



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Miki Siltanen

Gluteenin vähentäminen hampurilais- sämpylöissä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Bio- ja elintarviketekniikka

Insinöörityö

4.2.2021

Tekijä Otsikko	Miki Siltanen Gluteenin vähentäminen hampurilaissämpylöissä
Sivumäärä Aika	31 sivua + 2 liitettä 4.2.2021
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	bio- ja kemiantekniikka
Ammatillinen pääaine	bio- ja elintarviketekniikka
Ohjaajat	lehtori Pia-Tuulia Laine (Metropolia Ammattikorkeakoulu) laatupäällikkö Katarina Harjunpää (Lantmännen Unibake Finland)
<p>Taikinan sitko muodostuu sekoitusvaiheessa, ja tämä on keskeinen tekijä taikinan ja valmiin tuotteen laadussa. Sitkoproteiinien suuri määrä kasvattaa tarvittavaa sekoitusintensiiteettiä, mikä on otettava huomioon sekoitustehoa optimoidessa. Gluteenijauholla voidaan parantaa hampurilaissämpylän laatua ja taikinan rakenteen kestävyyttä. Tärkeät laatuominaisuudet, joihin gluteeni voi vaikuttaa, ovat hampurilaissämpylän korkeus, tilavuus, kimmoisuus/elastisuus, paino ja huokoskoko. Työn tavoitteena oli selvittää, vaikuttavatko taikinan sekoitusteho ja vesimäärä valmiin lisättyä gluteenia sisältämättömän hampurilaissämpylän rakenteeseen tilavuuteen, korkeuteen ja painoon.</p> <p>Työn alussa tuotteeksi valittiin korkea hampurilaissämpylä, koska haasteena on ollut tavoitekorkeuden saavuttaminen ilman gluteenijauhoa, jolla on saatu tuotteen rakennetta vahvistettua. Reseptistä vähennetty gluteenijauho korvattiin vähentämällä vettä, jotta taikinan leivottavuus säilyisi hyvänä. Valittuun reseptiin tehtiin viisi eri muutosta sekoitustehoon ja vesimäärään ja jokaisesta leivottiin kaksi erää. Jokainen erä leivottiin saman päivän aikana, jotta tuotanto-olosuhteet pysyivät mahdollisimman samana. Hampurilaissämpylöistä mitattiin paino, korkeus, maksimivoima ja tilavuus ja tuloksista tehtiin regressioanalyysit. Regressioanalyysillä pyrittiin saamaan tietoa muuttujien (sekoitustehon ja veden) vaikutuksesta edellä mainittuihin vasteisiin.</p> <p>Rakennemittauksissa saatiin viitteitä sekoitustehon mahdollisesta vaikutuksesta hampurilaissämpylän kimmoisuuteen. Sekoitustehoa laskemalla voimakäyrät olivat samanlaiset, kuin referenssissä. Regressioanalyysillä saatiin selville, että sekoitusteholla ja vesimäärällä ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta sämpylöiden tilavuuteen, korkeuteen, painoon tai maksimivoimaan tällä koeasetelmalla ja sen arvoilla. Tämä saattoi johtua siitä, että koesuunnitelman arvot (min. ja max. keskipisteet) olivat liian lähellä toisiaan. Gluteenijauhon poistaminen ei vaikuttanut painoon tai huokoskokoan. Korkeudessa jäätettiin n. 1 mm alle tavoitekorkeuden ilman gluteenijauhoa.</p> <p>Jatkossa voisi kokeilla erää 7–8, jossa sekoitusteho oli 10,5 kW ja veden määrä 7 kg, sillä rakennemittauksissa voiman käyrä viittasi olevan kimmoisuudeltaan samankaltainen, kuin referenssissä. Hampurilaissämpylän pinta kestää paremmin rikkoutumatta pakkauksessa, jos sämpylän rakenne on kimmoisa.</p>	
Avainsanat	gluteeni, koesuunnittelu, hampurilaissämpylä, sekoitusteho

Author Title	Miki Siltanen Decreasing Vital wheat gluten in Hamburger Buns
Number of Pages Date	31 pages + 2 appendices 4 February 2021
Degree	Bachelor Of Engineering
Degree Programme	Bio and chemical technology
Professional Major	Bio and food technology
Instructors	Pia-Tuulia Laine, Senior Lecturer (Metropolia University of applied sciences) Katariina Harjunpää, Quality Manager (Lantmännen Unibake Finland)
<p>The gluten structure of the dough is formed during the mixing phase, which is a key factor in the quality of the dough and the finished product. The large amount of gluten proteins increases the required mixing intensity, which needs to be considered when optimizing the mixing efficiency. Gluten flour can be used to improve the quality of the burger buns and the strength of the dough structure. Important quality characteristics which gluten can affect are height, volume, elasticity, weight and pore size of the burger buns. The goal of thesis was to test if mixing intensity and amount of water affect the structure, volume, height and weight of a hamburger bun baked without added gluten.</p> <p>At the beginning of the thesis, a high burger bun with a large volume was chosen as the product, as the challenge has been to reach the target height without gluten flour that reinforces the product's structure. The Gluten flour deducted from the recipe was replaced with less water to maintain good baking of the dough. Five different changes in mixing power and the amount of water were made to the selected recipe and two batches were baked for each recipe variation. Each batch was baked on the same day to maintain same production conditions for every batch. Weight, height, maximum strength and volume were measured from the burger buns and the result were analyzed with regression analysis. Regression analyses aimed to obtain information on the effects of the variables (mixing power and water) on the important quality characteristics of the bun.</p> <p>Structural measurements provided indications of the possible effect of mixing power on the elasticity of the burger buns. By deducting the mixing power, the structure measurement curves were similar to those of the reference. Regression analysis revealed that the mixing power and water volume had no statistically significant effect on the volume, height, weight, or maximum force of the buns with this experimental setup and its values. This could be due to the fact that the values of the test plan (min. and max. centers) are also close to each other. Removal of gluten flour did not affect weight or pore size. The height of the bun baked without gluten flour was approximately 1 mm below the target height.</p> <p>In the future it would be worth trying batch 7–8, where the mixing power was 10,5 kW and the amount of water was 7 kg because in the structural measurements the force curve indicated that its elasticity was similar to that in the reference. The surface of the burger buns is more durable in the package and prevents dent marks on top of the buns.</p>	
Keywords	gluten, experimental design, burger bun, mixing power

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Lantmännen	2
2.1	Lantmännen-konserni	2
2.2	Unibake-konserni	2
3	Hampurilaissämpylöiden leivontaprosessi	3
3.1	Tyypilliset raaka-aineet	3
3.2	Taikinan valmistus	5
3.3	Ylöslyönti	6
3.4	Nostatus	7
3.5	Pinnoitus	7
3.6	Paisto	7
3.7	Jäähdytys	7
3.8	Pakkaus	8
4	Gluteeni merkitys leivonnassa	8
4.1	Gluteeni raaka-aineena	8
4.2	Gluteenin kemiallinen rakenne	9
4.3	Sitkon muodostuminen sekoituksessa	11
4.4	Kaupalliset gluteenijauhot	11
5	Materiaalit ja menetelmät	13
5.1	Reseptiikka	13
5.2	Rakennemittaukset	14
5.3	Korkeus- ja tilavuusmittaukset	15
5.4	Sämpylän valmispainon punnitukset	16
5.5	Sämpylöiden valokuvaus	16
5.6	Huokoskoko	16
5.7	Koesuunnitelma	17

5.8	Koeajo	17
6	Tulokset ja niiden tarkastelu	18
6.1	Sämpylöiden ulkonäkö ja huokoskoko	18
6.2	Sämpylöiden rakenne	22
6.2.1	Tilavuusmittausten analyysit	24
6.2.2	Korkeusmittausten analyysit	26
6.2.3	Punnitusten analyysit	28
7	Yhteenveto	29
	Lähteet	31
	Liitteet	
	Liite 1. Dallmannin huokoskokotaulukko	
	Liite 2. Regressioanalyysit	

Lyhenteet

Leipurinprosentti Raaka-ainesten osuus jauhon painosta

SH Tioliryhmä eli sulfhydryyliryhmä (-SH)

SS Disulfidisisidos (-S-S-)

1 Johdanto

Hampurilaissämpylän gluteeni on peräisin raaka-aineena käytetyistä vehnäjauhoista, tai se voi olla myös lisätyistä gluteenijauhoista. Teollisessa leivonnassa käytetään lisättyä gluteenia, kun halutaan vahvistaa taikinan rakennetta ja lisätä leivän tilavuutta. Lisätyn gluteenin merkitys kasvaa erityisesti sellaisissa leipomotuotteissa, joissa ei ole vehnäjauhoja. Vehnä on ainoa vilja, jonka proteiinien avulla taikinaan voidaan muodostaa sitko. Esimerkiksi kauraleivässä ei ole lainkaan sitkoa, jolloin sitko voidaan saada lisätyn gluteenin avulla. Hampurilaissämpylälle on ominaista, että se on korkea ja perinteisen pyöreän muotoinen. Tällöin lisätty gluteeni on tärkeä, koska se tekee vahvemman sitkon taikinaan ja lisää valmiin tuotteen tilavuutta. Hampurilaissämpylän tulee olla pehmeä ja huokoskoon pientä, jotta sämpylää halkaistaessa sen leikkauspinnasta saadaan tasainen.

Vedellä ja optimaalisella sekoitusteholla voidaan vaikuttaa hampurilaissämpylätaikinan laatuun ja rakenteeseen. Vedellä voidaan säädellä taikinan kovuutta ja sillä voidaan vaikuttaa siihen, miten taikina muotoutuu ja miten taikina-aihiot pitävät muotonsa uunipelleillä. Taikinan alipainesekoitusvaiheessa (n. 0,35 bar) taikinan sitko muodostuu, jolloin sekoitustehon on oltava optimi, jotta taikina ei ylisekoitu tai alisekoitu. Alisekoituksessa sitko ei kehity tarpeeksi, jolloin taikinaan ei saada elastisuutta, ja ylisekoituksessa taikinan kokonaisenergia laskee ja taikinasta tulee löysää, sekä tarttuvaa. Gluteeni vaikuttaa suoraan sekoitustehoon, koska suurempi määrä vehnäproteiinia vaatii suuremman sekoitustehon.

Gluteenijauhon käyttöä halutaan vähentää, koska se on kallis raaka-aine, joka aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia. Lisäksi gluteenijauho on käsin punnittava raaka-aine, joka on työntekijöille ylimääräinen työvaihe muuten automatisoidulla linjastolla. Lisäksi gluteenijauho pölyyntyä ja voi sisään hengitettynä aiheuttaa ammattitauteja pitkäaikaisella ja jatkuvalla altistumisella.

Tämä insinööriyö tehtiin Lantmännen Unibake Oy Ab:n toimeksiantona. Työn tavoitteena oli selvittää, vaikuttavatko taikinan sekoitusteho ja vesimäärä lisättyä gluteenia sisältämättömän hampurilaissämpylän rakenteeseen, tilavuuteen ja painoon.

