. Rasti esittää keskiarvoa. Ruudun ala- ja yläpuolisten janojen päätepisteet edustavat pienintä ja suurinta arvoa, ellei aineistossa ole niin kutsuttuja poikkeavia arvoja. Poikkeavina arvoina pidetään arvoja, jotka sijaitsevat yli 1,5 ruudun korkeuden etäisyydellä ruudun ala- tai yläreunasta. Tällaiset poikkeavat arvot esitetään ruutu-janakaaviossa pisteinä.

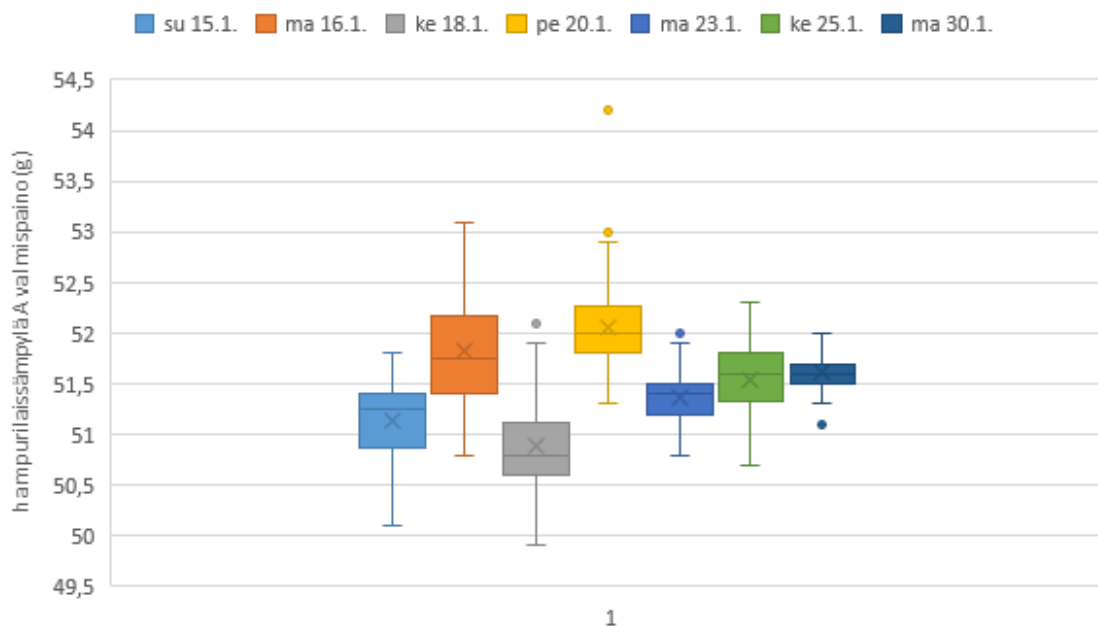


Kuva 6 Palapainot hampurilaissämpylä B, ruutu-janakaavio koeajopäivinä 2 ja 7

### 5.3 Valmispaino

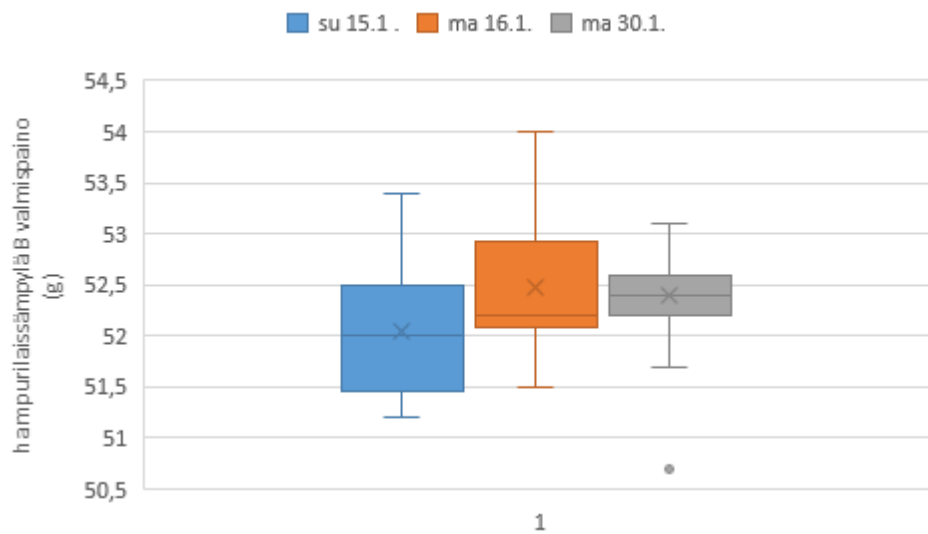
Hampurilaissämpylä A:n valmispainon tavoite oli 52 g. Valmispainojen keskiarvo ja hajonta seurantapäivinä olivat  $51,5 \pm 0,6$  g. Hampurilaissämpylä A:n valmispainojen välillä oli tilastollisesti merkitsevää eroa eri koeajopäivien välillä, p-arvo oli  $2,67 \cdot 10^{-41}$  (LIITE 1, kuva 28). Kuvasta 7 huomataan, että hampurilaissämpylä A:n valmispainoissa oli vaihtelua eri päivinä, kuten varianssianalyysilläkin todettiin. 2. ja 4. koeajopäivänä päästiin lähimmäksi tavoitepainoa 52 g. Mediaanit ja keskiarvot olivat lähellä toisiaan. 4. koeajopäivänä oli yksi selvästi poikkeava arvo, 54,2 g. Tämänkin arvo oli hyväksyttävissä rajoissa, sillä valmispainon tuli olla  $52 \pm 3$  g. 7. koeajopäivänä kaikki valmispainot olivat lähellä toisiaan, keskiarvon ollessa 51,6 g. Vaikka varianssianalyysin mukaan oli tilastollisesti merkitsevää vaihtelua niin käytännössä valmispainot pysyivät hyvin halutuissa rajoissa tämän tutkimuksen aikana.

Eri koeajopäivien välillä oli siis tilastollisesti merkitsevää vaihtelua valmispainoissa. Lisäksi tutkittiin, oliko vaihtelua valmispainoissa myös saman päivän sisällä panoksen alku-, keski- ja loppuosan välillä. Valmispainojen saman päivän mittaustulokset jaettiin kolmeen osaan, alku, keskikohta ja loppu ja tehtiin varianssianalyysi. Ainoastaan 2. koeajopäivänä hampurilaissämpylä A:lla oli tilastollisesti merkitsevää vaihtelua taikinapanoksen eri kohdissa, p-arvon ollessa 0,047 (LIITE 1, kuva 30). 2. koeajopäivänä oli tuotantokatko, joka saattoi vaikuttaa tulokseen. Sämpylöiden valmispainot pysyivät siis päiväkohtaisesti tasaisina koko taikinapanoksen aikana.



