



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Jenni Väänänen

Tärkkelyksen esikäsittelyn vaikutus leivontaan

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Bio- ja kemiantekniikka

Insinöörityö

17.4.2019

Tekijä Otsikko	Jenni Väänänen Tärkkelyksen esikäsittelyn vaikutus leivontaan
Sivumäärä Aika	72 sivua + 3 liitettä 17.4.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Bio- ja kemiantekniikka
Ammatillinen pääaine	Bio- ja elintarviketekniikka
Ohjaajat	lehtori Pia-Tuulia Laine innovaatiojohtaja Juhani Sibakov
<p>Tärkkelyksen liisteröinnin aikana tärkkelysjuvä turpoo ja sitoo vettä. Tärkkelyksen liisteröitymisellä on merkittävä vaikutus leivän paiston aikana muodostuvaan rakenteeseen. Työn tavoitteena oli tutkia esiliisteröidyn tärkkelyksen vaikutusta leivontaan ja valmiin leivän ominaisuuksiin, kuten pehmeuteen ja murenevuuteen. Esiliisteröidyn tärkkelyksen käytöllä oli tarkoitus saavuttaa samankaltaisia ominaisuuksia, mitä tyypillisesti hydrokolloidien käytöllä voidaan aikaansaada.</p> <p>Insinööriyön kokeellinen osa koostui esikokeesta ja jatkotutkimuksesta. Kokeellisessa osassa tärkkelyksiä esiliisteröitiin käyttämällä kolmea erilaista jauhoa (karkea vehnäjauho, täysjyväkaurajauho ja endospermistä valmistettu kaurajauho). Jauhoja esiliisteröitiin kolmella eri keittoajalla (10 min, 30 min ja 60 min) ja kahdella eri pitoisuudella (10 % ja 20 %). Vertailunäytteinä toimi 0-näyte ja guarumia sisältänyt näyte. Amylografin avulla tutkittiin jauhojen viskositeetin muutosta liisteröitymisen aikana. Esiliisteröidyllä tärkkelyksellä leivottiin 5 kg:n erää palaleipiä. Työssä tutkittiin esiliisteröidyn tärkkelyksen vaikutusta taikinan ominaisuuksiin, kuten kovuuteen ja leivottavuuteen. Valmiita leipiä arvioitiin aistinvaraisesti ja analyysimenetelmien avulla. Käytetyt analyysimenetelmät olivat kuva-analyysi, kosteusmittaus ja rakennemittaus. Jatkotutkimuksessa esiliisteröidystä tärkkelyksestä leivottiin 5 kg:n erää vuokaleipiä, joita arvioitiin samoilla menetelmillä kuin palaleipiä.</p> <p>Esiliisteröidyn tärkkelyksen käytöllä leipään onnistuttiin sitouttamaan vettä verrokinäytettä enemmän. Esiliisteröinnin ansiosta leivän kaurapitoisuutta oli mahdollista kasvattaa (16,7 %:sta 19,1 %:iin) ilman merkittäviä vaikutuksia leivontaan ja valmiin leivän ominaisuuksiin, kuten murenevuuteen tai ominaistilavuuteen. Esiliisteröintiin käytetyllä ajalla oli vaikutuksia esiliisteröityjen tärkkelyksien koostumukseen, mikä vaikutti myös valmiiden leipien ominaisuuksiin. Tulokset vaihtelivat esiliisteröintiin käytetyn jauhomäärän mukaan.</p> <p>Työssä saatuja tuloksia voidaan hyödyntää uusien tuotteiden kehityksessä. Esiliisteröidyn tärkkelyksen käyttöä tulisi kuitenkin vielä tutkia ja koeolosuhteet, kuten esiliisteröinti-aika ja taikinan sekoitusaika, optimoida. Esiliisteröityä tärkkelystä sisältäneille leiville olisi hyvä myös suorittaa mikrobiologisen säilyvyyden seuranta ja veden aktiivisuuden määrittäminen.</p>	
Avainsanat	leivonta, tärkkelys, esiliisteröinti

Author Title	Jenni Väänänen Effect of starch pretreatment on baking.
Number of Pages Date	72 pages + 3 appendices 17 April 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Biotechnology and Chemical Engineering
Professional Major	Biotechnology and Food Engineering
Instructors	Pia-Tuulia Laine, Senior Lecturer Juhani Sibakov, Director R&D
<p>During starch gelatinization the starch granule swells and absorbs water. Starch gelatinization has a significant effect on forming bread crumb during baking. The aim of the thesis was to study the effect of pregelatinized starch on baking and bread qualities such as softness and crumbling. The aim of using pregelatinized starch was to accomplish the same effects than typically can be accomplished by using hydrocolloids in baking.</p> <p>The experimental part consists of preliminary test and subsequent main test. In the experimental part starches were pregelatinized by using three different kinds of flour (coarse wheat flour, wholegrain oat flour and oat flour made of endosperm). Flours were pregelatinized by using three different cooking times (10 min, 30 min and 60 min) and by using two different concentrations (10 % and 20 %). The control samples of the tests were 0 sample and sample that contained guar gum. The change of viscosity of the flours during gelatinization was studied by using amylograph. Pregelatinized starch was used to bake a 5 kg set of flat bread pieces. The effect of pregelatinized starch on dough qualities were studied. Breads were analysed by sensory evaluation and laboratory tests. Used methods of analysis were picture-analysis, moisture measurement and structure analysis. In the main test pregelatinized starch was used to bake a 5 kg set of pan loaf. Pan loaves were analysed with the same methods that were used in the preliminary test.</p> <p>The moisture of the bread was higher in breads that contained pregelatinized starch compared to the 0 sample. The concentration of oat in bread could be increased from 16.7 % to 19.1 % without any significant effect on baking or the qualities of the bread by using pregelatinized starch. The time used for pregelatinization influenced the texture of the pregelatinized starch. Consequently, the qualities of the baked bread were affected. The results varied depending on the used starch concentration.</p> <p>The results of this thesis can be utilized in product development. The possible uses of pregelatinized starch should be studied further. Possible areas of future research include optimization the test conditions, such as the time used to pregelatinization and the mixing time of the dough. The effect of pregelatinized starch on microbiological self-life should be tested.</p>	
Keywords	baking, starch, pregelatinization