2 Lantmännen

2.1 Lantmännen-konserni

Lantmännen on maatalousosuuskunta, jonka omistaa n. 25 000 ruotsalaista maanviljelijää. Koko konsernissa on työntekijöitä yhteensä n. 10 000. Konserniin kuuluu suuri määrä tytäryhtiöitä, joista Suomessa toimii Cerealía, Unibake ja Agro. (Lantmännen is owned and governed by farmers 2020.)

Lantmännenillä on toimintaa yli 20 maassa, joita ovat muun muassa Tanska, Ruotsi, Norja, Suomi, Viro, Latvia, Venäjä, Saksa, Iso-Britannia, Belgia, Puola, Romania, Unkari, Liettua, USA ja Australia. Näillä alueilla sijaitsee 36 leipomoa ja yli 100 tuotantolinjaa. Leipomoiden lisäksi Lantmännenillä on toimintaa maatalouskoneiden myynnissä, viljojen prosessoinnissa ja etanolin valmistuksessa. (Lantmännen Corporate presentation 2020.)

2.2 Unibake-konserni

Lantmännen Unibake on Euroopan toiseksi suurin leipomokonserni, jolla on käytössä 36 leipomoa, jotka sijoittuvat 20 eri maahan. Tuotteet keskittyvät tuore- ja pakastetuotteisiin, ja niitä myydään lähikauppoihin ja ruokapalveluihin, kuten suurkeittiöt ja ravintolat. Myyntiä tehdään 60 eri maahan ympäri maailmaa. (Unibake Company Presentation 2020.)

Unibake edustaa Suomessa tuttuja tuotemerkkejä, kuten Vaasan, Schulstad, Bakery Solutions, Vaasan Kotiuunin, Moilas Gluten-Free ja Leipämö. Unibake edustaa myös kansainvälisiä tuotemerkkejä, kuten Bonjour, Hatting, Pastidor ja Eurobake. Ensimmäiset tuotemerkit syntyivät jo 1800-luvun lopulla. Näitä ovat muun muassa Schulstad ja Vaasan. Lantmännen Unibake osti Vaasan liiketoiminnan vuonna 2015 ja Schulstadin vuonna 2003. (Keitä olemme? 2020.)

Unibaken leipomoissa valmistetaan leipää, leivonnaisia ja pikaruokaan tarkoitettuja leivonnaisia, kuten hampurilaissämpylät, hotdog-sämpylät, pizzapohjat ja pitaleivät. (Unibake Company Presentation 2020.)

Vantaan Petikon toimipisteen erikoisuutena on hampurilais- ja hotdog-sämpylät. Petikon leipomo valmistui vuonna 1998 Baco fast food -leipomoksi ja se tuli osaksi Lantmännen Unibakea vuonna 2008. Petikon leipomo on Suomen suurin hampurilaissämpylöitä valmistava leipomo, ja volyymit ovat tuhansia sämpylöitä tunnissa. Petikossa on leivottu yhteensä yli 3 miljardia fast food -sämpylää. Petikon toimipisteellä työntekijöitä on n. 60. (Lantmännen Unibake Petikko.)

3 Hampurilaissämpylöiden leivontaprosessi

3.1 Tyypilliset raaka-aineet

Hampurilaissämpylän tyypillisiä raaka-aineita ovat vehnä jauho, vesi, hiiva, suola, sokeri, öljy ja vehnäraski. Yleensä resepteihin lisätään erilaisia paranteita, jotka sisältävät entsyymejä (esim. amylaasi ja proteaasi), oksidantteja (esim. askorbiinihappo ja kalsiumperoksidi), pelkistimiä (esim. sorbiinihappo ja fumaarihappo) ja emulgointiaineita (esim. lesitiini ja polysorbaatti). (Bakery School Module 1.) Suurimmat erot hampurilaissämpylän leivonnassa verrattuna tavanomaiseen leipään on tuotteiden suurempi rasva- ja öljymäärä. Hampurilaissämpylään lisätään myös sokeria ja käytetään vähemmän vettä. Vesimäärän vähentäminen tekee taikinasta jämakämpää, mutta se kompensoituu korkealla öljy- ja sokerimäärällä, jolloin taikinasta tulee pehmeää. Ilman veden vähentämistä, taikina ei voisi kulkea prosessien läpi. (Cauvain & Young 2007: 246.)

Taikinan lämpötilaa ja kiinteyttä säädetään taikinan nesteellä. Taikina sisältää sekä sidottua vettä että vapaata vettä, josta sidottu vesi liuottaa vesiliukoiset aineet. Vedellä on myös tärkeä tehtävä taikinan rakenteen muodostamisessa, koska vesi imeytyy proteiineihin, jotka turpoavat, ja sitko muodostuu sekoituksen aikana. Sitkoproteiinit luovuttavat veden tärkkelykselle, joka liisteröityy paistossa lämmön vaikutuksen takia. (Saarela ym. 2010: 132.)

Vehnäjauho on leivonnassa tärkein ainesosa, koska se muodostaa taikinan ja sämpylän rakenteen. Vehnäjauhon tärkeä ominaisuus on sitkoproteiinien muodostama viskoelastinen rakenne. Viskoelastinen rakenne sitoo sisäänsä myös hiivan tuottamat kaasurakulat. Paistossa jauhon tärkkelys liisteröityy osittain, mikä lujittaa leivän rakennetta ja lisää viskositeettia. (Salovaara ym. 2017: 47.) Leivonnassa käytetään yleisesti perusjauhona puolikarkeaa vehnäjauhoa. Vehnäjauhoon voidaan lisätä erilaisten viljojen jauhoja, kuten perunahiutaletta ja mallasuutteita. Tarjolla on myös erilaisia kaupallisia jauhoseoksia, jotka sisältävät monen viljan tai siemenien yhdistelmiä. (Saarela ym. 2010: 132.) Hampurilaisleivonnassa vehnäjauhon täytyy pitää sisällään runsaasti toiminnallisia proteiineja, jotta taikina voi pitää sisällään korkeita määriä rasvoja ja sokereita. (Cauvain & Young 2007: 246.)

Hiiva lukeutuu myös leivonnan pääraaka-aineisiin. Hiivan tärkeimmät tehtävät leivonnassa ovat hiilidioksidin tuottaminen, taikinan laajentaminen ja huokoisen rakenteen takaaminen sämpylään. Hiivan fermentointiprosessi tuottaa aromiaineita taikinaan sivutuotteena. Olennainen osa leivontaa on hiivan kyky muodostaa etanolia ja hiilidioksidia taikinan sokereista. Etanoli ja hiilidioksidi kulkevat hiivasta ulos taikinanesteeseen, kun taas hiivan ravinteet kulkeutuvat solun sisään soluseinämän läpi. Hiiva tarvitsee sokeria, vettä ja oikeanlaisen lämpötilan toimiakseen. Hiivan toiminta alkaa hidastumaan, kun lämpötila nousee yli 40 °C, ja hiiva kuolee paistossa, kun lämpötila nousee yli 60 °C:n. Hiivan annostukseen vaikuttavat resepti ja käytössä oleva leivontamenetelmä. Resepteihin, jossa sokeripitoisuus on korkeampi, tarvitaan enemmän hiivaa, koska sokeri ja rasva liukenevat taikinanesteeseen ja osmoottinen paine kasvaa. Yleisesti leipomoissa käytetään hiivakermaa, puristehiivaa tai kuivahiivaa. Hiivakerma on näistä vaihtoehdoista aktiivisin, ja siinä on hiivapitoisuus vakioitu. Hiivamäärä on suoraan verrannollinen nostatuslinjan pituuteen ja nostatusaika sidottu leivän paistoaikaan. Pitkässä nosta-

tusajassa käytetään vähemmän hiivan määrää taikinassa, jotta nostatustulos on haluttunlainen. Hiivan annostaminen voi myös vaihdella vuodeajan mukaan, jolloin leipomon tuotanto-olosuhteet ovat muuttuneet kesähelteellä tai kovilla pakkasilla. (Saarela ym. 2010: 132–133.)

Suolan tärkein tehtävä leivonnassa on leivän maun parantaminen. Suolalla on myös muita myönteisesti vaikuttavia ominaisuuksia, kuin maku. Suolalla on tärkeä tehtävä säilyvyyden ja rakenteeseen vaikuttavien ominaisuuksien kannalta. Suola parantaa säilyvyyttä sitomalla voimakkaasti vettä, jolloin veden aktiivisuus pienenee ja se vaikuttaa myönteisesti mikrobiologiseen säilyvyyteen. Suola pidentää siis leivän homeetonta aikaa. Suolan rakenteellisesti myönteiset ominaisuudet näkyvät taikinan sekoitustarpeessa ja taikinan muodostumisajassa. Suola lisää taikinan sekoitustarvetta ja parantaa taikinan sekoituskestävyyttä. Käytännössä tämä näkyy taikinan tarttuvuuden vähentymisellä ja käsiteltävyyden parantumisella. Tämän ansiosta voidaan käyttää suurempaa taikinaerää lisäämällä enemmän vettä ilman, että leivottavuus heikkenisi. Suola myös hidastaa fermentaatiota ja pidentää nostatusaikaa. Toisin sanoen mitä enemmän on suolaa, sitä pienempi on hiivan kaasuntuotto. (Salovaara ym. 2017: 66–70; Saarela ym. 2010: 133.)

3.2 Taikinan valmistus

Leivontaprosessi alkaa taikinan valmistuksella. Taikinan teko on leivonnan yksi keskeisimmistä vaiheista, sillä se luo perusteet leivonnan onnistumiselle. Taikinan sekoituksessa ensiksi sekoitetaan raaka-aineita hitaammalla vaihteella, jolloin ainekset sekoittuvat keskenään. Tämän jälkeen taikina vaivataan nopealla vaihteella, jolloin saadaan taikinaan faasin muodostuminen sitkoproteiineista. (Salovaara ym. 2017: 84; Saarela ym. 2010: 124.) Vaivauksessa sitkoproteiinien säikeet tarttuvat toisiinsa muodostaen sitkoverkoston, johon tärkkelysjuväset ovat sekoittuneet. Vaivausta kutsutaan myös taikinan kypsymiseksi, johon vaikuttaa vaivausaika, jauhun laatu ja resepti. Riittämätön vaivaus voi näkyä leivän karkeassa huokoisuudessa tai liian pieneksi jääneessä koossa. Tällöin taikinan sitko ei ole kehittynyt riittävästi ja kaasun pidätyskyky jäänyt heikoksi. Toinen vastakohta on taas ylivaivaaminen, jossa sitko jää heikoksi. Ylivaivaamisen aikana taikinasta tulee vaikeasti käsiteltävä, tahmea ja kimmoton. (Saarela ym. 2010: 125.)