Kuva 7 Valmispainot hampurilaissämpylä A ruutu-janakaavio koeajopäivinä 1–7

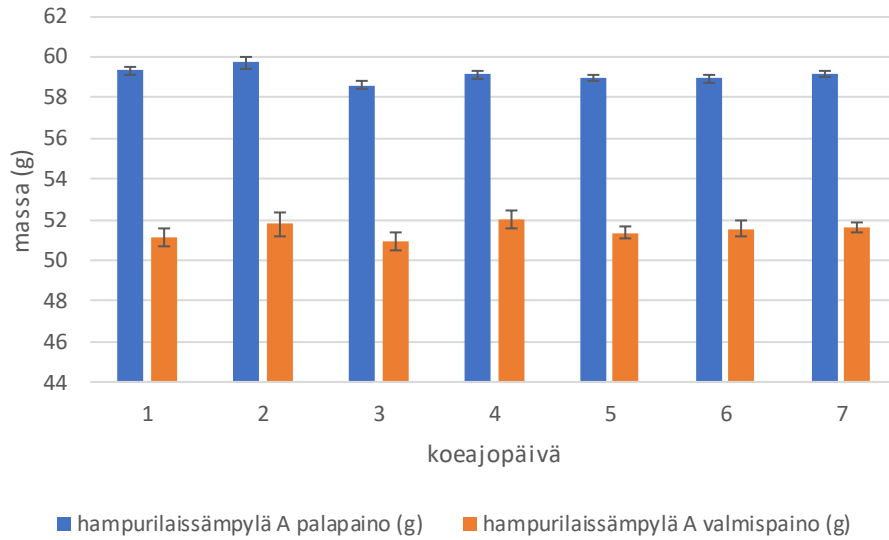
Hampurilaissämpylä B:n valmispainon tavoite oli 52 g. Valmispainojen keskiarvo ja hajonta seuranta päivinä olivat  $52,3 \pm 0,5$  g. Myös hampurilaissämpylä B:n valmispainoissa oli tilastollisesti merkitsevää eroa eri koeajopäivien välillä, p-arvo oli 0,0064 (LIITE 1, kuva 29). Kuvasta 8 nähdään, että hampurilaissämpylä B:n valmispainot olivat melko lähellä toisiaan. 1. koeajopäivänä päästiin lähelle tavoitearvoa 52 g keskiarvon ollessa 52,0 g. 2. ja 7. koeajopäivänä keskiarvot olivat 52,5 g ja 52,4 g.



Kuva 8 valmispainot hampurilaissämpylä B ruutu-janakaavio koeajopäivinä 1, 2 ja 7

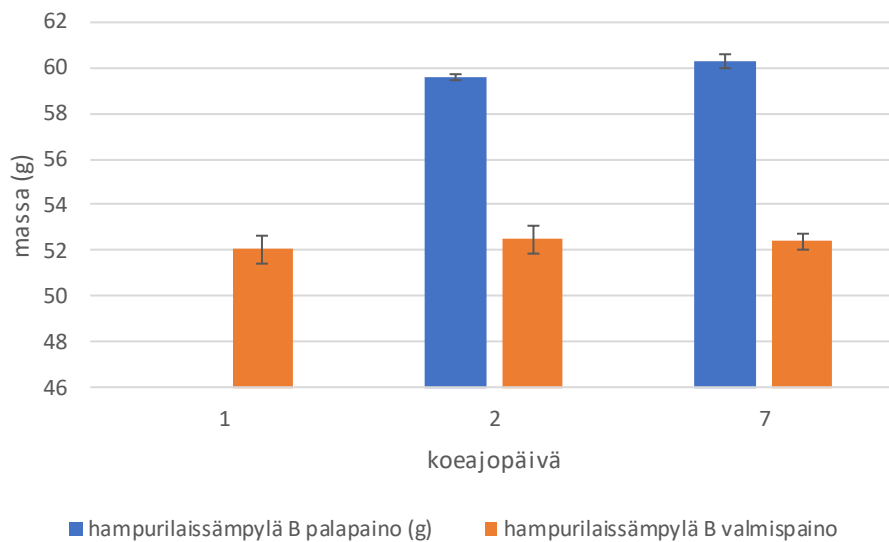
#### 5.4 Palapaino ja valmispaino

Kuvasta 9 huomataan, että koeajopäivänä 3 hampurilaissämpylä A:n palapaino oli pienimmillään ja myös valmispaino oli pienimmillään. Suurimmillaan palapaino oli toisena koeajopäivänä, jolloin valmispaino oli 2. suurin. Palapainolla näyttäisi näiden tulosten perusteella olevan vaikutusta valmispainoon. Keskihajonnat ovat melko tasaisia.



Kuva 9 Hampurilaissämpylä A:n palapaino ja valmispaino eri koeajopäivinä

Kuvasta 10 nähdään, että hampurilaissämpylä B:n palapainot jäivät alle 61 g:n tavoitteen, mutta valmispainot olivat tästä huolimatta hyvin lähellä 52 g:n tavoitetta. Hampurilaissämpylä B:llä ei voida tämän tuloksen perusteella havaita palapainon ja valmispainon yhteyttä.



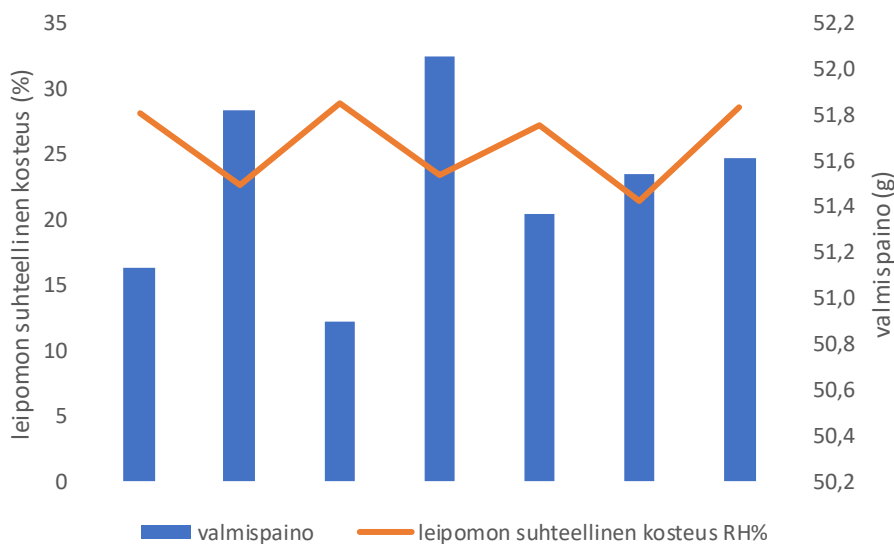
Kuva 10 Hampurilaissämpylä B:n palapaino ja valmispaino eri koeajopäivinä

## 5.5 Tuotantoparametrien vaikutukset hampurilaissämpylöihin

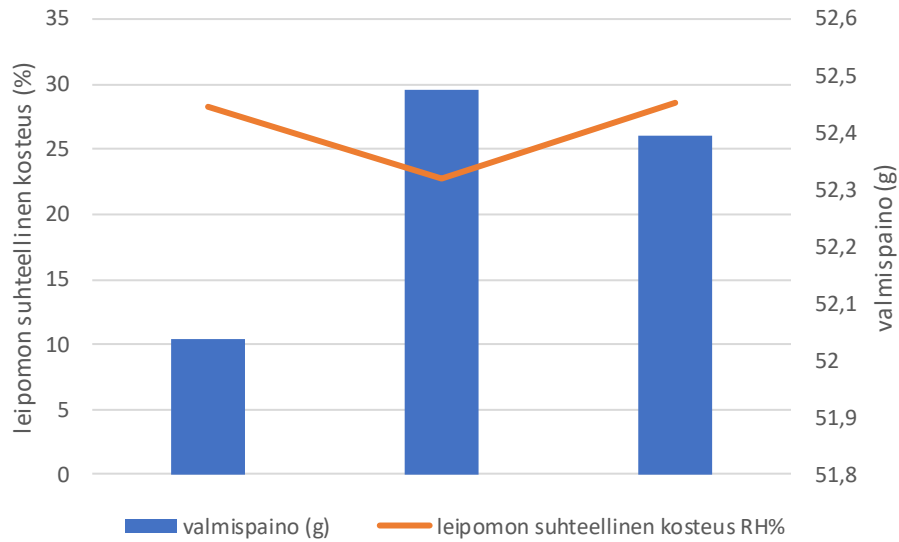
### 5.5.1 Leipomon ilman suhteellinen kosteus ja sämpylöiden valmispainot