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Tärkkelys	2
2.1	Rakenne	2
2.2	Tärkkelysten eroavaisuudet	4
2.3	Tärkkelys leivonnassa	7
2.4	Tärkkelyksen analyysimenetelmät	9
2.4.1	Amylografi	9
2.4.2	Rapid Visco Analyzer eli RVA	10
2.4.3	Jodivärjäys	10
2.4.4	Sakoluku	11
3	Tärkkelyksen käsittely	11
3.1	Modifioitujen tärkkelysten käyttö leivonnassa	11
3.2	Kemiallinen modifiointi	12
3.3	Fysikaalinen modifiointi	13
3.4	Entsymaattinen modifiointi	14
4	Hydrokolloidit	15
4.1	Hydrokolloidien käyttö leipomotuotteissa	15
4.2	Guarkumi	16
4.3	CMC	17
4.4	Pektiini	18
5	Materiaalit ja menetelmät	20
5.1	Kokeellisen osan toteutus	20
5.2	Guarkumi leivonnassa	21
5.3	Jauhot	22
5.4	Esikokeet	23
5.5	Aistinvarainen arviointi	29

5.6	Analyysimenetelmät	30
5.7	Jatkotutkimukset	32
5.7.1	Palaleipien leivonta esiliisteröidyistä tärkkelyksistä	32
5.7.2	Vuokaleivonnat esiliisteröidyistä tärkkelyksistä	33
6	Tulokset	36
6.1	Guarkumin lisäyksen vaikutukset leivän ominaisuuksiin	36
6.2	Raaka-aineen, jauho-vesisuspension pitoisuuden ja keittoajan vaikutukset esiliisteröityyn tärkkelykseen	38
6.3	Esiliisteröity vehnätärkkelys leivonnassa	41
6.3.1	Taikinoiden kovuus	41
6.3.2	Leipien kosteuspitoisuus	43
6.3.3	Ominaistilavuus	44
6.3.4	Aistinvarainen arviointi	46
6.3.5	Rakennemittaus	49
6.4	Esiliisteröity kaurajauho (kaurajauho 1) leivonnassa	50
6.4.1	Taikinoiden kovuus	51
6.4.2	Leipien kosteuspitoisuus	52
6.4.3	Ominaistilavuus	52
6.4.4	Aistinvarainen arviointi	53
6.4.5	Rakennemittaus	54
6.5	Esiliisteröity kauratärkkelys (kaurajauho 2) leivonnassa	55
6.5.1	Taikinoiden kovuus	55
6.5.2	Leipien kosteuspitoisuus	56
6.5.3	Ominaistilavuus	56
6.5.4	Aistinvarainen arviointi	57
6.6	Vuokaleivän leivonta esiliisteröidyillä tärkkelyksillä	58
7	Pohdinta ja tulosten tarkastelu	62
8	Yhteenveto	66
	Lähteet	69
	Liitteet	
	Liite 1. Kokeellisessa osassa käytettyjen jauhojen vedensidontaprosentit	
	Liite 2. Kokeellisessa osassa käytettyjen jauhojen amylografianalyysin tulokset	
	Liite 3. Jatkotutkimuksessa leivottujen palaleipien rakennemittaus	

Lyhenteet

CMC	Karboksimetyyliselluloosa, selluloosapohjainen hydrokolloidi.
DA	Dalton, molekyyli­massan yksikkö (DA = g/mol).
RVA	Rapid Visco Analyzer, tärkkelyksen α -amylaasin tutkimiseen käytetty laite.
SEM	Scanning Electron Microscope, pyyhkäisy­elektronimikroskoopi.

1 Johdanto

Tärkkelyksen liisteröityminen on reaktio, jossa veden ja lämmön vaikutuksesta tärkkelysjuvänen turpoaa ja seoksen viskositeetti kasvaa. Lämmön ja veden vaikutuksesta tärkkelysjuvä alkaa absorboimaan vettä, mikä aiheuttaa tärkkelysjuväsen turpoamisen ja lopulta johtaa juväsen hajoamiseen. Tärkkelyksen liisteröitymisellä on oleellinen osa leivän paiston aikana muodostuvaan rakenteeseen. Tärkkelyksen liisteröitymisaika ja -lämpötila ovat yksilöllisiä eri tärkkelyksillä.