Taikinassa on tärkeää huomioida taikinan lämpötila, joka tulee olla 26–28 °C. Optimaalinen lämpötila on hiivan toiminnan ja taikinan käsiteltävyyden kannalta erittäin tärkeää. Taikinan lämpötila saattaa nousta tehokkaan vaivauksen aikana, jolloin taikinan lämpötilaa voidaan säädellä yleensä vedellä. Joissakin sekoittimissa on jäähdytysvaippa, jossa kiertää kylmä vesi, suolavesi tai propyleeniglykoli. (Salovaara ym. 2017: 90, 99.)

Ennen taikinan valmistusta täytyy fermentoida vehnäraskia. Perinteinen vehnäraski sisältää vehnä jauhoa, hiivaa, vettä ja suolaa. Vettä on yleensä hieman enemmän, kuin vehnä jauhoa. Vehnäraskin halutaan olevan löysää, jolloin vehnäraski on helposti pumpattavissa säiliöstä toiseen ja taikinanvalmistuksen aikana sekoittimeen. Vehnäraskiin lisätään suolaa, koska se hidastaa hiivan toimintaa, mikä taas vaikuttaa myöhempään hapon muodostumiseen. Fermentointi tapahtuu erillisessä säiliössä n. 1–3 tunnin ajan, jonka jälkeen vehnäraskista poistetaan kaasut, suodatetaan ja jäähdytetään lämmönvaihtimen kautta 6–9-asteiseksi. Valmis raski pumpataan varastointisäiliöön varastoitavaksi. (Cauvain & Young 2007: 246–247.)

3.3 Ylöslyönti

Taikinan ylöslyöntiin kuuluu paloittelu, riivaus ja välilepo, joista paloittelu on ensimmäinen vaihe. Taikina kuljetetaan paloittelukoneeseen, jossa veitsi leikkaa taikinasta halutun kokoisia palasia. Palakoneesta valmiit taikinapalat riivataan haluttuun muotoonsa. Riivauksen avulla taikinasta rakenteesta saadaan tasaisempi, kun riivauksen aikana isot kaasukuplat rikkoontuvat pienemmiksi kupliksi ja sitkosäikeet ryhmittyvät uudelleen. (Saarela ym. 2010: 125.) Riivauksen jälkeen taikinapalat menevät välilepokaappiin, joka on käytännössä hissilaite. Välilepokaappi yleensä mitoitetaan kulkevat lattiatason yläpuolella, minkä avulla voidaan säästää lattiapinta-alaa. (Salovaara ym. 2017: 102.) Välilevosta taikinapalat kulkeutuvat litistykseen läpi panostajaan. Panostaja on synkronoitu peltien syöttönopeuden kanssa, jolloin litistetyt taikinapalat kulkeutuvat peltien kuppeihin. Pelti kulkee puhaltimien lävitse, joissa ilmasuihku nostaa taikinapalat ilmaan ja imee ylimääräiset jauhot palojen pinnalta. Puhaltimien jälkeen pellin ravistaja ravistaa peltejä, jotta taikinapalat sijoittuvat kuppien keskelle. (Cauvain & Young 2007: 251–252.)

3.4 Nostatus

Ennen paistoa sämpylät kulkeutuvat spiraalimaiseen nostatuskaappiin. Tyypillinen nostatuskaapin lämpötila on 38 °C ja ilman suhteellinen kosteus RH 78 %. Linjastomaisessa nostatuskaapissa pellit kulkeutuvat spiraalimaisesti ylös ja alas linjastoa pitkin 50–55 minuutin ajan. (Cauvain & Young 2007: 252.) Nostatuskaapissa on ilmankiertojärjestelmä, jotta mahdollisimman samat olosuhteet pysyvät sekä ylhäällä että alhaalla nostatuskaapin sisällä. Nostatuksen aikana hiiva tuottaa hiilidioksidikaasua, joka tuo leivälle kuohkean ja huokoisen rakenteen. (Salovaara ym. 2017: 148, 158.)

3.5 Pinnoitus

Nostatuskaapista tullessa kohonneet taikinapalat pelleillä kulkeutuvat vesisuihkun läpi, mikäli hampurilaissämpylän pinnalle tulee seesaminsiemeniä tai jotakin muuta vastaavaa pinnoitetta. Vesisumun jälkeen erillinen annostelija ripottelee seesamin siemenet tasaisesti kohonneiden taikinapalojen päälle. (Cauvain & Young 2007: 253.)

3.6 Paisto

Pinnoittamisen jälkeen tuotteet uunipelleillä kulkevat uunin lävitse kuljetinrataa pitkin. Hampurilaissämpylöissä käytetään kaasuuunia, joissa on kuusi säädettävää vyöhykettä. Jokaisessa vyöhykkeessä voi säätää paistolämpötilaa erikseen. Pellit kulkeutuvat kaasupolttimien ylitse, ja uunin kiertoilmajärjestelmä auttaa tasaisessa lämmön jakautumisessa. Tyypillinen lämpötila paistossa on 220 °C ja paistoaika 7,5–9,5 minuuttia. Paistoaika riippuu tuotteen painosta ja reseptistä. (Cauvain & Young 2007: 253.)

3.7 Jäähdytys

Ennen jäähdytystä sämpylät nostetaan pelleistä imukuppilaitteen (depanner) avulla. Sämpylät irrotetaan pelleistä paineilmalla ja sen jälkeen sämpylät nostetaan vakuumikuppien avulla jäähdytysradalle. Muottientyhjentäjän kupit ovat pehmeitä kuppeja, jonka sisällä on säädettävä imuteho. Imuteho nostaa hellästi sämpylät irti pelleistä rikkomatta

sämpylän pintaa. Sämpylät kulkevat jäähdytysrataa pitkin jäähdytyspiraaliin ja ovat siellä 20 minuuttia. Jäähdytyksen aikana sämpylät ovat jäähtyneet 35–38 °C:n lämpötilaan. (Cauvain & Young 2007: 254.)

3.8 Pakkaus

Jäähdytyksestä sämpylät menevät pakkauskoneelle kuutta ohjuria pitkin, jossa on viisi riviä. Pakkauskone syöttää kaikki viisi riviä sämpylöitä halkaistavaksi, ja tämän jälkeen ne siirtyvät pussitukseen. Pussitus tapahtuu tyypillisesti tyynypusseihin, joihin on painettu tuoteseloste. Pussit kuljetetaan metallin paljastimen läpi, josta ne syötetään puh-taisiin koreihin, jotka pinoutuvat automaattisesti. Joissakin tuotteissa yhdessä korissa voi olla kaksi kerrosta tyynypusseihin pakattuja sämpylöitä. Alemmassa pussissa ei saa näkyä minkäänlaisia merkkejä puristuksesta. (Cauvain & Young 2007: 254.)

4 Gluteeni merkitys leivonnassa

4.1 Gluteeni raaka-aineena

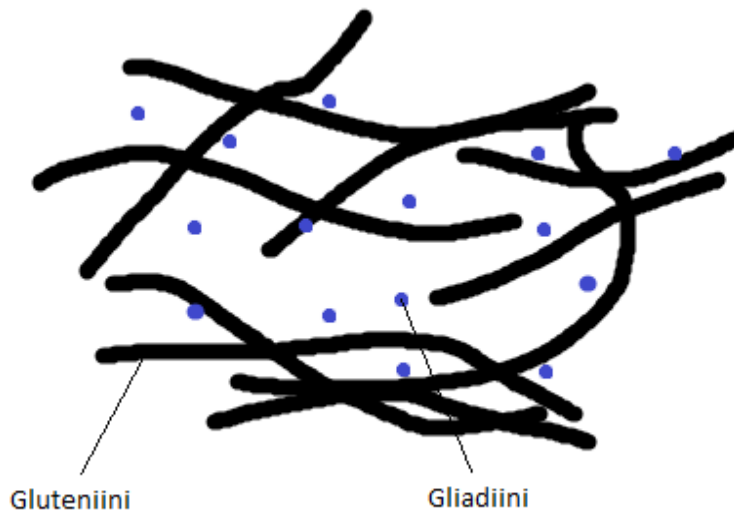
Sitkoa muodostuu vain vehnän proteiineista, mikä tekee vehnästä erinomaisen leivonnassa. Sitkoproteiinien avulla taikinaan muodostuu viskoelastinen massa veden kanssa sekoittaessa. Vehnästä erotettua gluteenia käytetään leivonnassa vehnäjauhon sitkon tukemisessa ja muista jauhoista valmistetun tuotteen rakenteen muodostamisessa. (Salovaara ym. 2017: 34, 64; Bakery School Module 1.) Gluteenijauhon proteiinipitoisuus on n. 80 % riippuen valmistajasta. (Vital Wheat Gluten.)

Gluteenin on todettu vaikuttavan leivän säilyvyyteen ja kovettumiseen. Laadukas vehnä-jauho, jossa on korkea pitoisuus sitkoproteiineja, vanhenee hitaammin, kuin vähän sitkoproteiineja sisältävä vehnäjauho. Vähän sitkoproteiineja sisältävässä vehnäjauhossa sitkoproteiinit ovat vahvemmin vaikutuksessa tärkkelysjuvästen kanssa, kuin korkeasitkoproteiinisisissä vehnäjauhoissa. Tästä voidaan päätellä, että jauho, jossa on vähemmän sitkoproteiineja, kovettuu nopeammin vanhetessa. (Cauvain & Young 2007: 286–287.)

Tärkeä osa gluteenirakenteen muodostumisesta on hiiva, joka laajentaa taikinan gluteenirakennetta. Hiivassa täytyy ottaa myös huomioon taikinan kovuus. Jos taikina on kovaa, hiiva toimii hitaammin, mikä voi näkyä lopputuotteessa liian vähän kohonneena tuotteena. Suolalla on myös tärkeä tehtävä taikinan nostatuksessa ja sitkon rakenteen lujittamisessa. Suola hidastaa jauhojen sitkoa hajottavien entsyymien toimintaa taikinassa, mikä auttaa käsittelyominaisuuksissa esim. viipaloitavuus ja nostatuksenkestossa. (Saarela ym. 2010: 132–133.)

4.2 Gluteenin kemiallinen rakenne

Gluteeni koostuu vehnän proteiineista gliadiinista ja gluteeniinista (ks. kuva 1.). Jos verrataan vehnää rukiiseen, proteiinien liukoisuudella ja aminohappokoostumuksella ei ole juurikaan isoja eroja. Vehnän varastoproteiinien kyky muodostaa sitko johtuu aminohapposekvenssistä, eli aminohappojärjestyksestä. Yksi tärkeä tekijä sitkon muodostukselle on vehnän varastoproteiinien suurimolekyyliset gluteeniinit. Gluteeniinin molekyylipaino on jopa sadoista tuhansista miljooniin (Da) ja gliadiinin molekyylipaino kymmenistä tuhansista sataantuhanteen (Da). Suuret molekyylipainot johtuvat disulfididosten välityksellä muodostuvista suurimolekyylisistä alayksiköistä. Alayksiköissä on kysteiniiniaminohappoja sellaisissa kohdissa kiertyneenä, että disulfididosten avulla alayksiköt voivat liittyä toisiinsa taikinan sekoituksen aikana ja täten muodostaa yhtenäisen verkoston. Tämä selittää, miksi erilaiset vehnälajikkeet samoilla proteiinikoostumuksiltaan voivat erota hyvinkin paljon leivonnan ominaisuuksien kannalta. (Salovaara ym. 2017: 34.)