Kuvasta 11 nähdään, että koeajopäivinä 1–6 aina kun valmispaino muuttui (laski tai nousi), niin ilman suhteellinen kosteus muuttui päinvastaiseen suuntaan. Eli ilman suhteellisen kosteuden noustessa valmispaino laski. 7. koeajopäivänä sekä ilman suhteellinen kosteus että valmispaino nousivat 6. päivästä. Myös kuvassa 12 hampurilaissämpylä B:llä ilman suhteellisen kosteuden noustessa valmispaino laski. Ilman suhteellisen kosteuden nousu pienentäisi tämän tutkimuksen mukaan valmispainoa.

Teoriassa tuloksen pitäisi olla päinvastainen. Kosteampaan ilmaan ei pysty haihtumaan kosteutta hampurilaissämpylöistä yhtä paljoa kuin kuivempaan ilmaan. Kun kosteutta haihtuu hampurilaissämpylöistä vähemmän, niin kosteus jää sämpylään ja valmispaino olisi täten suurempi. Teoriassa siis, kun ilman suhteellinen kosteus nousee, valmispainokin nousisi. Hampurilaissämpylä A:lla ilman suhteellinen kosteus vaihteli 21,4–28,9 %:n välillä ja hampurilaissämpylä B:llä 22,7–28,6 %:n välillä. Leipomon ilman suhteellisessa kosteudessa oli selvää vaihtelua.



Kuva 11 Hampurilaissämpylä A, leipomon ilman suhteellinen kosteus ja valmispaino 1–7 koeajopäivänä

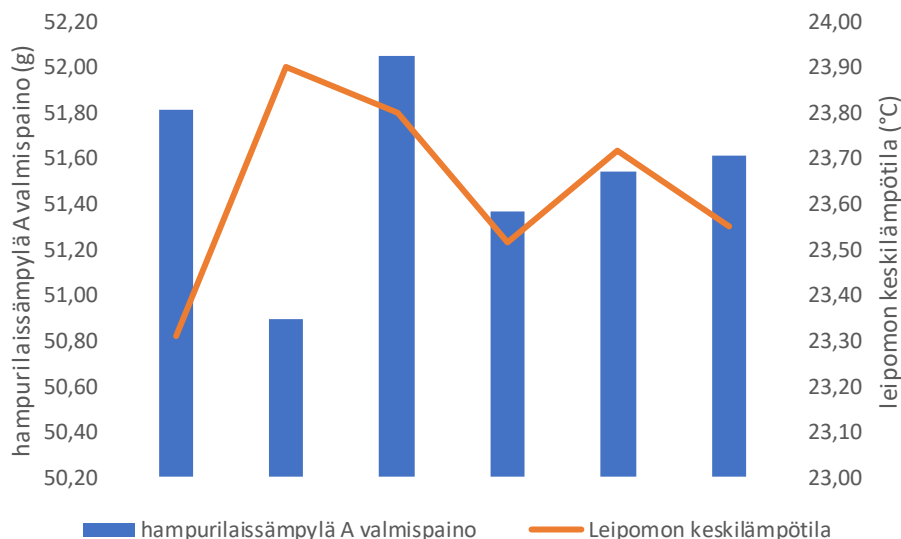


Kuva 12 Hampurilaissämpylä B, leipomon suhteellinen kosteus ja valmispaino 1, 2 ja 7 koeajopäivänä

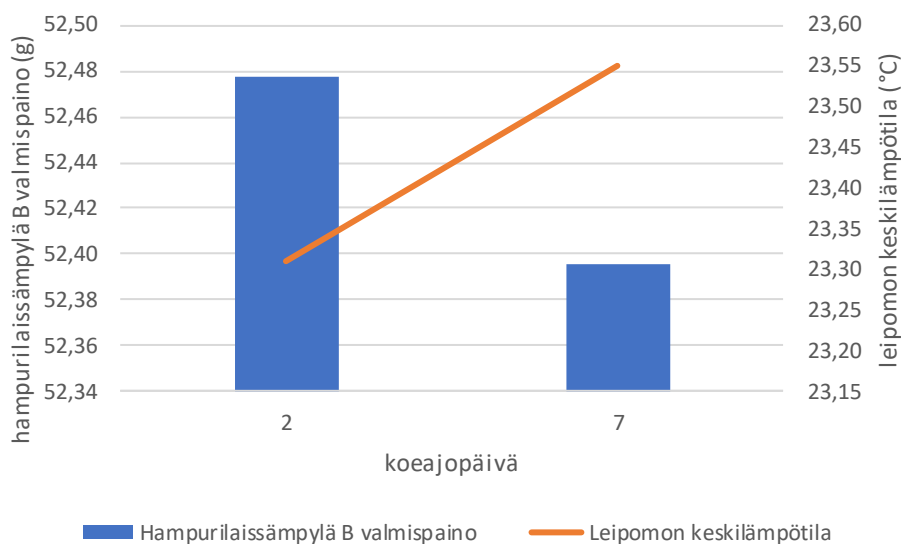
### 5.5.2 Leipomon lämpötila ja sämpylöiden valmispainot

Kuvasta 13 nähdään, että leipomon keskilämpötilan ja hampurilaissämpylä A:n valmispainon välillä ei tämän tutkimuksen perusteella ollut yhteyttä. Kuvassa 14 oli vain kaksi koeajopäivää, joten ei pystytä sanomaan, onko leipomon lämpötilan ja hampurilaissämpylä B:n valmispainon välillä yhteyttä.





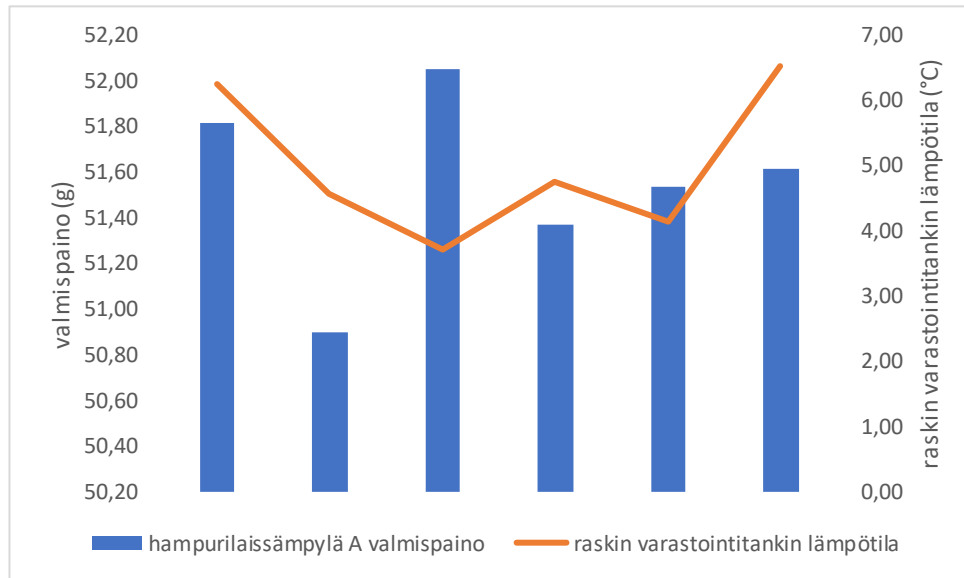
Kuva 13 Hampurilaissämpylä A valmispaino ja leipomon keskilämpötila koeajopäivinä 2–7