Hydrokolloidit ovat elintarviketeollisuudessa käytettäviä lisäaineita, jotka muodostavat veden kanssa korkean viskositeetin suspensioita. Hydrokolloideja käytetään leipomotuotteissa parantamaan tuotteen ominaisuuksia ja pidentämään säilyvyysaikaa. Leivässä hydrokolloidit hidastavat kosteuden haihtumista ja voivat vaikuttavasti positiivisesti leivän tilavuuteen. Hydrokolloideja käytetään taikinassa vähäisiä määriä, mutta niiden avulla voidaan saavuttaa huomattavia parannuksia leivän ominaisuuksiin. Hydrokolloidit luokitellaan lisäaineiksi, jolloin niiden käyttö tulee ilmoittaa tuoteselosteessa E-koodina tai aukikirjoitettuna. Tuoteselosteessa E-koodi voi aiheuttaa kuluttajissa negatiivisia reaktioita, minkä vuoksi tuoteselosteen vähäinen E-koodimäärä voi olla tavoiteltavaa.

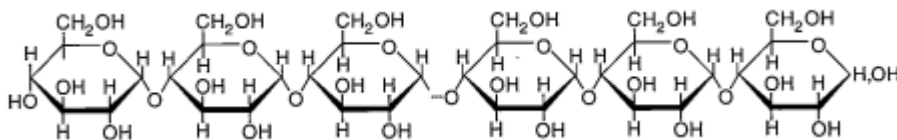
Tämän insinööriyön tarkoituksena oli tutkia esiliisteröidyn tärkkelyksen vaikutusta pala-leivän ja vuokaleivän leivontaan. Työn tavoitteena oli saada esiliisteröidyn tärkkelyksen käytöllä leipään samankaltaisia positiivisia vaikutuksia, kuin hydrokolloidien käytöllä voidaan saavuttaa esimerkiksi säilyvyyden parantamiseen ja murenevuuden vähentämiseen liittyen. Työn alustavana hypoteesina toimi ajatus siitä, että vehnäjäuhon esiliisteröinnin kautta saataisiin leipään pehmeyttä ja kauran esiliisteröinnillä voisi mahdollisesti vähentää paljon kauraa sisältävän leivän murenevuutta. Tässä insinööriyössä esiliisteröinnin raaka-aineena käytettiin vehnäjauhoa ja kahta erilaista kaurajauhoa. Jauhoista tehtiin kaksi eripitoista jauho-vesiseosta ja niitä esiliisteröitiin eri pituisia aikoja.

2 Tärkkelys

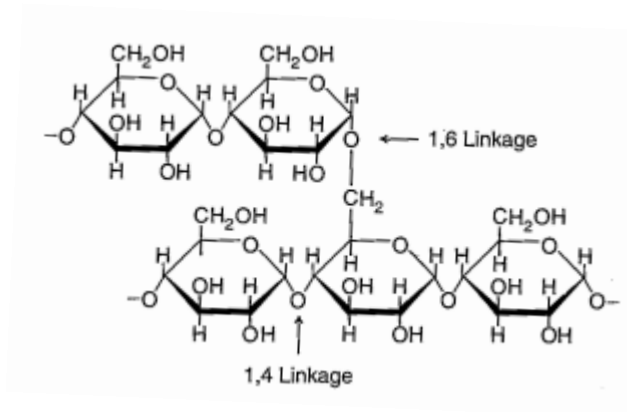
2.1 Rakenne

Luonnossa tärkkelys esiintyy granuloina eli jyväsinä. Tärkkelysyyvästen koko, muoto ja ominaisuudet, kuten liisteröitymislämpötila, riippuvat tärkkelyksen alkuperästä. Tärkkelys koostuu kahdesta polymeeristä: amyloosista ja amylopektiinistä (BeMiller & Whistler 2009: 201).

Amyloosi on noin 2000 glukoosiyksiköstä koostuva suoraketjuinen polymeeri, jonka glukoosiyksiköt ovat sidoksissa toisiinsa α -1,4-glykosididoksilla (kuva 1). Amyloosin molekyyllipaino voi vaihdella 250 000:sta 1,9 miljoonaan Daltoniin (Da) riippuen tärkkelyksen alkuperästä. (Pylar & Gorton 2008: 5—6.) Amyloosilla on taipumusta muodostaa kierteisiä tai kaksoiskierteisiä rakenteita. Kierteinen rakenne syntyy jodin tai rasvahappojen vaikutuksesta. Amyloosin ja rasvahapon muodostava kierteinen rakenne on hetkellinen ja reversiibeli, sillä yhdistelmä sulaa lämmitettäessä, mutta muodostuu uudelleen jäädytyksen aikana. Ilman kompleksointiaineiden, kuten rasvahappojen, läsnäoloa amyloosi muodostaa kaksoiskierteisen rakenteen. Kaksoiskierteisyyden voimakkuus riippuu amyloosin molekyylikoosta, pitoisuudesta ja lämpötilasta. Amyloosin kaksoiskierteisen rakenteen syntyminen tapahtuu tärkkelyksen retrogradaation eli uudelleen kiteytymisen aikana. Amyloosilla on korkea taipumus retrogradaatioon, ja se muodostaa paksumia geelejä ja vahvoja kalvoja. (BeMiller & Whistler 2009: 194, 208—211.)