Kuva 1. Gluteeniinista ja gliadiinista muodostunutta sitkoa Salovaaran mallia mukaillen (Salovaara ym. 2017).

Gluteenin proteiineista gluteeniini antaa vehnätaikinalle tyypilliset elastiset ja kimmoiset ominaisuudet. Gliadiinit puolestaan tuovat taikinalle plastisuutta ja venyvyyttä. Näiden ominaisuuksien halutaan olevan oikeassa suhteessa taikinassa, jotta saadaan parhaat mahdolliset leivonnan ominaisuudet. Sitkon arvellaan muodostuvan kuvan 1. mukaisesti, kun gluteeniini ja gliadiini yhdistyvät. (Salovaara ym. 2017: 35.)

Monomeerisia gliadiineja pidetään liuottimina tai voiteluaineina hydratoituville gluteeniinille ja ne ovat vastuussa taikinan ja gluteenin viskositeetista. Gliadiinien absoluuttinen määrä ei siis suoraan korreloidu gluteenin ja taikinan reologisiin ominaisuuksiin. Reologisiin ominaisuuksiin vaikuttaa gluteeniinin suhde gliadiineihin. Taikinan valmistus- ja gluteeninmuodostusvaiheessa kilpailevat tekijät ovat ketjunmuodostus- ja terminaatioprosessit, jotka vaikuttavat taikinan ominaisuuksiin riippuen disulfididisidosten tyypistä. Suurella määrällä gluteenin proteiiniaketjunmuodostuksella on oltava mahdollisimman vähän terminaatioita, eli ketjun päättymisvaiheita. Taikinan ja gluteenin korkealle lujuudelle tarvitaan riittävä määrä polymeroituvia gluteeniproteiineja mahdollisimman pienillä terminaattorien määrillä. (Belitz ym. 2009: 692–695.)

4.3 Sitkon muodostuminen sekoituksessa

Taikinan sekoitus on keskeinen vaihe sitkon muodostumiselle. Sekoitusajalla ja intensiteetillä voidaan vaikuttaa taikinan laatuun, tilavuuteen ja huokosrakenteeseen. Sekoituksen optimoinnin tavoitteena on saada sitkoproteiinit sitoutumaan toisiinsa sekoituksen aikana sen verran, että kokonaiskonsistenssi on huipussaan. Sekoituksen aikana tapahtuu disulfididisosten (SS) ja sulfhydryyliryhmien (SH) välisiä vaihtoreaktioita, jolloin gluteiineista ja gliadiineista muodostuu sitkoverkosto. Optimaalisella sekoitusajalla haetaan maksimaalinen energia proteiinisäikeiden ja vaihtoreaktioiden vuorovaikutuksilla. Sekoitusta jatkaessa huipun jälkeen kokonaiskonsistenssi vähenee, eli tapahtuu ns. ylisekoittaminen. Ylisekoittamisen seurauksena taikinasta tulee löysää ja tarttuvaa. Lisäksi taikinan kokonaisenergia -ja konsistenssi pienenee. Ylisekoittamisessa ei tapahdu enää SS- ja SH-välisiä vaihtoreaktioita, mutta vahvimmin toisiinsa kiinnittyneet proteiinit ja mikrosäikeet liittyvät toisiinsa. Toisin sanoen, ylisekoittaminen johtaa taikinan liialliseen hapestumiseen. Sekoitusaikaa optimoidessa tulee ottaa huomioon, että gluteeni lisää sekoitusaikaa. Gluteeni lisää sekoitusaikaa, koska gluteenin muodostuminen tapahtuu sekoitusvaiheessa, jolloin sitkoproteiinit löytävät toisensa ja assosioituvat gluteeniksi. Optimaalisella sekoitusajalla tarkoitetaan, kun taikinan kokonaiskonsistenssi on saavuttanut huipun. Suuriproteiinipitoisilla vehnälajikkeilla sekoitusaika kasvaa ja lisägluteeni täytyy myös ottaa huomioon sekoitusajassa. Kun sitkoproteiinia on suurempi määrä, sekoitusaikaa- tai tehoa täytyy nostaa sitä mukaan optimin saavuttamiseksi. Vastaavasti sekoitustehoa vähennetään, kun sitkoproteiineja on vähemmän. (Salovaara ym. 2017: 86–89.)

4.4 Kaupalliset gluteenijauhot

Kaupalliset gluteenijauhot tukkuliikkeistä maksavat n. 1–4 €/kg. Hinta riippuu jauhun laadusta, valmistajasta, tilausmäärästä ja asiakkaasta. (Vital Wheat Gluten; Gluten (Wheat Gluten) 1kg.) Leipomoissa tilataan suuria määriä raaka-aineita, ja niillä on neuvoteltuna omat sopimuksensa raaka-aineen toimittajan kanssa. Suuri asiakas saa gluteenijauhoa halvemmalla, koska tilausvolyymit ovat keskimääräistä suurempia.

Kuvasta 2. nähdään esimerkki kaupallisen gluteenijauhon ravintosisällöstä. Gluteenijauho koostuu pääosin proteiinista, mutta tämän lisäksi myös hiilihydraatista ja vähäisestä määrästä rasvaa.

Nutrition	Per 100g
Energy (Kj)	1548
Energy (Kcal)	370
Fat (g)	1.9
- saturates (g)	0.3
Carbohydrates (g)	15
- sugars (g)	Nil
Fibre (g)	0.6
Protein (g)	75
Salt (g)	<0.1

Kuva 2. Kaupallisen gluteenijauhon ravintosisältöluettelo (Gluten (Vital Wheat Gluten) 1kg.)

Kuvasta 3 nähdään, että pieniä eroavaisuuksia voi olla kaupallisten gluteenijauhojen ravintosisällössä (vrt. Kuva 2.) Kuvan 3 tuotteessa on hieman enemmän proteiinia ja hiilihydraattia, sekä vähemmän rasvaa.

Production Item	Test Items	Test Result
Wheat gluten	Protein, g/100g	80
	Fat, g/100g	0.9
	Na, mg/kg	0
	Energy, KJ/100g	1445
	Carbohydrate, g/100g	19.1

Kuva 3. Kaupallisen gluteenijauhon ravintosisältöluettelo (Vital Wheat Gluten.)

5 Materiaalit ja menetelmät

5.1 Reseptiikka

Työn aluksi valittiin sämpyläresepti kokeita varten. Tuotepäällikön kanssa käytyjen keskustelujen jälkeen päädyttiin korkeaan hampurilaissämpylään, jossa on tuplahalkaisu-leikkaus. Tuplaleikkaus tarkoittaa hampurilaissämpylässä leikkausta, jossa sämpylä halkaistaan keskeltä kolmeen osaan. Kyseinen resepti valittiin, koska siinä voi olla haasteena sämpylän tilavuuden ja korkeuden saavuttaminen haluttuihin mittoihin, ilman lisätyn gluteenin tuomia ominaisuuksia. Reseptistä oli selvitettävä, miten sitä voidaan muokata. Leipurinprosentin vuoksi ei haluttu korvata vähennettyä gluteenia vehnäjäuholla, joten päädyimme vähentämään veden määrää. Leipurinprosentilla tarkoitetaan raaka-aineiden osuutta vehnäjäuhosta, eli raaka-aineet lasketaan vehnän kokonaismäärään, ei kokonaismassaan. Reseptiin ei haluttu lisätä paranteita gluteenijauhon tilalle. Näiden tietojen pohjalta selvitettiin kirjallisuudesta sitä, miten voidaan vaikuttaa taikinan rakenteeseen prosessien kautta. Sekoituksella voidaan vaikuttaa taikinan sitkorakenteeseen, ja tämän lisäksi taikinan vesimäärää säätelemällä voidaan kompensoida vähennettyä gluteenia. Päädyimme kokeilemaan eri sekoitustehojen (10,5–11 kW) ja vesimäärän (7–11 kg) vaikutusta taikinan sitkon muodostumiselle, jolloin voisimme mahdollisesti saada valmiin sämpylän tilavuuden ja korkeuden haluttuihin mittoihin.

5.2 Rakennemittaukset

Hampurilaissämpylän rakennemittaukset suoritettiin Stable Micro Systemsin valmistamalla TA.XT plus Texture Analyzer -laitteella (ks. Kuva 2.). Laitteessa käytettiin anturin kärkenä sylinterin muotoista P/20 probea. Sylinterin halkaisija oli 20 mm ja sen kontaktialue on 314,16 mm². Testitulana käytettiin puristusvoimaa, eli anturi puristettiin sämpylän keskeltä 25 mm alaspäin. Anturin nopeus oli 2 mm/s ja anturin laukaisuvoimana oli 5 grammaa. Laukaisuvoimalla tarkoitetaan mittauksen alkamista, kun voimamäärä 5 g ylittyy anturissa. Testeissä muuttajana oli aika (s) ja vasteena voima (g). Laitteella mitattiin maksimivoimaa, jolla sämpylää pitäisi litistää, jotta anturi painuisi annetun mitan verran sämpylään. Lisäksi laite piirsi käyrät voimasta suhteessa aikaan. Sämpylöitä mitattiin jokaisesta erästä kolme rinnakkaista näytettä ja mittaukset kohdistettiin sämpylän päälle keskelle sämpylää kuvan 4. mukaisesti. Sämpylät valittiin sämpyläpakkauksesta samoista kohdista, eli vastakkaisista kulmista ja keskeltä pussia.



Kuva 4. Texture Analyzer -mittauslaite

5.3 Korkeus- ja tilavuusmittaukset

Tilavuusmittaukset suoritettiin tehtaalla Vision-laitteella. Vision on tehtaalla toimiva online-mittauskamerajärjestelmä. Vision kuvasi sämpylät automaattisesti linjastolta heti jäähdtysspiraalin jälkeen. Vision mittasi sämpylän korkeutta, halkaisijaa, muotoa ja väriä. Pääasiassa oltiin kiinnostuneita sämpylän tilavuudesta ja korkeudesta. Vision hylkää sämpylät, jotka eivät vastaa annettuja arvoja.

Tilavuudet ovat teoreettisia ja suuntaa antavia, koska tilavuus laskettiin lieriön kaavalla.

$$V = \pi r^2 h$$

jossa V on tilavuus, r on ympyrän halkaisija ja h on korkeus.

Hampurilaissämpylä ei ole täysin lieriö, koska sämpylän yläosassa on pyöreät reunat, joten tilavuudet ovat hieman yläkanttiin.

Visionin tulokset analysoitiin regressioanalyysimallilla, jolla saatiin selville muuttujien vaikutusta vasteille tilavuus, korkeus, paino ja rakenne sekä muuttujien yhteisvaikutusta vasteille.