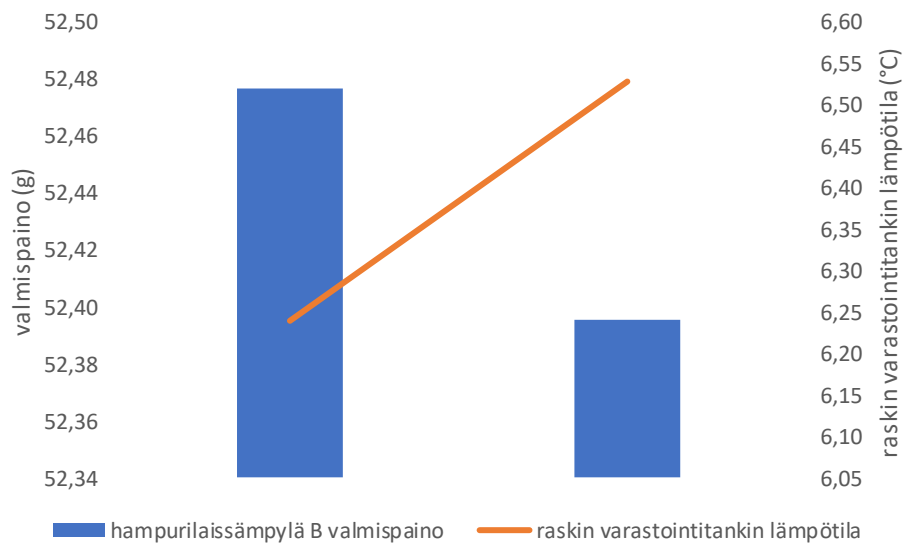
Kuva 14 Hampurilaissämpylä B:n valmispaino ja leipomon keskilämpötila

### 5.5.3 Raskin varastointitankin lämpötila ja sämpylöiden valmispainot

Raskin varastointitankin lämpötilan tavoitearvo oli 2–5 °C. Kuvasta 15 nähdään, että 2. ja 7. päivänä menttiin tavoitearvon yläpuolelle. 2. päivänä keskimääräinen lämpötila oli 6,2 °C ja 7. koeajopäivänä 6,5 °C. Kuvista 15 ja 16 ei voida todeta yhteyttä raskin varastointitankin lämpötilan ja valmispainon keskiarvon välillä.



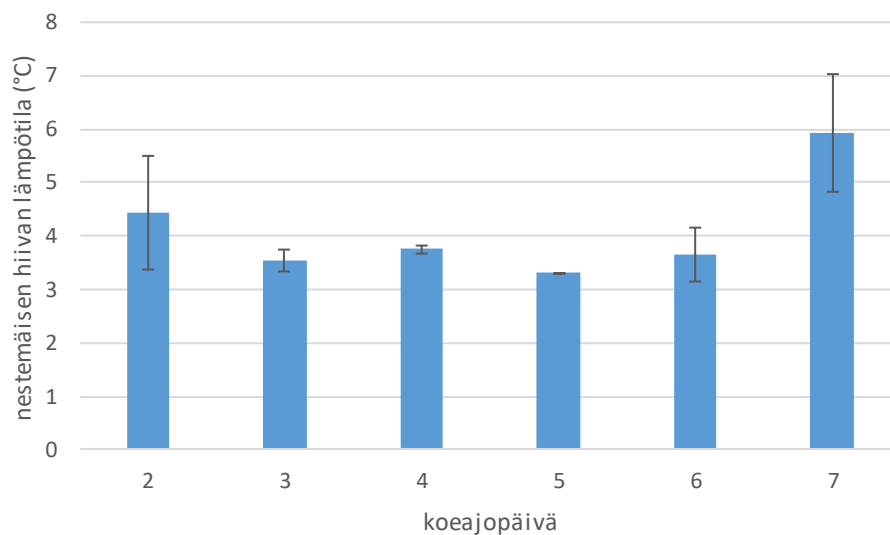
Kuva 15 Hampurilaissämpylä A:n valmispaino ja raskin varastointitankin lämpötila koeajopäivinä 2–7



Kuva 16 Hampurilaissämpylä B:n valmispaino ja varastointitankin lämpötila koeajopäivinä 2 ja 7

#### 5.5.4 Nestemäisen hiivan lämpötila ja sämpylöiden valmispainot

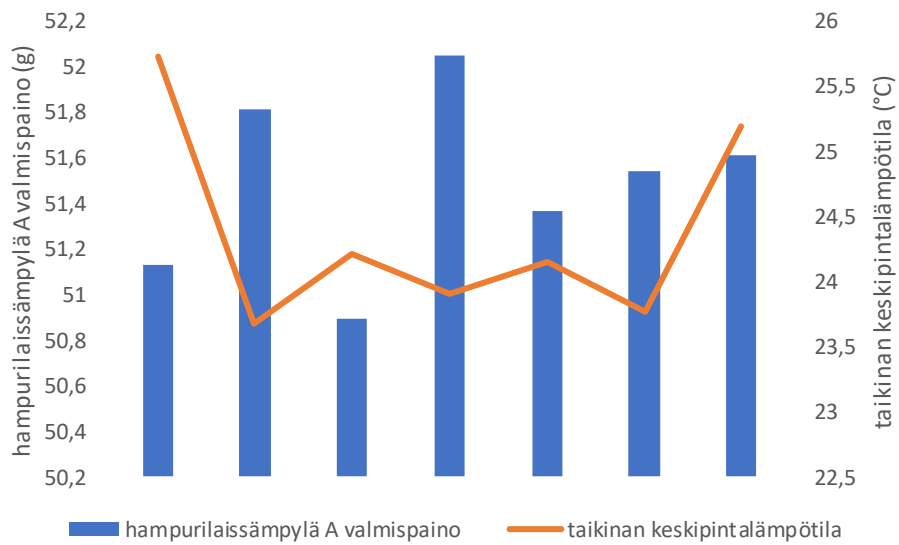
Nestemäisen hiivan tavoitearvo oli 2–5 °C. Ainoastaan 7. koeajopäivänä keskilämpötila poikkesi tavoitteesta lämpötilan ollessa 5,9 °C. Hiivan lämpötilalla ei tässä tutkimuksessa todennäköisesti ollut vaikutusta valmispainoon.