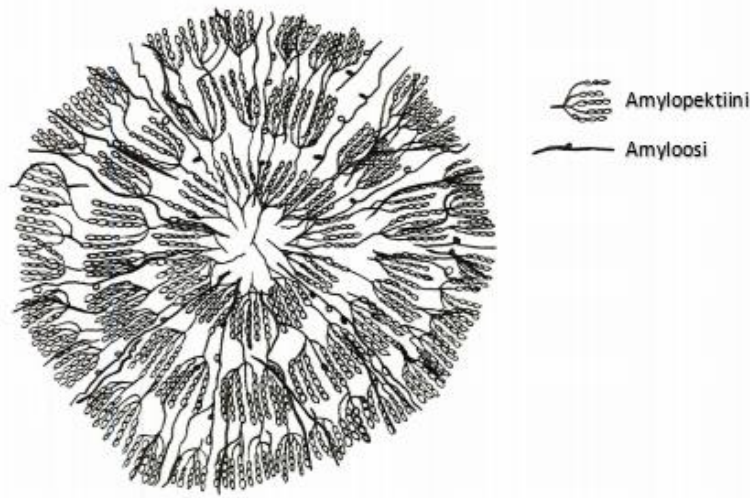


Kuva 1. Amyloosin rakenne. (Pylar & Gorton 2008: 7.)



Kuva 2. Amylopektiinin rakenne. (Pyler & Gorton 2008: 8.)

Amylopektiini on haaroittunut polymeeri (kuva 2), jonka glukoosiyksiköt ovat sidoksissa α -1,4-glykosididoksilla. Haaroittuneet glukoosiketjut ovat kiinni toisissaan α -1,6-glykosididoksilla. Amylopektiinin jokainen haara koostuu noin 20–30 glukoosiyksiköstä. Haarojen pituuteen vaikuttaa tärkkelyksen alkuperä ja molekyylin sijainti tärkkelysjuvässä. Molekyylissä on useita tuhansia haaroja, minkä seurauksena amylopektiinin molekyylipaino nousee miljooniin ja suurella molekyylipainolla amylopektiini on yksi suurimmista tunnetuista luonnon polymeereistä. Amylopektiini sisältää noin 5 % haarautumiskohtia, mikä vaikuttaa voimakkaasti amylopektiinin fysiologisiin ja biologisiin ominaisuuksiin. Amylopektiini on amyloosia stabiilimpi ja muodostaa pehmeitä geelejä ja heikkoja kalvoja. (BeMiller & Whistler 2009: 152, 194, 212–213; Pyler & Gorton 2008: 8.) Kuvassa 3 on havainnollistettu amyloosin ja amylopektiinin sijoittumista tärkkelysjuväseen.



Kuva 3. Kuvassa amyloosin ja amylopektiinin sijoittuminen tärkkelysjyväsessä. (Paananen 2019.)

2.2 Tärkkelysten eroavaisuudet

Vehnää on viljelty esihistoriallisista ajoista lähtien ja vehnävästä valmistettu leipä on ollut osa ihmisten ruokavaliota hyvin kauan. Vehnän käyttö voidaan jakaa neljään kategori-
aan: ruoka, rehu, siemen ja teollisuus. Vehnävästä 67 % käytetään ruokana. (BeMiller & Whistler 2009: 442—443.) Vehnä on tärkeä vilja viljelysalan ja leivottavuuden vuoksi. Vehnä sisältää kahta sitkoproteiinia: gliadiinia ja gluteiinia, mihin perustuu vehnän hyödylliset leivontaominaisuudet. (Vehnä 2018.) Vehnän tärkkelysjyvät koostuvat suurista linssimäisistä (halkaisija 28—30 µm) ja pienistä pallomaisista jyväsistä (halkaisija 2—8 µm). Vehnätärkkelyksen painosta noin 30 % koostuu pienistä tärkkelysjyväsistä. (BeMiller & Whistler 2009: 452—454; Pylar & Gorton 2008: 118)

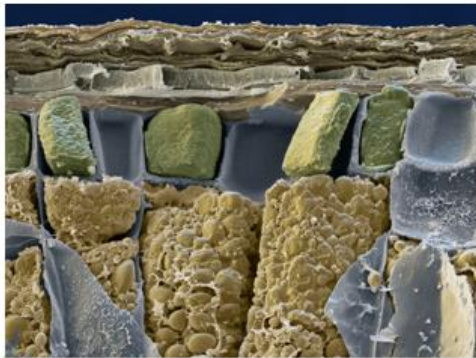
Vehnän jyvistä 2—3 % on alkiota, 13—17 % lesettä ja 80—85 % ydintä. Ydin koostuu pääosin tärkkelyksestä ja proteiineista. Vehnä on hyvin hiilihydraattipitoinen vilja hiilihydraattipitoisuuden ollessa noin 70 % koko jyvistä. Proteiini- ja rasvapitoisuus on vehnässä alhainen. Proteiinipitoisuus on noin 6—18 % ja rasvapitoisuus 2 %. Vehnän proteiineista gluteeni ja gliadiini ovat sitkoproteiineja, jotka muodostavat viskoelastisen gluteenin, joka sitoo kaasukuplia leivän sisään muodostaen kuohkean leivän. (Pylar & Gorton 2008: 115, 120.) Vehnän proteiinikoostumus vaihtelee ympäristöstä ja viljellystä

vehnälajikkeesta riippuen. Vehnän leivontaominaisuudet johtuvat suurelta osin sen proteiinien laadusta ja määrästä (Pylar & Gorton 2008: 123).