5.4 Sämpylän valmispainon punnitukset

Sämpylän valmispainon punnitus tapahtui manuaalisesti linjastolta ennen pakkausketta jäädytyspiraalin ja Visionin jälkeen. Jokaisesta sämpyläerästä punnittiin 12 sämpylää Mettler-vaa'alla, joka taltioi punnitustulokset automaattisesti ja laski niistä keskiarvon.

5.5 Sämpylöiden valokuvaus

Näytteet valokuvattiin ylhäältä päin ja tarkasteltiin ulkonäköä ja mahdollisia eroavaisuuksia. Valokuvatut näytteet otettiin suoraan pakkauksista, jonka pakkauskoko on 30 sämpylää. Kuvat otettiin rakennemittausten jälkeen, joten kuvissa sämpylöiden määrä vaihteli. Mittausanturin puristamia sämpylöitä ei kuvattu.

5.6 Huokoskoko

Näytteistä otettiin valokopiot halkaisupinnoista, jonka avulla arvioitiin sämpylöiden huokoskoko. Huokoskoko vertailtiin Dallmannin huokoskokotaulukkoon (Liite 1.) (Salonen 2020), jonka avulla voidaan arvioida huokoskoko asteikolla 1–8, joista 1 on suurin huokoskoko ja 8 pienin.

5.7 Koesuunnitelma

Koesuunnitelma tehtiin 2^N Koesuunnitelma-mallin mukaisesti. Suunnitelma tehtiin niin, että kaikki testit voitaisiin ajaa peräkkäin saman päivän aikana, jotta tuotanto-olosuhteet olisivat mahdollisimman samat kaikissa erissä. Koesuunnitelman alussa ajettiin kaksi erää taikinaa reseptillä, jossa ei muutettu mitään, ja se toimi referenssinä (Erä R) tulosten analysoinnissa. Koesuunnitelmassa oli yhteensä 12 erää taikinaa, ja jokaisella reseptillä leivottiin kaksi erää sämpylöitä. (Ks. taulukko 1.).

Taulukko 1. Koesuunnitelma hampurilaissämpylöiden koeajoille. R=Referenssi.

Erä	Sekoitusteho kW	Vesi kg	Gluteeni kg
R	11	11	2,5
R	11	11	2,5
1	11	9	0
2	11	9	0
3	11	7	0
4	11	7	0
5	10,5	9	0
6	10,5	9	0
7	10,5	7	0
8	10,5	7	0
9	10,75	8	0
10	10,75	8	0

5.8 Koeajo

Koeajot suoritettiin 15.10.2020 aamulla. Kaikki sämpyläerät (ks. taulukko 1.) leivottiin yhtäjaksoisesti ilman vaihtotaukoja reseptien välillä, jotta koeolosuhteet olivat mahdollisimman samanlaiset.

6 Tulokset ja niiden tarkastelu

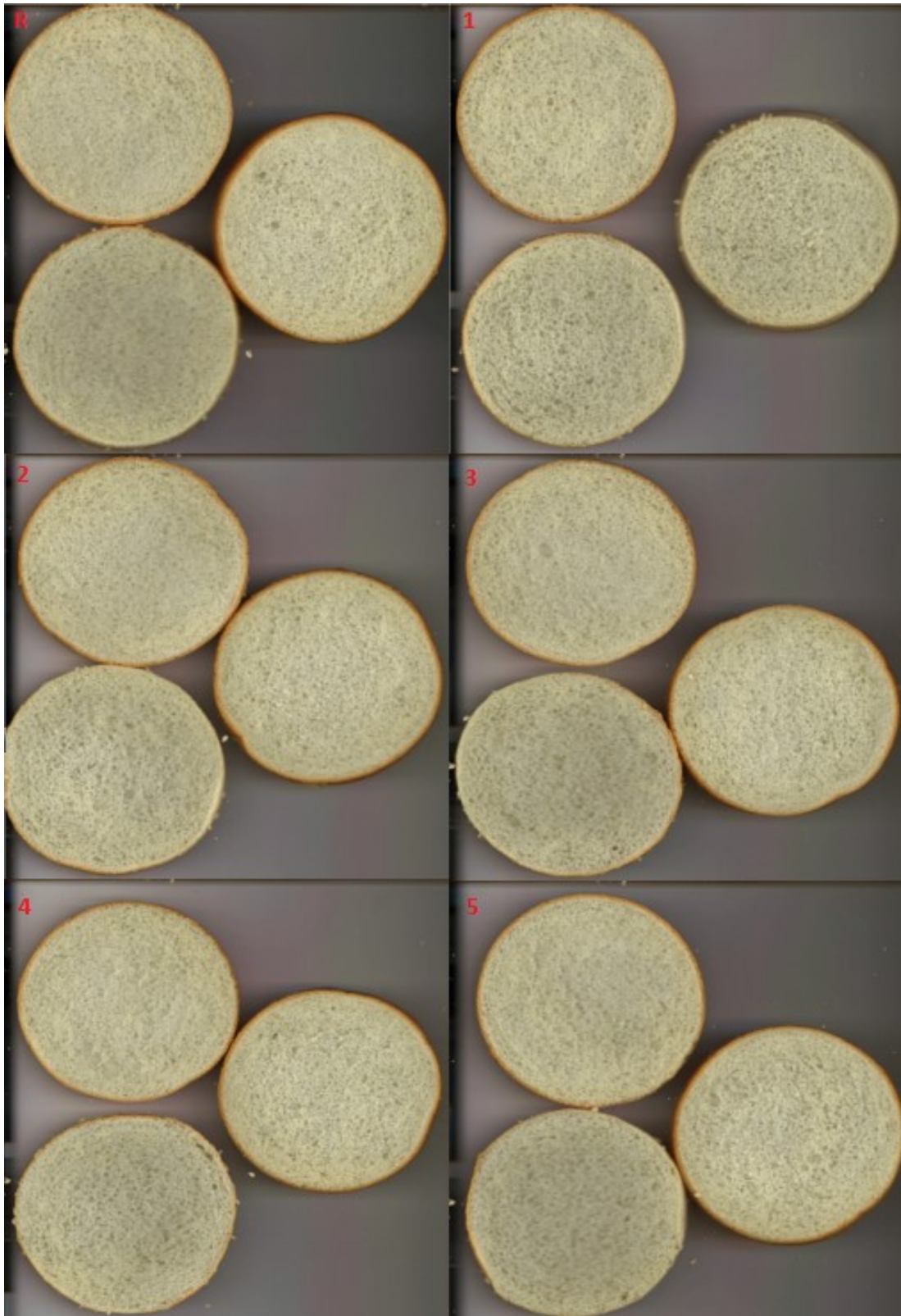
6.1 Sämpylöiden ulkonäkö ja huokoskoko

Hampurilaissämpylän on oltava tasaisen vaaleanruskean värinen, ja seesaminsienet ovat jakautuneet tasaisesti sämpylän pinnalle. Muodoltaan sen tulee olla pyöreä ja kohonnut korkeaksi. Kuvan 5. sämpylät olivat onnistuneet ulkoisesti tarkastettuna. Kuvasta 5. voidaan havaita, että osassa sämpylöistä (Kuvassa 5. numerot 2, 3, 4 ja 5) on pieni halkeama keskellä sämpylän pintaa. Kyseinen halkeama johtuu prosessin imukuppilaitteen (depanner) väärästä säädöstä koeajon aikana. Ensimmäiset taikinaerät R ja 1 ovat ilman halkeamia, mutta tämän jälkeen halkeamia ilmestyi, kun sämpylöiden korkeudet olivat vaihdelleet kesken koeajojen. Halkeamat syntyvät, kun kyseisen laitteen korkeus on säädetty väärin. Koeajojen aikana muottientyhjentäjän asetuksia olisi pitänyt säätää jokaiselle reseptille erikseen. Tämän takia ei voida ottaa huomioon kyseisiä halkeamia tuloksissa, sillä se oli inhimillinen virhe koeajossa. Kuvista voidaan myös havaita, että referenssisämpylöiden väri on hieman tummempi. Tämä johtuu siitä, että se valmistettiin ensimmäisenä ja uunin asetukset eivät olleet vielä tasaantuneet.



Kuva 5. Kuvassa valokuvat jokaisen reseptin näytteistä. Jokaisen kuvan vasemmassa yläkulmassa lukee, mikä resepti on kyseessä. R = referenssi; 1 = vesi 9 kg ja sekoitusteho 11 kW; 2 = vesi 7 kg ja sekoitusteho 11 kW; 3 = vesi 9 kg ja sekoitusteho 10,5 kW; 4 = vesi 7 kg ja sekoitusteho 10,5 kW; 5 = vesi 8 kg ja sekoitusteho 10,75 kW.

Sämpylöissä ei ollut huomattavia eroja huokoskoossa (Kuva 6.). Dallmannin asteikon (ks. Liite 1) mukaan sämpylät olisivat asteikolla 8, eli tiheintä mahdollista huokoskokoa. Hampurilaissämpylöissä pienin mahdollinen huokoskoko on tärkeää, sillä sämpylän halkaisupinnan on oltava mahdollisimman tasainen.



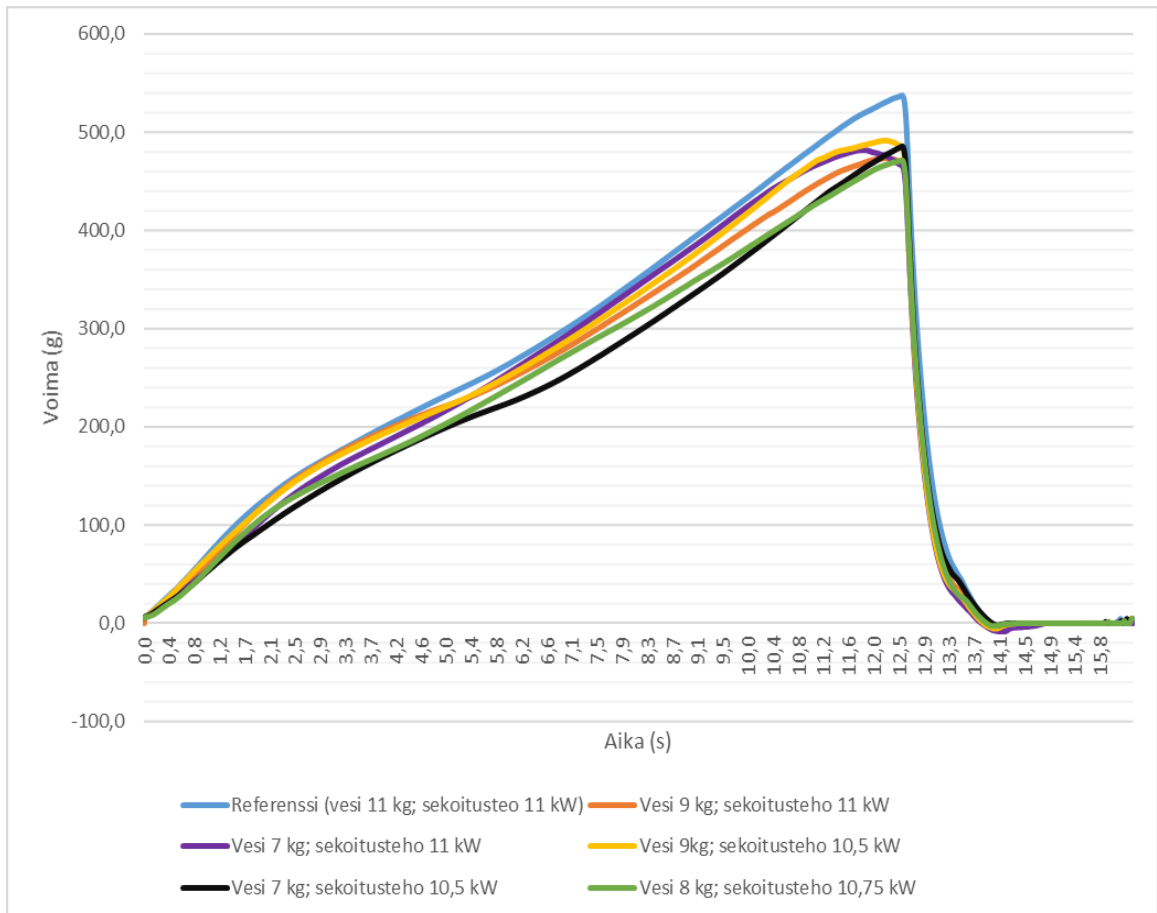
Kuva 6. Valokopiot hampurilaissämpylöiden leikkauspinoista. Jokaisessa kuvassa sämpylän osat samassa kohdassa. Ylhäällä sämpylän pohja, alhaalla kansi ja keskellä sämpylän