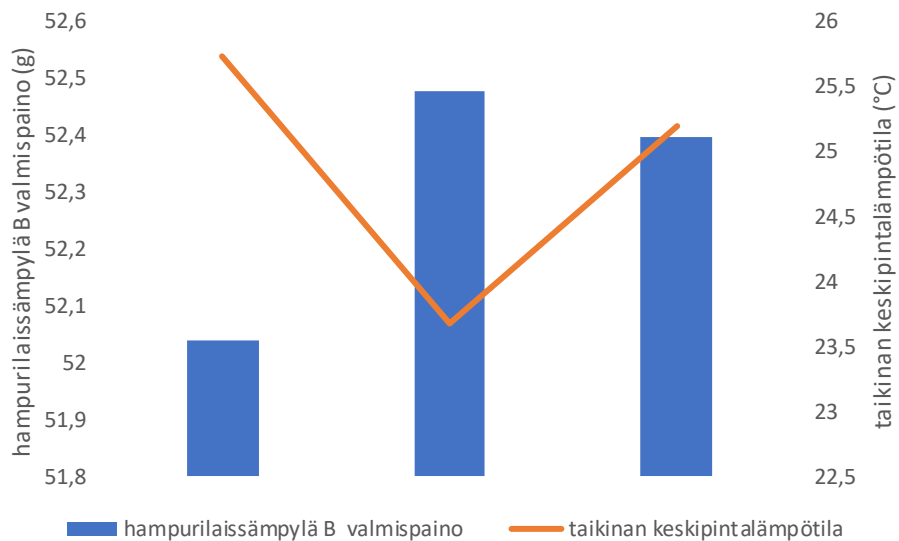
Kuva 17 Nestemäisen hiivan lämpötila eri koeajopäivinä

#### 5.5.5 Taikinan pintalämpötilan vaikutus sämpylöiden valmispainoihin

Taikinan pintalämpötilan tavoite oli 25 °C. Kuvasta 18 nähdään, että pintalämpötila oli useana päivänä alle tavoitteen. Pintalämpötila oli pienimmillään 2. koeajopäivänä 23,7 °C ja suurimmillaan 25,7 °C ensimmäisenä koeajopäivänä. Kuvien 18 ja 19 perusteella vaikuttaisi, että kun taikinan pintalämpötila nousi, niin hampurilaissämpylän valmispaino laski ja päinvastoin.



Kuva 18 Hampurilaissämpylä A:n valmispaino ja taikinan pintalämpötila koepäivinä 1–7



Kuva 19 Hampurilaissämpylä B:n valmispaino ja taikinan pintalämpötila koeajopäivinä 1,2 ja 7

### 5.5.6 Nostatuskaapin lämpötila ja sämpylöiden valmispainot

Nostatuskaapin lämpötila tietoja saatiin koeajopäiviltä 3, 4, 5 ja 6. Nostatuskaapin asetusarvo oli 43 °C. Sensorilla 52E2C saatiin nostatuskaapin lämpötilan keskiarvoksi jokaisena päivänä 42,0 °C ja sensorilla 52E2D 42,1 °C. Keskihajonnat olivat hyvin pieniä.

Nostatuskaapin lämpötila ei siis vaikuttanut tässä tutkimuksessa valmispainoihin, sillä se oli lähes vakio. Tämä päti vain tutkituille päiville. Myös nostatuskaapin ilman suhteellista kosteutta olisi kannattanut mitata tässä työssä.

Taulukko 4 Nostatuskaapin lämpötilat eri päivinä

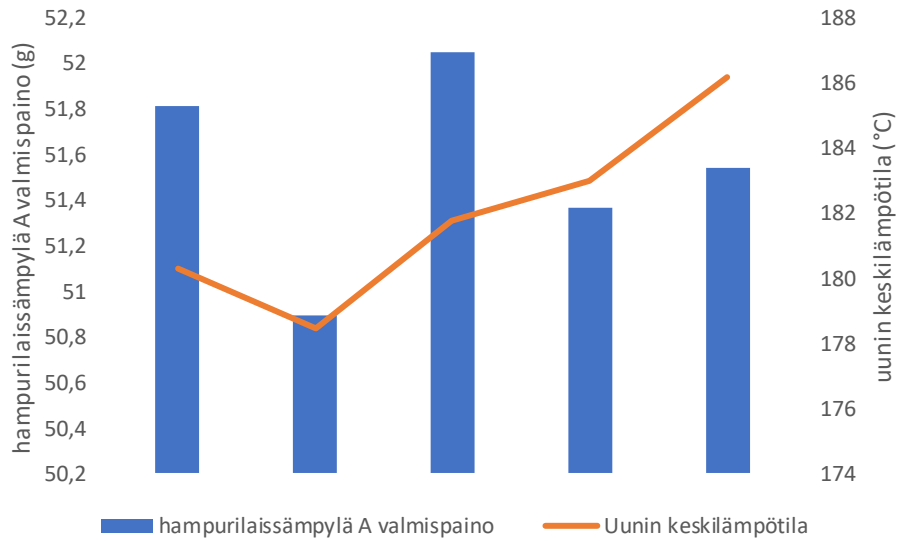
	sensori 52E2C	sensori 52E2C	sensori 52E2D	sensori 52E2D
koeajopäivä	ka. T (°C)	keskihajonta	ka. T (°C)	keskihajonta
3	42,0	0,064	42,1	0,075
4	42,0	0,094	42,1	0,102
5	42,0	0,042	42,1	0,051
6	42,0	0,022	42,1	0,023

### 5.5.7 Uunin lämpötila ja sämpylöiden valmispainot

Uunin lämpötilaa tutkittiin neljällä anturilla. Ensimmäinen anturi näytti systemaattisesti väärin. Taulukossa 5 on jokaisen anturin keskiarvolämpötila ja eri anturien keskiarvo. Uunin lämpötilassa oli vaihtelua koeajopäivinä. Pienin lämpötila oli 178,4 °C ja suurin 186,2 °C. Kuvasta 20 nähdään, että uunin keskilämpötilan ja hampurilaissämpylä A:n valmispainon välillä ei tämän tutkimuksen perusteella ollut yhteyttä.

Taulukko 5 Uunin lämpötilat eri päivinä

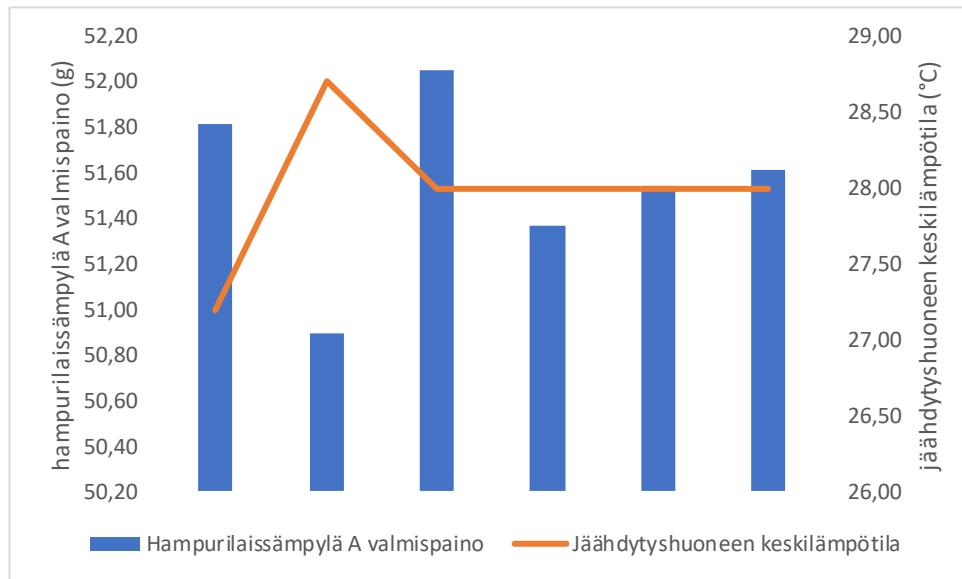
	anturi 2	anturi 3	anturi 4	keskiarvo
koeajopäivä	T(°C)	T(°C)	T(°C)	T(°C)
2	183,5	180,5	176,9	180,3
3	178,2	180,3	176,8	178,4
4	182,6	181,1		181,8
5	182,4	186,4	180,2	183,0
6	187,0	188,1	183,6	186,2