Vehnäjauhoista noin 67 % on tärkkelystä (Pylar & Gorton 2008: 126). Vehnätärkkelyksessä on noin 25 % amyloosia ja 75 % amylopektiiniä (BeMiller & Whistler 2009: 457.) Vehnätärkkelyksen pienet jyväset eroavat ominaisuuksiltaan isojen tärkkelysylvästen kanssa. Pienillä vehnätärkkelyksen jyvillä on matalampi jodiaffiniteetti, alempi amyloosipitoisuus, ne turpoavat enemmän korkeissa lämpötiloissa, ne ovat herkempiä amyloosin hyökkäykselle ja niillä on korkeampi vedensidontakapasiteetti kuin isoilla tärkkelysylväksillä. (Pylar & Gorton 2008: 126.) Liisteröidyn vehnätärkkelyksen viskositeettiin vaikuttaa amyloosipitoisuus, tärkkelysylvästen koko, vehnän laatu, kuumennuslämpötila ja vuorovaikutus muiden komponenttien kanssa.

Kauraa on perinteisesti viljelty rehuksi, mutta kauran käyttö ihmisravinnoksi on nostanut suosiotaan kauran ravitsemuksellisesti hyödyllisen β -glukaanin johdosta (BeMiller & Whistler 2009: 590; Kaura 2018). Kauran tärkkelysylväset muodostavat ryhmiä, joiden halkaisija on noin 20–150 μm , yhden jyväsien koon ollessa 2–15 μm . Kuvassa 4 on pyyhkäisyelektronimikroskooppikuvat (SEM) kauran ja vehnän tärkkelyksistä.

Vehnätärkkelys



Kauratärkkelys



Kuva 4. Vehnä- ja kauratärkkelysten pyyhkäisyelektronimikroskooppikuva (SEM). Kuvasta on havaittavissa tärkkelysylvästen koon ero vehnä- ja kauratärkkelysten välillä. (Good Mills 2019.)

Kauran tärkkelysylväset ovat keskimäärin huomattavasti pienempiä kuin vehnän. Kauran tärkkelysylväset ovat muodoltaan epäsäännöllisiä ja pinnaltaan viipaleisia monitahokkaita. Kauran tärkkelyksellä on heikko kahtaistaitavuus. (BeMiller & Whistler 2009: 591.)

Kaura on hyvin proteiini- ja rasvapitoinen vilja. Kaurajauhon rasvapitoisuus on noin 7 % ja proteiinipitoisuus 12—16 %. Kauran proteiinit koostuvat globuliineista, prolamiineista, albumiineista ja gluteliineista (Ma & Harwalkar 1984: 144—145). Monien kauran ominaisuuksien uskotaan johtuvan korkeasta rasvapitoisuudesta. Kauran amyloosipitoisuudella ja lysolesitiinillä on vahva yhteys; mitä korkeampi amyloosipitoisuus, sitä korkeampi on myös rasvapitoisuus. (BeMiller & Whistler 2009: 589—593.) Kauratärkkelyksen amyloosipitoisuus on vaihteleva, usein noin 23—24 %. Kauran korkea rasvapitoisuus vähentää kauratärkkelyksen retrogradaatiota, ja uudelleen kiteytyneiden jyvästen sulamistalpia on alempi verrattuna muihin viljoihin, kuten vehnään (BeMiller & Whistler 2009: 595—596.)

Kauran pienet tärkkelysjyväset mahdollistavat suuren veden absorptiokyvyn. Kauran korkea rasvapitoisuus vaikuttaa positiivisesti kauran turpoamiseen kuumennuksen aikana. Tutkimusten mukaan vähärasvaisen kauran turpoamiskyky on heikompi ja liukoisuus suurempi rasvaiseen kauraan verrattuna (BeMiller & Whistler 2009: 596.)

Ohra on historiallisesti ollut merkittävä ruokavilja ympäri maailman. Nykyään ohra on neljänneksi tärkein ruokavilja maailmassa vehnän, maissin ja riisin jälkeen. Ohra mukautuu hyvin eri ilmastoihin ja kasvuolosuhteisiin. (BeMiller & Whistler 2009: 601; Pylar & Gorton 2008: 570.) Ohran tärkkelysjyväset koostuvat suurista linssimäisistä jyvistä, joiden halkaisija on 10—30 µm ja pienemmistä epäsäännöllisen muotoisista, halkaisijaltaan alle 6 µm, jyvistä. Ohran tärkkelyksen painosta noin 85—90 % koostuu suurista jyvistä. (BeMiller & Whistler 2009: 607.)