välikerroks. Jokaisen kuvan vasemmassa yläkulmassa lukee, mikä resepti on kyseessä. R = referenssi; 1 = vesi 9 kg ja sekoitusteho 11 kW; 2 = vesi 7 kg ja sekoitusteho 11 kW; 3 = vesi 9 kg ja sekoitusteho 10,5 kW; 4 = vesi 7 kg ja sekoitusteho 10,5 kW; 5 = vesi 8 kg ja sekoitusteho 10,75 kW.

Salovaaran ym. (2017: 84–87) mukaan ilma sekoittuu taikinaan sekoitusvaiheessa ja muodostaa kaasurakkuloita. Kaasurakkulat toimivat nukletaatiokohtina hiivan muodostamalle hiilidioksidille.

6.2 Sämpylöiden rakenne

Texture Analyzerin mittaustuloksissa tarkasteltiin maksimivoimaa, joka vaadittiin sämpylän painamiseen keskeltä alaspäin 25 mm. Käyrän muotoa myös tarkasteltiin, missä X-akselilla oli aika (s) ja Y-akselilla voima (g). Tavoiteltu muoto käyrälle oli referenssin käyrä, eli nopea kasvu ja terävästi alas (ks. Kuva 7). Referenssi oli ainut resepti, jossa oli käytetty gluteenijauhoa, josta johtuu selvästi suurempi maksimivoima (535,4 g ja muut olivat 445 g–495 g).



Kuva 7. Texture Analyzerin mittaustulokset. Referenssiä lukuun ottamatta kaikista oli poistettu gluteenijauho. Taulukossa jokaisesta reseptistä kolmen näytteen keskiarvo. n=3

Kuvasta 7. voidaan havaita, että ilman lisättyä gluteenijauhoa ei päästä samoihin lukemiin käyrän piikissä, kuin referenssissä. Tämä tulos oli odotettavissa, sillä Salovaaran ym. (2017: 35) mukaan gluteeni lisää taikinan kimmoisuutta ja elastisuutta. Mittauksia tehdessä havaittiin, että sämpylät ilman lisättyä gluteenia ja sekoitustehon muokkausta olivat referenssiin verrattuna vähemmän kimmoisia. Tämä aiheutti anturin läpäisyn sämpylän pinnan läpi, jolloin pinta repesi. Tämä voidaan havaita käyrän muodosta. Pyöreähkö piikki käyrässä tarkoittaa sämpylän rakenteen pettämistä sämpylän pintakuoressa. Sämpylöissä, joissa sekoitustehoa oli laskettu, käyrä pysyi oikean muotoisena ja sämpylän pinta kimmoisena testejä tehdessä. Poikkeuksena kuvan keltainen viiva (=vesi 9 kg; sekoitusteho 10,5 kW), joka voi johtua myös hajonnasta (käyrät piirretty kolmen näytteen keskiarvosta). Kuvan perusteella voidaan päätellä, että musta käyrä (=vesi 7 kg; sekoitusteho 10,5 kW) on lähimpänä referenssin rakennetta. Sekoitustehon laskemi-

sella odotettiin olevan positiivisia vaikutuksia valmiin sämpylän rakenteeseen, koska Salovaaran ym. (2017: 86) mukaan gluteenin määrä lisää taikinan sekoitusaikaa/-tehoa. Tällöin gluteenin vähentäminen vaatii sekoitustehon vähentämistä sekoitusoptimin löytämiseksi.

Näitä tuloksia voidaan pitää suuntaa antavina, sillä kolme mittausta reseptiä kohden näillä hajonnoilla on liian vähän, jotta voisi tehdä yleistyksiä.

Rakennemittauksista tehty regressioanalyysi (ks. liite 2.) kertoi, että muuttujilla sekoitusteho ja vesimäärä ei ollut tilastollisesti merkitsevää (P-arvot 0,538; 0,614 ja 0,743) vaikutusta sämpylöiden maksimivoimaan. Analyysin kertoimet (taulukossa 2) kuitenkin kertovat, että sekoitustehon nostaminen ja vesimäärän vähentäminen kasvattivat maksimivoimaa, joskaan eivät tilastollisesti merkitsevästi.

Taulukko 2. Rakennemittaustulosten regressioanalyysin kertoimet ja P-arvot. Jokaisesta erästä mitattiin kolme hampurilaissämpylää.

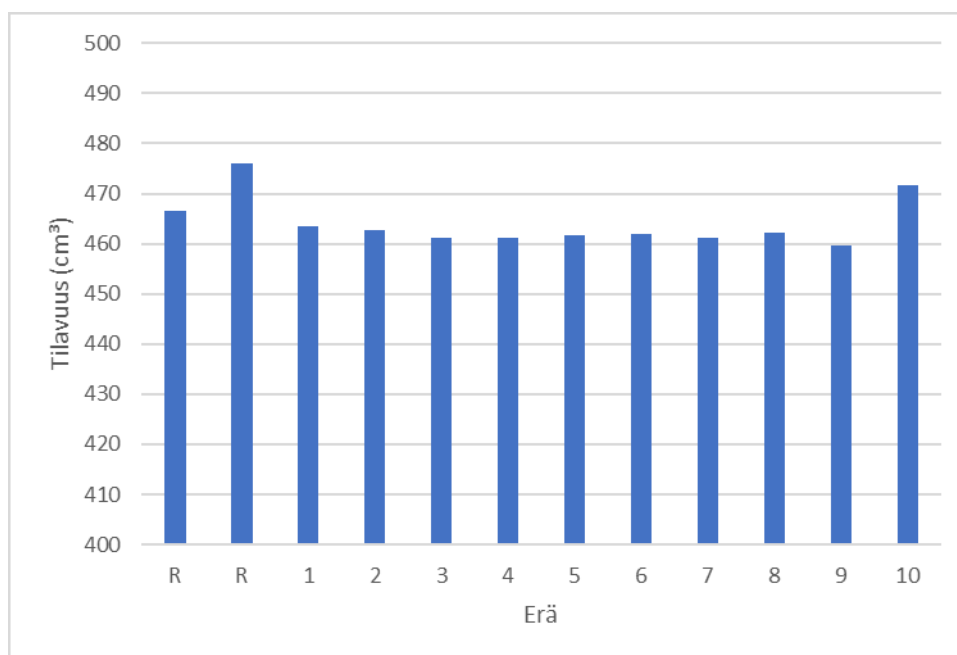
	<i>Kertoimet</i>	<i>Keskiarvo</i>	<i>t Tunnusluvut</i>	<i>P-arvo</i>
Leikkauspiste	473,907	10,2935	46,03944237	0,01382553
Sekoitusteho	10,22275	11,50848286	0,888279552	0,537621882
Vesimäärä	-7,99175	11,50848286	-0,694422549	0,613589056
Sekoitusteho * Vesimäärä	4,90875	11,50848286	0,426533198	0,743334921

6.2.1 Tilavuusmittausten analyysit

Sekoitusteholla, vesimäärällä ja niiden yhteisvaikutuksella ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta (P-arvot: P-arvot: 0,887; 0,736 ja 0,759). Hampurilaissämpylän tilavuus pysyi vakiona jokaisessa erässä (ks. taulukko 3. ja kuva 8.)

Taulukko 3. Tilavuusmittaustulosten regressioanalyysin kertoimet ja P-arvot. Jokaisesta erästä mitattiin n. 3 200 hampurilaisämpylää.

	<i>Kertoimet</i>	<i>Keskivirhe</i>	<i>t Tunnusluvut</i>	<i>P-arvo</i>
Leikkauspiste	462,6631693	1,263076212	366,2986961	2,79E-14
Sekoitusteho	0,210109875	1,412162135	0,148785943	0,886597
Vesimäärä	0,49878285	1,412162135	0,353205087	0,736013
Sekoitusteho * Vesimäärä	0,4538661	1,412162135	0,32139801	0,75881



Kuva 8. Tilavuusmittausten tulokset sämpyläeräkohtaisesti. R = referenssi; 1–2 = vesi 9 kg ja sekoitusteho 11 kW; 3–4 = vesi 7 kg ja sekoitusteho 11 kW; 5–6 = vesi 9 kg ja sekoitusteho 10,5 kW; 7–8 = vesi 7 kg ja sekoitusteho 10,5 kW; 9–10 = vesi 8 kg ja sekoitusteho 10,75 kW.

Gluteenijauhon poistaminen ei vaikuttanut käytännön kannalta merkittävästi hampurilaisämpylän tilavuuteen, kun verrataan referenssiä muihin eriin (ks. Kuva 8.). Hampurilaisämpylän tilavuuteen ei ole määrättyjä virheraja-arvoja ja tavoitemittoja. Gluteeni vaikutti tilavuuteen odotetusti, koska Salovaaran (2017: 47) mukaan gluteeni vahvistaa taikinaa, jolloin leivän tilavuus kasvaa. Sekoitustehon optimoinnin odotettiin myös vaikuttavan hampurilaisämpylän tilavuuteen, koska Salovaaran (2017: 86) mukaan sekoitusteholla voidaan vaikuttaa taikinan laatuun ja rakenteeseen.