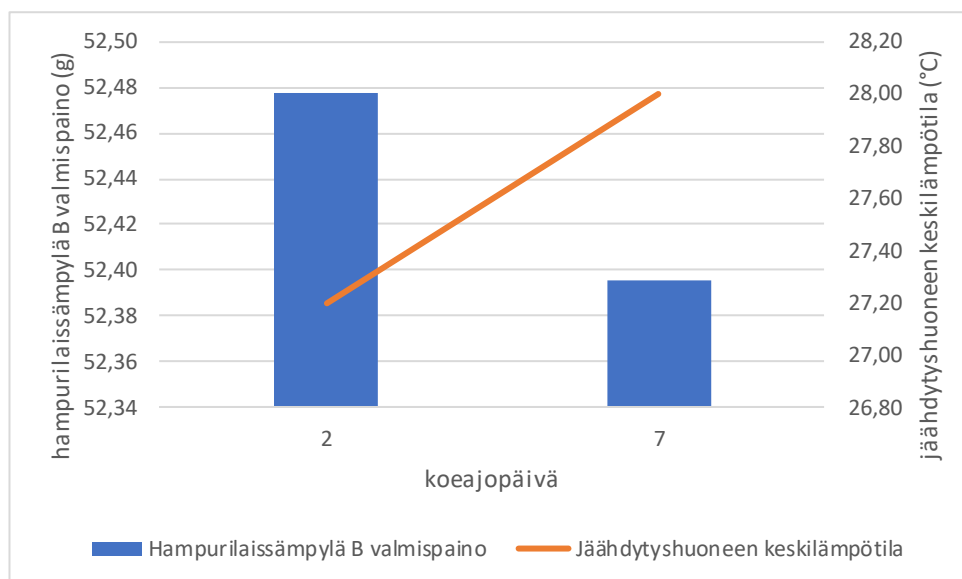
Kuva 20 Hampurilaissämpylä A:n valmispaino ja uunin keskilämpötila koeajopäivinä 2, 3, 4, 5 ja 6

#### 5.5.8 Jäähdytysuoneen olosuhteet ja sämpylöiden valmispainot

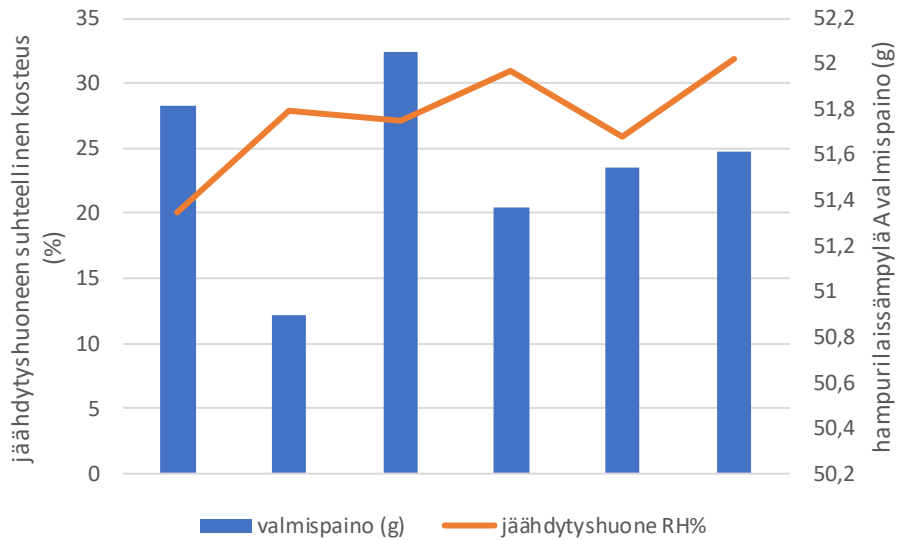
Jäähdytysuoneen keskilämpötila oli 4.–7. koeajopäivänä tasan 28 °C. 2. koeajopäivänä jäähdytysuoneen lämpötila heitteli paljon, keskihajonta oli 0,8 °C. 2. päivän lämpötilan vaihtelu voi johtua tuotantokatkosta. Kuvista 21 ja 22 ei havaittu yhteyttä hampurilaissämpylän valmispainon ja jäähdytysuoneen lämpötilan välillä. Jäähdytysuoneen suhteellinen kosteus vaihteli välillä 20–31,9 %. Tämä oli varsin suuri vaihtelu, joten tällä voi olla vaikutusta valmispainoon. 2. koeajopäivänä keskihajonta oli suuri, 5,8 %. Kuvissa 23 ja 24 näyttäisi, että kun jäähdytysuoneen suhteellinen kosteus nousi, niin valmispaino laski ja päinvastoin. Jälleen teoriassa asian pitäisi olla toisinpäin. Eli jäähdytysuoneen suhteellisen kosteuden noustessa myös hampurilaissämpylöiden valmispaino nousisi, kun kosteus ei pääse haihtumaan sämpylästä.



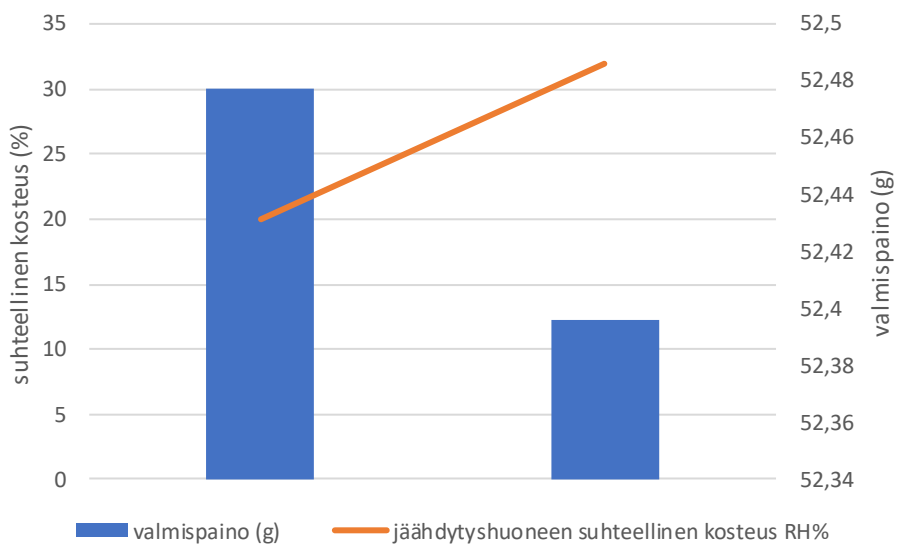
Kuva 21 Hampurilaissämpylä A:n valmispaino ja jäähdytyshuoneen keskilämpötila koeajopäivinä 2–7



Kuva 22 Hampurilaissämpylä B:n valmispaino ja jäähdytyshuoneen keskilämpötila koeajopäivinä 2 ja 7