Ohran pienien tärkkelysjyvästen rasvapitoisuus on suurempi kuin suurien tärkkelysjyvästen. Tärkkelysjyvästen rasvapitoisuus on myös verrannollinen jyvästen amyloosipitoisuuteen. (BeMiller & Whistler 2009: 607.) Ohratärkkelyksen amyloosi esiintyy osittain lipidi-amyloosi-kompleksina, millä on vaikutusta tärkkelyksen turpoamisominaisuuksiin. Ohran pienet tärkkelysjyväset turpoavat enemmän kuin suuret tärkkelysjyväset. Pienten ja suurten tärkkelysjyvästen välinen turpoamiskyvyn ero on todettu johtuvan lipidi-amyloosi-kompleksiketjujen ja tärkkelysjyvän koon vuorovaikutuksesta. (BeMiller & Whistler 2009: 606, 611.)

Tärkkelysten ominaisuudet, kuten liisteröitymislämpötila ja jyvästen muoto eroavat tärkkelyksen alkuperästä riippuen. Myös viljan kasvuolosuhteilla on vaikutusta tärkkelyksen

laatuun ja ominaisuuksiin. Taulukossa 1 on kuvattu vehnä-, kaura- ja ohratärkkelysten ominaisuuksia.

Taulukko 1. Tärkkelysten ominaisuuksia. (BeMiller & Whistler 2009: 591, 607; Pylar & Gorton 2008: 9, 118.)

Tärkkelys	Vehnä	Kaura	Ohra
Liisteröitymislämpötila (°C)	58-64	53-59	51-60
Tärkkelyspitoisuus (%)	54-72	67-73	59
Jyvästen muoto	pyöreä tai linssimäinen	monitahokas	linssimäinen tai ellipsi
Jyvästen koko (µm)	28-30 (linssimäinen)	2-15	10-30 (linssimäinen)
	2-10 (pyöreä)		2-6 (ellipsi)
Amyloosipitoisuus (%)	23-25	23-24	22

2.3 Tärkkelys leivonnassa

Tärkkelyksen liisteröitymisellä tarkoitetaan tärkkelysjyvästen hajoamista veden ja lämmön seurauksena. Natiivi tärkkelys on liukenematon kylmään veteen, sillä kylmä vesi ei pysty rikkomaan tärkkelysmolekyylien vetysidoksia, minkä vuoksi tärkkelys ja kylmä vesi muodostavat suspension. (Pylar & Gorton 2008: 89; Cauvain & Young 2007: 284.)

Kun tärkkelystä lämmitetään yhdessä veden kanssa, tärkkelysjyväset alkavat absorboida vettä, mikä aiheuttaa jyvästen turpoamisen. Aluksi turpoaminen on reversiibeli tapahtuma, mutta lämpötilan noustessa tärkkelysjyvästen rakenne muuttuu merkittävästi ja turpoamisesta tulee irreversiibeliä. (Cauvain & Young 2007: 284.) Kun lämpötila saavuttaa kriittisen pisteen, veden kineettinen energia murtaa tärkkelysmolekyylien heikkoja vetysidoksia ja amorfisia alueita misellien välillä tärkkelysjyväsissä. Vetysidosten murtuessa vesi pääsee tunkeutumaan tärkkelysjyväsiin ja tapahtuu havaittavaa muutosta tärkkelysjyvästen koossa turpoamisen johdosta. (Pylar & Gorton 2008: 13.) Lämpötilan noustessa edelleen rikkoutuneet vetysidokset päästävät vettä kauttaaltaan jyväseen. Pienempiketjuiset tärkkelysmolekyylit vuotavat tärkkelysjyväsestä ympäröivään vesifaasiin. Vuotava materiaali on suurilta osin amyloosia. Amyloosin vuotaminen jyväsestä on edellytys tärkkelysgeelin muodostumiselle. (Pylar & Gorton 2008: 13; BeMiller & Whistler 2009: 302.)

Liisteröitymisen aikana tärkkelysmolekyylit asettuvat uudelleen ja muodostavat kolmiulotteisen verkkorakenteen. Verkkorakenteeseen muodostuu ristiyhteyksiä ja risteysvyöhykkeitä. (BeMiller & Whistler 2009: 332.) Liisteröitymisen aikana tärkkelysjyväsien osittaisen hajoamisen ja jyväsien turpoamisen johdosta tärkkelysgeelin viskositeetti kasvaa ja geeli muuttuu läpinäkyväksi (Pylar & Gorton 2008: 13). Tärkkelyksen liisteröitymislämpötila, jossa viskositeetti kasvaa nopeasti, on leivän paistossa se piste, jossa leivän rakenne muuttuu viskoottisesta taikinasta kiinteäksi, huokoiseksi rakenteeksi (Cauvain & Young 2007: 284). Tärkkelyksen kahtaistaitavuus katoaa liisteröitymisen aikana. Kahtaistaitavuus näkyy polarisoidussa valossa Maltan risti -efektinä. Tärkkelyksen liisteröityessä kahtaistaitavuus katoaa eikä polarisoidulla valolla tarkasteltaessa Maltan risti -efektiä näy.