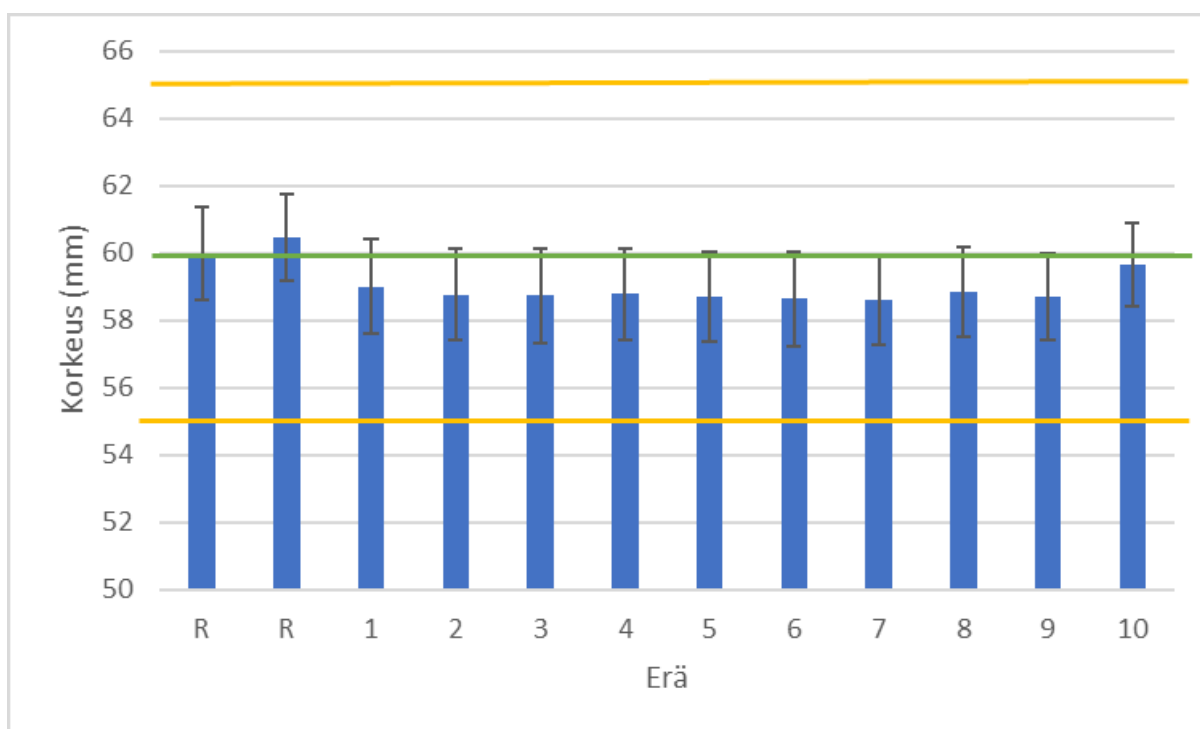
6.2.2 Korkeusmittausten analyysit

Korkeusmittauksissa sekoitusteholla, vesimäärällä ja niiden yhteisvaikutuksella ei ollut tilastollisesti merkitsevää (P-arvot=0,649; 0,883; 0,756) vaikutusta korkeuteen. Hampurilaissämpylän korkeus pysyi vakiona jokaisessa erässä.

Taulukko 4. Korkeusmittaustulosten regressioanalyysin kertoimet ja P-arvot. Jokaisesta erästä mitattiin n. 3200 hampurilaissämpylää.

	<i>Kertoimet</i>	<i>Keskivirhe</i>	<i>t Tunnusluvut</i>	<i>P-arvo</i>
Leikkauspiste	58,84	0,116397308	505,5099723	4,04481E-15
Sekoitusteho	0,0625	0,130136147	0,480266257	0,648046099
Vesimäärä	0,02	0,130136147	0,153685202	0,882896695
Sekoitusteho * Vesimäärä	0,0425	0,130136147	0,326581054	0,755076225

Taulukosta 4. nähdään, että regressioanalyysin kertoimet ovat niin pienet, että muuttujilla ei ole merkitystä tilavuuteen.



Kuva 9. Korkeusmittausten tulokset sämpyläeräkohtaisesti. R = referenssi; 1–2 = vesi 9 kg ja sekoitusteho 11 kW; 3–4 = vesi 7 kg ja sekoitusteho 11 kW; 5–6 = vesi 9 kg ja sekoitusteho 10,5 kW; 7–8 = vesi 7 kg ja sekoitusteho 10,5 kW; 9–10 = vesi 8 kg ja sekoitusteho 10,75 kW.

Referenssin hampurilaisämpylät olivat hieman korkeampia (n. 60 mm) verrattuna muihin eriin (58,5–59,7 mm). Korkeuden tavoite oli 60 mm ja virheraja-arvot ± 5 mm. Sämpylät eivät saavuttaneet tavoitekorkeutta, mutta pysyivät virheraja-arvojen sisällä.

Sekoitusteholla odotettiin olevan vaikutusta korkeuteen, sillä sekoitusteholla voidaan vaikuttaa taikinan rakenteen vahvuuteen, jolloin saadaan myös lisää korkeutta hampurilaisämpylöille. Toisaalta sekoitustehon muuttamista kokeiltiin niin pienellä alueella, mikä saattoi vaikuttaa tuloksiin. Tulokset olisivat saattaneet olla erilaiset, jos sekoitustehon alue olisi ollut laajempi. Gluteenijauholla odotettiin olevan myös suurempi vaikutus korkeuteen, koska gluteeni vahvistaa taikinan rakennetta ja kasvattaa tilavuutta. (Salovaara 2017: 47, 86–87.)

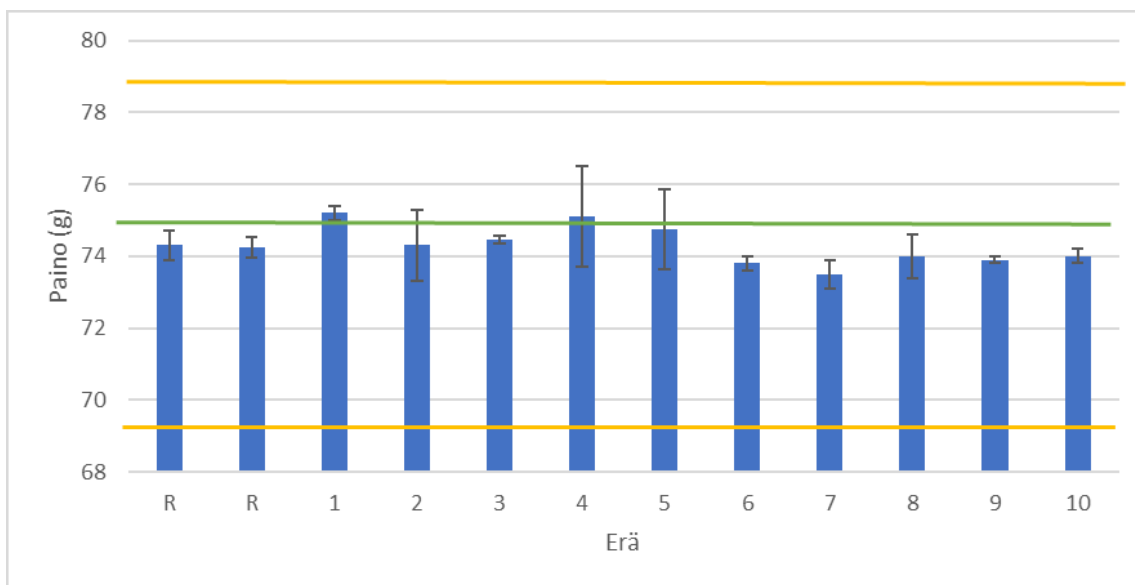
6.2.3 Punnitusten analyysit

Sekoitusteholla, vesimäärällä ja niiden yhteisvaikutuksella ei ollut tilastollisesti merkitsevää (P-arvot: 0,0768; 0,512 ja 0,460) vaikutusta hampurilaissämpylän valmispainoihin. Paino pysyi vakiona jokaisessa erässä.

Taulukko 5. Punnitusten regressioanalyysin kertoimet ja P-arvot. Jokaisesta erästä punnittiin 12 hampurilaissämpylän valmispainoa.

	<i>Kertoimet</i>	<i>Keskivirhe</i>	<i>Tunnusluku</i>	<i>P-arvo</i>
Leikkauspiste	74,3015	0,157942137	470,4349	6,227E-15
Sekoitusteho	0,376875	0,176584678	2,134245	0,07675797
Vesimäärä	0,123125	0,176584678	0,697258	0,51173994
Sekoitusteho * Vesimäärä	-0,139375	0,176584678	-0,78928	0,45999083

Taulukosta 5. nähdään, että regressiokertoimet ovat niin pienet, että muuttujilla ei ole merkitystä hampurilaissämpylän valmispainoon.



Kuva 10. Valmispainojen keskiarvotulokset sämpyläeräkohtaisesti. R = referenssi; 1–2 = vesi 9 kg ja sekoitusteho 11 kW; 3–4 = vesi 7 kg ja sekoitusteho 11 kW; 5–6 = vesi 9 kg ja

sekoitusteho 10,5 kW; 7–8 = vesi 7 kg ja sekoitusteho 10,5 kW; 9–10 = vesi 8 kg ja sekoitusteho 10,75 kW.

Valmispainoissa ei juurikaan näkynyt poikkeavuuksia referenssin ja muiden erien välillä (Kuva 10). Valmispainojen tavoite oli 75 g ja raja-arvot ± 4 g. Sämpyläerät 1 ja 4 pääsivät tavoitteeseen, ja kaikki olivat virheraja-arvojen sisällä.

7 Yhteenveto

Tulosten perusteella sekoitusteholla ja vesimäärällä ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta hampurilaissämpylän tilavuuteen, korkeuteen, painoon tai maksimivoimaan. Teoriaan peilattuna tulokset olivat yllättäviä, koska teoriassa sekoitusteholla pitäisi olla vaikutusta hampurilaissämpylän korkeuteen, tilavuuteen ja maksimivoimaan, koska sekoitusteholla voidaan vaikuttaa taikinan rakenteen vahvuuteen. Sekoitustehon vähäinen vaikutus saattoi johtua sekoitustehon kapeasta alueesta. Laajemmalla sekoitustehoalueella olisi voitu saada erilaisia tuloksia. Yllätyksenä tuli myös gluteenijauhon vähäinen vaikutus hampurilaissämpylän korkeuteen ja tilavuuteen.

Rakennemittauksissa selvisi, että gluteenijauhoa sisältämättömästä hampurilaissämpylästä saattaa tulla kimmoisampi sekoitustehoa ja vettä vähentämällä. Tämän avulla voidaan saada mahdollisia halkeamia ja rypyjä vähennettyä hampurilaissämpylän pinnalla. Tämä vaatii lisätutkimuksia. Rakennemittauskäyriä tarkastellessa voitiin päätellä, että erän 7–8 (=sekoitusteho 10,5 kW ja vesi 7 kg) käyrä on muodoltaan samankaltainen, kuin referenssi. Tämä kertoo siitä, että hampurilaissämpylä on ollut kimmoisa eikä pinta repeytynyt mittausturista. Kimmoisuutta halutaan hampurilaissämpylälle, jotta pakauksen jälkeen hampurilaissämpylän pinnalle ei muodostuisi rypyjä tai halkeamia. Erää 7–8 olisi syytä kokeilla jatkossa lisää vähentämällä litistystä ja tehdä enemmän rakennemittauksia.