Kuva 23 Hampurilaissämpylä A jäähdytyshuoneen suhteellinen kosteus ja valmispaino 2–7. koeajopäivänä



Kuva 24 Hampurilaissämpylä B jäähdytyshuoneen suhteellinen kosteus ja valmispaino 2. ja 7. koeajopäivänä

### 5.5.8 Havaintoja kaikista parametreistä ja niiden vaikutuksesta hampurilaissämpylöiden valmispainoon

Tuotantoparametrien yhteyttä valmispainoon ei onnistuttu varmasti todentamaan. Jäähdytyshuoneen suhteellinen kosteus voisi olla tämän tutkimuksen mukaan suurin tekijä valmispainojen vaihteluun, sillä jäähdytyshuoneen ilman suhteellinen kosteus vaihteli



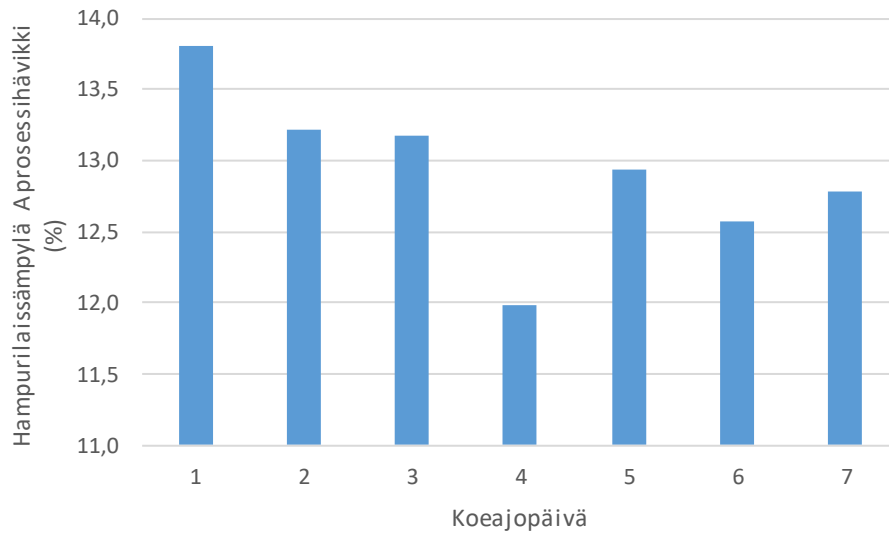
paljon. Eri tuotantoparametreilla voi olla valmispainoon yhteisvaikutuksia, joita tämän tutkimuksen perusteella ei saatu selville. Tulokset koskivat vain tutkittuja tammikuun päiviä, kesällä tulokset voisivat olla erilaiset.

Jotta yhteys valmispainon ja tuotantoparametrien välillä saataisiin paremmin selville, pitäisi voida yhdistää jokainen valmispainon arvo sitä vastaavaan tuotantoparametriin. Tällöin voisi laskea korrelaatioita eri suureiden välillä. Käytännössä on hankala tehdä koejärjestely, jossa saataisiin kutakin valmispainoa vastaavat prosessimuuttujat selville. Vaikka valmispainot vaihtelivat eri päivinä tilastollisesti merkitsevästi, niin käytännössä pysyttiin varsin hyvin tavoitelluissa arvoissa.

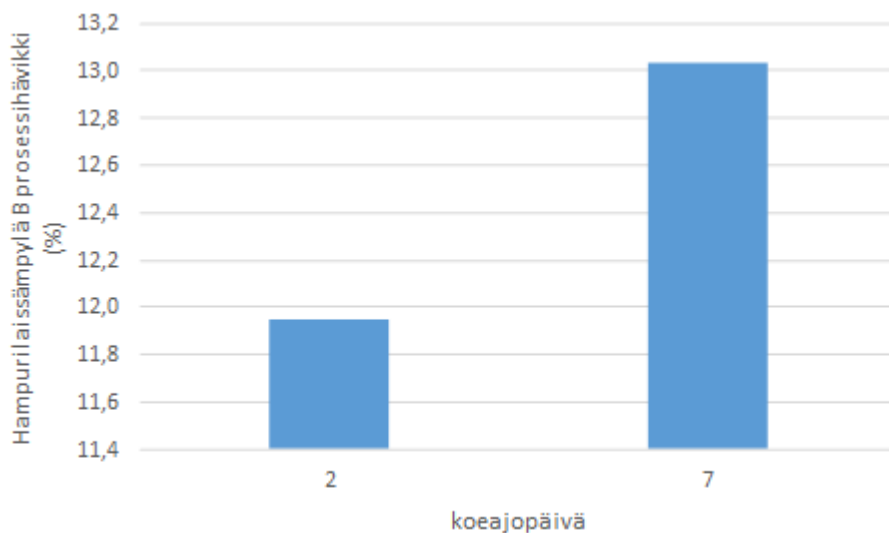
## 5.6 Prosessihävikki

Prosessihävikillä tarkoitettiin taikinapalasta (palapainosta) tuotantoprosessin aikana haihtuvan massan määrää prosentteina. Ensimmäisenä koeajopäivänä tuotantolaitteet olivat kylmiä, kun palapainojen mittaus aloitettiin. Tällä voi olla vaikutusta siihen, että 1. koeajopäivänä prosessihävikki oli suurin 13,8 % (Kuva 25). Pienimmillään prosessihävikki oli hampurilaissämpylä A:lla 12 %. Prosessihävikin vaihtelu eri koeajopäivien välillä osoitti, että varianssianalyysillä todettu vaihtelu on myös käytännön kannalta merkittävä, vaikka valmispainojen keskiarvot olivat hyvin lähellä haluttua.

Hampurilaissämpylä B:llä prosessihävikki oli 11,9 % ja 13 % (Kuva 26). Hampurilaissämpylä A:n ja B:n prosessihävikit olivat samaa suuruusluokkaa.



Kuva 25 Hampurilaissämpylä A prosessihävikki



Kuva 26 hampurilaissämpylä B prosessihävikki

## 6 Yhteenveto

Tällä työllä pyrittiin selvittämään tuotanto-olosuhteiden ja prosessimuuttujien vaikutusta hampurilaissämpylöiden valmistamiseen. Tavoitteena oli, että tuloksia voitaisiin hyödyntää siihen, että päästäisiin mahdollisimman tarkasti valmistuksen tavoitearvoon. Työssä

tutkittiin kahta reseptikaltaan poikkeavaa hampurilaissämpylää A ja B. Hampurilaissämpylöiden pala- ja valmispainoa mitattiin. Mitattavat tuotanto-olosuhteet olivat ulkoilman lämpötila, leipomon lämpötila, leipomon ilman suhteellinen kosteus, raskin varastointitankin lämpötila, nestemäisen hiivan lämpötila, taikinan pintalämpötila, nostatuskaapin lämpötila, uunin lämpötila sekä jäädytyshuoneen lämpötila ja ilman suhteellinen kosteus.

Varianssianalyysillä selvitettiin, että hampurilaissämpylöiden pala- ja valmispainoissa oli tilastollisesti merkitsevää eroa eri tuotantopäivien välillä. Sekä hampurilaissämpylä A:n ( $51,5 \pm 0,6$  g) että B:n ( $52,3 \pm 0,5$  g) valmispainojen keskiarvot olivat lähellä 52 g:n tavoitetta. Siis vaikka tilastollista eroa oli valmispainoissa, niin käytännössä painoerot olivat pieniä. Prosessihävikin vaihtelu eri koeajopäivinä osoittaa, että varianssianalyysillä todettu vaihtelu valmispainoissa on myös käytännön kannalta merkittävää. Saman päivän sisällä ei ollut tilastollista vaihtelua valmispainoissa paitsi 2. koeajopäivänä hampurilaissämpylälle A.