Tuore leipä vanhenee nopeasti siinä tapahtuvien fysikaalisten muutoksien vuoksi. Leipän pehmeä sisus kovenee ja muuttuu murenevaksi, kuoren menettäessä rapeutensa. Leipän maku heikkenee aromiaineiden haihtuessa. Fysikaaliset muutokset johtuvat olennaisesti tärkkelyksen retrogradaatiosta eli uudelleen kiteytymisestä. (Salovaara ym. 2017: 10.) Vehnäjauhossa on noin 67 % tärkkelystä (Pylar & Gorton 2008: 124), jolloin tärkkelyksen fysikaalisilla muutoksilla on suuri vaikutus leivän vanhenemiseen. Tärkkelyksen retrogradaatioon vaikuttaa käytetty tärkkelys, vesipitoisuus ja varastointiolosuhteet. Muilla komponenteilla, kuten lipideillä, hiilihydraateilla, suoloilla, proteiineilla ja peptideilla on osoitettu olevan vaikutusta retrogradaatioon (Wang ym. 2015: 575).

Turvonneen tärkkelyksen vesipitoisuus laskee kosteuden siirtyessä leivän kuivempaan osaan eli kuoreen sekä kosteuden haihtuessa ympäristöön. Kosteuden haihtuminen on yleinen syy leivän vanhenemiseen. Retrogradaatio on irreversiibeli reaktio, jossa kosteuden haihtumisen lisäksi tärkkelysmolekyylit järjestäytyvät liukenemattomiksi kiteiksi. (Pylar & Gorton 2008: 14.) Kun tärkkelystä kuumennetaan ja myöhemmin jäädytetään, amyloosi ja amylopektiini alkavat hiljalleen järjestäytyä uudelleen. Pääasiallinen syy tärkkelyksen retrogradaatioon on amylopektiinin kiteytyminen tuoreen leivän amorfisesta tilasta osittain kiteytyneeseen tilaan. Retrogradaation aikana amyloosi järjestäytyy uudelleen kiteiseen noin 40–70 glukoosiyksiköstä muodostuvaan kaksoiskierteiseen rakenteeseen, kun taas amylopektiinin uudelleenjärjestäytyminen tapahtuu lyhyissä, uloimissa haaroissa. (BeMiller & Whistler 2009: 618; Cauvain & Young 2007: 285.) Amyloosin kiteytyminen tapahtuu nopeasti jäähtymisen jälkeen, kun taas amylopektiinin kiteytyminen tapahtuu hitaasti. Hitaasta kiteytymisestä huolimatta amylopektiinin kiteytymisellä

on todettu olevan suurempi vaikutus retrogradaatioon. (BeMiller & Whistler 2009: 755.) Tärkkelysgeelin kovuuteen jäähtymisen aikana vaikuttaa nopeammin kiteytyvän amyloosin määrä (Choi & Kerr 2003: 4—6). Liisteröidyn tärkkelysgeelin kovuus kasvaa säilytyksen alussa, mutta varastoinnin jatkuessa tasaisessa lämpötilassa kovuuden muutos on vähäinen (Wang ym. 2015: 575).

2.4 Tärkkelyksen analyysimenetelmät

2.4.1 Amylografi

Tärkkelyksen viskositeettia kuumennuksen aikana voidaan seurata Brabenderin kehittämällä amylografiilla. Amylografi jäljittää viskositeetinmuutoksia jauho-vesisuspensiossa lämpötilan nousun aikana. Viskositeetti kasvaa jauhon tärkkelyksen liisteröityessä lämmön vaikutuksesta, kun taas α -amylaasilla on nesteyttävän toiminnan johdosta päinvastainen vaikutus viskositeettiin. Amylografin tallentaman käyrän maksimi korkeus tai piikki otetaan α -amylaasin aktiivisuuden indeksinä. (Pyler & Gorton 2008: 641.)

Amylografi koostuu pyörivästä näytekulhosta, johon jauhonäyte laitetaan ja kuumennetaan kiinteässä tai vakionopeudella kasvavassa lämpötilassa. Pyörivässä kulhossa on kahdeksan pystysuoraa nastaa, jotka sekoittavat näytettä kannen seitsemää tunnistuselementtinastaa kohti. Vääntömomentti tuotetaan pyörivän kulhon pakottaessa näytesuspension tunnistuselementtinastojen ohitse. Amylografiilla suoritettu testi kestää 60 minuuttia, josta viimeiset 30 minuuttia lämpötila pidetään vakiona. (Pyler & Gorton 2008: 641.)

Amylografin tuottamasta käyrästä voidaan määrittää lämpötila, jolloin tärkkelyksen liisteröityminen alkaa. Hyvänä korrelaationa voidaan pitää aikaa ennen liisteröitymisen alkamista ja valmiin leivän sisuksen laatua. Leivän sisuksen huonompi laatu on yhteydessä viivästyneeseen liisteröitymiseen, johtuen oletettavasti amylaasin aiheuttamasta laajemmasta tärkkelyksen hajoamisesta varhaisen paistovaiheen aikana ja ennen tärkkelyksen turpoamista. Käyrän korkeus ilmaisee potentiaalista valmiin leivän laatua. Liian korkeat viskositeetikäyrät heijastavat jauhon riittämätöntä α -amylaasiaktiivisuutta, mikä johtaa leivän nopeaan vanhenemiseen. Liian matala huippuviskositeetti kuvaa liiallista α -amylaasiaktiivisuutta, mikä puolestaan voi johtaa liian kosteaan sisukseen valmiissa

leivässä. Optimaalinen valmiin leivän sisuksen rakenne saavutetaan yleensä jauhoista, jotka amylografiilla muodostavat keskikorkeita käyriä. (Pylar & Gorton 2008: 641.)