Jatkotutkimuksissa olisi hyvä kokeilla erää 7–8 (=sekoitusteho 10,5 kW ja vesi 7 kg), koska rakennemittausten käyrät antoivat viitteitä halutusta kimmoisuudesta, jolla voidaan päästä eroon ongelmallisista rypyistä hampurilaissämpylän pinnalla. Erissä 9–10

(=sekoitusteho 10,75 kW ja vesi 8 kg) päästiin korkeudessa lähelle tavoitetta (60 mm), kun mitattu keskiarvo oli 59,2 mm.

Lähteet

AIB International. Bakery school Module 1. Konferenssimateriaali.

Antony, J. 2014. Design of Experiments for Engineers and Scientist. 2., painos. Lontoo: Elsevier

Belitz, H-D; Grosch. W; Schieberle. P. 2009. Food chemistry. 4., painos. Berliini: Springer

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

Gluten (Vital Wheat Gluten) 1 kg. Verkkoaineisto. I Buy Whole Foods Online. <<https://www.buywholefoodsonline.eu/gluten-1kg.html>>. Luettu 31.10.2020

Jauhopöly. 2020. Verkkoaineisto. <<https://www.ttl.fi/kemikaalit-ja-tyo/jauhopoly/>>. Luettu 25.9.2020

Keitä olemme? 2020. Verkkoaineisto. <<https://www.lantmannen-unibake.com/fi-fi/meista/tietoa-meista/>>. Luettu 14.9.2020.

Lantmännen Corporate Presentation 2020. Verkkoaineisto. Yrityksen Lantmännen Unibake Intranet. Luettu 13.10.2020

Lantmännen is owned and governed by farmers 2020. 2020. Verkkoaineisto. <<https://www.lantmannen.com/our-owners/>>. Luettu 14.9.2020.

Lantmännen Unibake Petikko. 2020. Verkkoaineisto. Intranet. Luettu 21.10.2020

Saarela, Anna-Maria; Hyvönen, Paula; Määttä, Sinikka; Wright, Atte. 2010. Elintarvikkeprosessit. 3. uudistettu painos. Kuopio: Savonia ammattikorkeakoulu.

Salonen, Venla. 2020. Vehnäjauhojen laatuun vaikuttavat tekijät. Insinööriö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

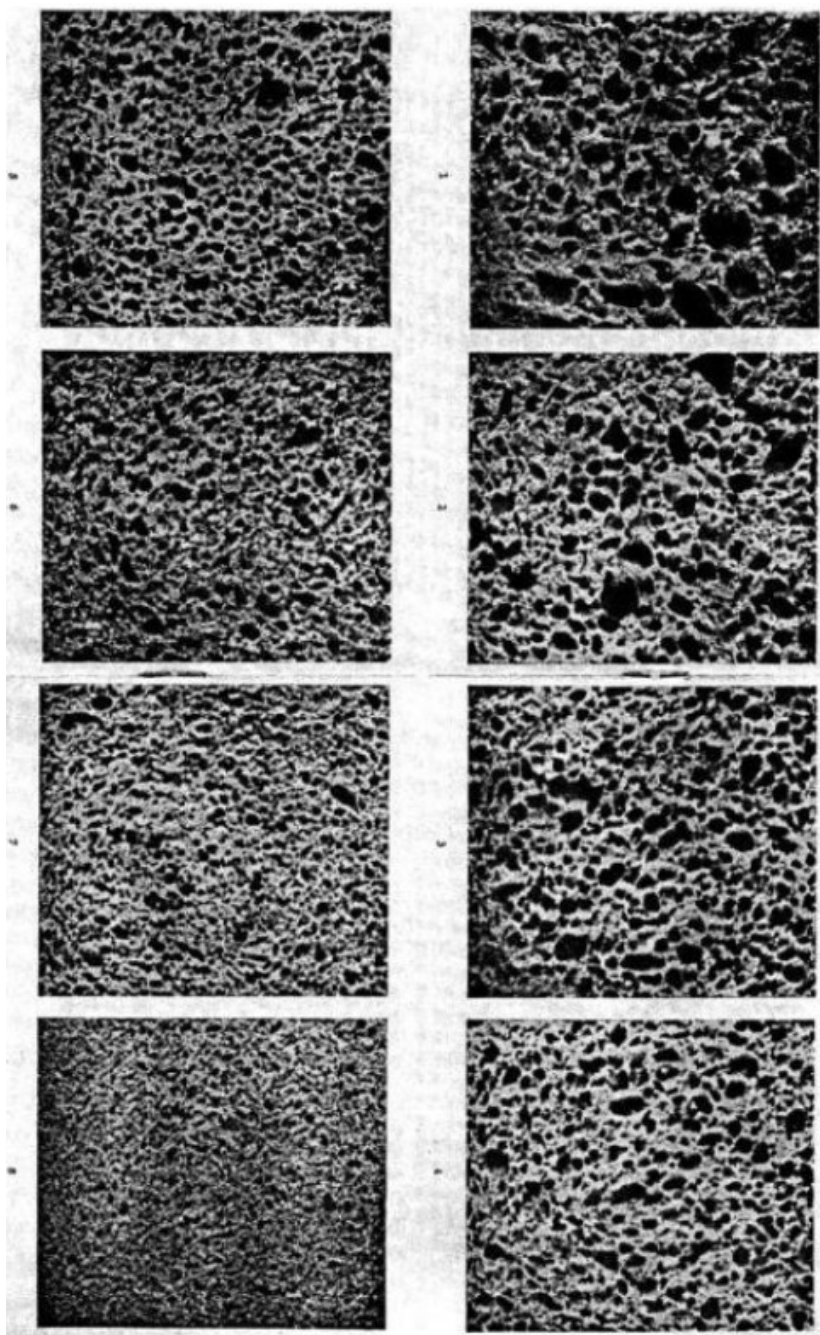
Salovaara, Hannu; Igniatus, A; Jussila, A & Hurri-Martikainen, M. 2017. Leivonnan teknologia: Ruokaleipä. Helsinki: Suomen Leipuriliitto ry.

Unibake Company Presentation 2020. Verkkoaineisto. Intranet. Luettu 13.10.2020

Vital Wheat Gluten. Verkkoaineisto. <<https://www.okchem.com/product/vital-wheat-gluten-005.html>>. Luettu 31.10.2020

Dallmannin huokoskokotaulukko

Dallmannin huokoskokotaulukkoa käytettiin vertaamaan koelepien huokoskokoa. Huokoskoko arvioidaan asteikolla 1–8. Taulukkoa luetaan oikealta ylhäältä alas 1–4 ja vasemmalta ylhäältä alas 5–8.



Regressioanalyysit

Tilavuusmittaukset

<i>Regressiotunnusluvut</i>				
Kerroin R		0,351864146		
Korrelaatiokerroin		0,123808377		
Tarkistettu korrelaatiokerroin		-0,314287434		
Keskivirhe		0,152611926		
Havainnot		10		
ANOVA				
	<i>va</i>	<i>NS</i>	<i>KN</i>	<i>F</i>
Regressio	3	0,019746	0,006582	0,282606
Jäännös	6	0,1397424	0,0232904	
Yhteensä	9	0,1594884		
	<i>Kertoimet</i>	<i>Keskivirhe</i>	<i>t Tunnusluvut</i>	<i>P-arvo</i>
Leikkauspiste	100,0574	0,048260128	2073,293279	8,5E-19
Sekoitusteho	-0,0305	0,053956464	-0,565270549	0,592382
Vesimäärä	0,037	0,053956464	0,685738043	0,518482
Sekoitusteho * Vesimäärä	0,013	0,053956464	0,240934988	0,817627

Korkeusmittaukset

<i>Regressiotunnusluvut</i>				
Kerroin R		0,238205171		
Korrelaatiokerroin		0,056741703		
Tarkistettu korrelaatiokerroin		-0,414887445		
Keskivirhe		0,368080607		
Havainnot		10		
ANOVA				
	<i>va</i>	<i>NS</i>	<i>KN</i>	<i>F</i>
Regressio	3	0,0489	0,0163	0,120310001
Jäännös	6	0,8129	0,135483333	
Yhteensä	9	0,8618		
	<i>Kertoimet</i>	<i>Keskivirhe</i>	<i>t Tunnusluvut</i>	<i>P-arvo</i>
Leikkauspiste	58,84	0,116397308	505,5099723	4,04481E-15
Sekoitusteho	0,0625	0,130136147	0,480266257	0,648046099
Vesimäärä	0,02	0,130136147	0,153685202	0,882896695
Sekoitusteho * Vesimäärä	0,0425	0,130136147	0,326581054	0,755076225

Punnitukset

<i>Regressiotunnusluvut</i>				
Kerroin R	0,696851989			
Korrelaatiokerroin	0,485602695			
Tarkistettu korrelaatiokerroin	0,228404042			
Keskivirhe	0,499456893			
Havainnot	10			
ANOVA				
	<i>va</i>	<i>NS</i>	<i>KN</i>	<i>F</i>
Regressio	3	1,412959375	0,470986	1,88804525
Jäännös	6	1,496743125	0,249457	
Yhteensä	9	2,9097025		
	<i>Kertoimet</i>	<i>Keskivirhe</i>	<i>Tunnusluku</i>	<i>P-arvo</i>
Leikkauspiste	74,3015	0,157942137	470,4349	6,227E-15
Sekoitusteho	0,376875	0,176584678	2,134245	0,07675797
Vesimäärä	0,123125	0,176584678	0,697258	0,51173994
Sekoitusteho * Vesimäärä	-0,139375	0,176584678	-0,78928	0,45999083

Rakennemittaukset

<i>Regressiotunnusluvut</i>				
Kerroin R		0,769654547		
Korrelaatiokerroin		0,592368121		
Tarkistettu korrelaatiokerroin		-0,630527514		
Keskivirhe		23,01696573		
Havainnot		5		
ANOVA				
	<i>va</i>	<i>NS</i>	<i>KN</i>	<i>F</i>
Regressio	3	769,8740487	256,6246829	0,484397936
Jäännös	1	529,7807113	529,7807113	
Yhteensä	4	1299,65476		
	<i>Kertoimet</i>	<i>Keskivirhe</i>	<i>t Tunnusluvut</i>	<i>P-arvo</i>
Leikkauspiste	473,907	10,2935	46,03944237	0,01382553
Sekoitusteho	10,22275	11,50848286	0,888279552	0,537621882
Vesimäärä	-7,99175	11,50848286	-0,694422549	0,613589056
Sekoitusteho * Vesimäärä	4,90875	11,50848286	0,426533198	0,743334921