Tämän työn perusteella leipomon ilman suhteellinen kosteus ja jäädytyshuoneen ilman suhteellinen kosteus vaikuttaisivat valmispainoon siten, että kun suhteellinen kosteus nousee, niin valmispaino laskee. Teoriassa pitäisi olla toisin. Jäädytyshuoneen ilman suhteellinen kosteus vaihteli (20–31,9 %) eri koeajopäivinä eniten, joten tämän työn perusteella se on ehkä suurin valmispainojen vaihteluun vaikuttava tekijä.

Tämän työn perusteella vaikuttaisi, että kun taikinan pintalämpötila nousi niin hampurilaissämpylän valmispaino laski ja päinvastoin. Tämä voi olla myös sattumaa.

Työn tavoitteet saavutettiin osittain. Tulosten perusteella saatiin viitteitä siitä, että osalla työssä seuratuista tuotanto-olosuhteista saattaisi olla vaikutusta hampurilaissämpylöiden valmispainoihin. Jotta voitaisiin varmasti ja laajemmin osoittaa tuotanto-olosuhteiden vaikutusta valmispainoon, pitäisi vielä huomioida eri prosessimuuttujien yhteisvaikutukset.

Jatkotutkimuksissa olisi hyvä, jos saataisiin yhdistettyä jokainen valmispaino sitä vastaavaan prosessimuuttujaan. Tämä mahdollistaisi korrelaatioiden laskemisen. Tuloksia voidaan hyödyntää mietittäessä, miten jäädytyshuoneen ilman suhteellinen kosteus saataisiin pysymään tasaisempaan. Tässä työssä verrattiin valmispainojen päiväkohtaisia keskiarvoja prosessimuuttujien päiväkohtaisiin keskiarvoihin. Varmempiin tuloksiin

päästäisiin, jos jokainen mitattu valmispaino pystyttäisiin yhdistämään sitä vastaavaan prosessimuuttajaan. Myös nostatuskaapin ilman suhteellinen kosteus olisi hyvä mitata jatkotutkimuksissa. Jatkotutkimuksia voitaisiin myös tehdä kesällä, jolloin tulokset olisivat todennäköisesti erilaiset.

## Lähteet

AIB International. Bakery school Module 1. Konferenssimateriaali.

AIB International. Bakery School Module 2. Konferenssimateriaali.

Cauvain, S. P. 2003. Bread making Improving quality. Woodhead: CRC Press.

Cauvain, S. P.;& Young, L. S. 2007. Technology of Breadmaking. Springer.

Fellows, P. J. 2009. Food processing technology Principles and practice. Padstow:  
Woodhead Publishing Limited.

H, S.;A, I.;A, J.;& M, H.-M. 2017. Leivonnan teknologia - Ruokaleipä. Helsinki: Suomen  
Leipuriliitto ry.

Kulp, K.;& Lorenz, K. 2003. Handbook of Dough Fermentations. New York: Marcel  
Dekker, Inc.

Majava, J.;Nurvo, M.;Rantala, P.;Rantala, T.;& Svensk, U. 2010. Taikinasta tuotteiksi.  
Helsinki: WSOYpro Oy.

Oy Pågen Ab. Brioche Gourmet Hampurilaissämpylä.

<<https://pagen.fi/tuotevalikoima/brioche-gourmet-hampurilaissampyla/>>. Luettu  
19.1.2019

Peltomäki, S.;Välimäki, P. A.;Minni, R.;& Koponen, P. 1997. Laatu leivontaan.  
Jyväskylä: Gummerrus Kirjapaino Oy.

Saarela, A.-M.;Hyvönen, P.;Määttä, S.;& von Wright, A. 2010. Elintarvikeprosessit.  
Kuopio: Suomen Graafiset Palvelut Oy Ltd.

Vaasan Oy. Vaasan Hampurilaissämpylä. <<https://www.vaasan.fi/tuotteet/vaasan-hampurilaissampyla/>>. Luettu 19.1.2019.

Whitworth, M.;& Alava, J. 1999. The imaging and measurement of bubbles in bread doughs. Bubbles in food. St. Paul, Minnesota, USA: Eagan Press.

## Varianssianalyysit

Anova: yksisuuntainen						
YHTEENVETO						
<i>koeajopäivä</i>	<i>Lukumäärä</i>	<i>Summa</i>	<i>Keskiarvo</i>	<i>Varianssi</i>		
1	40	2372,9	59,3225	0,042301282		
2	21	1254	59,714286	0,107285714		
3	86	5041	58,616279	0,033849521		
4	83	4908,8	59,142169	0,046614752		
5	85	5014,8	58,997647	0,024994398		
6	84	4951,8	58,95	0,047108434		
7	40	2367,2	59,18	0,018051282		
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	30,5158065	6	5,0859677	127,6766532	2E-92	2,11956418
Ryhmissä	17,20861264	432	0,0398348			
Yhteensä	47,72441913	438				

Kuva 27, palapainot eri koeajopäivinä (hampurilaissämpylä A)

Anova: yksisuuntainen						
YHTEENVETO						
<i>koeajopäivä</i>	<i>Lukumäärä</i>	<i>Summa</i>	<i>Keskiarvo</i>	<i>Varianssi</i>		
1	26	1329,5	51,13462	0,212754		
2	28	1450,9	51,81786	0,345966		
3	54	2748,4	50,8963	0,198477		
4	64	3331,4	52,05313	0,194593		
5	60	3082,1	51,36833	0,067624		
6	68	3504,7	51,53971	0,155266		
7	26	1342	51,61538	0,045354		
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 väliss	47,0549746	6	7,842496	47,23412	2,67E-41	2,12703834
Ryhmissä	52,9650254	319	0,166035			
Yhteensä	100,02	325				

Kuva 28, hampurilaissämpylä A valmispainot varianssianalyysi

Anova: yksisuuntainen						
YHTEENVETO						
<i>koeajopäivä</i>	<i>Lukumäärä</i>	<i>Summa</i>	<i>Keskiarvo</i>	<i>Varianssi</i>		
1	26	1353	52,03846	0,420062		
2	22	1154,5	52,47727	0,367554		
7	47	2462,6	52,39574	0,14259		
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 väli	2,873729	2	1,436864	5,334751	0,006425886	3,0954328
Ryhmissä	24,77932	92	0,26934			
Yhteensä	27,65305	94				

Kuva 29, hampurilaissämpylä B valmispainot varianssianalyysi



Anova: yksisuuntainen						
YHTEENVETO						
<i>Ryhmät</i>	<i>lukumäärä</i>	<i>Summa</i>	<i>Keskiarvo</i>	<i>Varianssi</i>		
alku	10	515,4	51,54	0,224889		
keskikohta	10	516,7	51,67	0,200111		
loppu	8	418,8	52,35	0,322857		
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	3,256071	2	1,628036	6,688725	0,004713	3,38519
Ryhmissä	6,085	25	0,2434			
Yhteensä	9,341071	27				

Kuva 30, Hampurillaissämpylä A (2. koeajopäivä), taikinan eri kohtien varianssianalyysi