2.4.2 Rapid Visco Analyzer eli RVA

Rapid Visco Analyzer eli RVA on laite, jolla voidaan amylografin tapaan tutkia jauhon α -amylaasiaktiivisuuden suuruutta viskositeetin muutoksien avulla. Laite mittaa jauho-vesisuspension viskositeetin muutoksia kuumennuksen aikana. Kuumennuksen aikana laite tallentaa sekoitusnumeron (englanniksi Stiring Number), jonka perusteella voidaan arvioida α -amylaasin aktiivisuuden suuruutta. (Pylar & Gorton 2008: 642.) Suurempi sekoitusnumero (SN) viittaa heikompaan α -amylaasiaktiivisuuteen. Mittaus sisältää nopean sekoituksen vaiheen ja pisteen, jossa liisteröityminen tapahtuu. Jos entsyymien aktiivisuutta havaitaan, sekoitus lopetetaan, kun näytteen viskositeetti laskee hajoamisen johdosta. SN-arvojen jäädessä alle 100:n on amylaasiaktiivisuus merkittävää. (Pylar & Gorton 2008: 642; Perten Instruments.)

RVA-mittausta käytetään rutiinimittauksiin, kun testataan jauhon tärkkelyksen ja gluteenin laatua sekä amylaasiaktiivisuutta. Amylografiin verrattuna näytteen esiliisteröitymisaika on lyhyempi, jolloin myös entsyymien toiminta-aika lyhenee. RVA-mittauksessa on suurempi sekoitusnopeus 160 rpm, kun amylografiilla sekoitusnopeus on 75 rpm. Defenbaugh ja Walker havaitsivat tutkimuksessaan (1988: 495-498), että RVA:lla on mahdollista saavuttaa samanlaisia tuloksia kuin amylografiilla nopeasta testisuoritusajasta huolimatta. RVA:lla on mahdollista suorittaa mittauksia nopeasti ja kustannustehokkaasti, mutta amylografiilla kuitenkin saavutetaan tarkempia tuloksia.

2.4.3 Jodivärijäys

Tärkkelyksen kaksi pääkomponenttia, amyloosi ja amylopektiini, voidaan tunnistaa jodivärijäyksen avulla. Amyloosi muodostaa tumman sinisen värin jodin vaikutuksesta, kun taas amylopektiini muodostaa violetin tai punaruskean värin. Tärkkelyksen kierteinen rakenne saa aikaan amyloosin sinisen värin jodikäsittelyn aikana. Kun amylopektiinin ketjut ovat lyhyemmät kuin amyloosin, on tuloksena punainen sävy. (Pylar & Gorton 2008: 8.)

2.4.4 Sakoluku

Sakoluku (englanniksi Falling Number) kertoo tärkkelystä hajottavan α -amylaasin aktiivisuuden suuruuden jyvässä. Alhainen sakoluku kertoo suuresta α -amylaasiaktiivisuudesta. Sakolukua käytetään erityisesti vehnän ja rukiin laadun määrittämisessä. (Salovaara ym. 2017: 59.) Sakoluvun mittauksessa jauhetut jyvät ja vesi laitetaan koeputkeen. Koeputki asetetaan kuumaan 100 °C:n vesihauteeseen ja seosta kuumennetaan sekoittaen samanaikaisesti männällä minuutin ajan. Sekoituksen jälkeen männän annetaan laskeutua koeputken pohjalle. Sakoluvulla tarkoitetaan aikaa, joka kuluu mittauksen aloittamisesta mittausmännän laskeutumiseen koeputken pohjalle. Alhaisin mahdollinen sakoluku on 60 s, jolloin mäntä laskeutuu koeputken pohjaan heti sekoituksen loppumisen jälkeen. (Pylar & Gorton 2008: 642; Salovaara ym. 2017: 59.)

3 Tärkkelyksen käsittely

3.1 Modifioitujen tärkkelysten käyttö leivonnassa

Natiiveja tärkkelyksiä käytetään monissa ruoissa, mutta niillä voi olla epätoivottuja ominaisuuksia, jotka vaikuttavat tuotteiden laatuun. Natiiveilla tärkkelyksillä on heikko prosessinkestävyys, kapea huippuviskositeetin alue, joidenkin tuotteiden kannalta epätoivottu rakenne ja huono säilyvyysaika (Huppertz 2018). Prosessointi voi aiheuttaa natiivin tärkkelyksen viskositeetin heikkenemistä ja epätoivottuja rakenteen muutoksia. Tärkkelyksen modifioinnilla voidaan parantaa prosessinkestävyyttä ja parantaa käytettävyyttä elintarvikkeissa. Modifioitu tärkkelys ylläpitää tuoreutta pidempään ja sillä voidaan vaikuttaa tärkkelyksen ominaisuuksiin, kuten alentaa liisteröitymislämpötilaa. (BeMiller & Whistler 2009: 756.)

Tärkkelys on leipomotuotteissa, kuten leivässä, merkittävä komponentti, vaikuttaen leivän ja taikinan tekstuuriin ja laatuun. Modifioitua tärkkelystä käytetään leipomotuotteissa vähentämään natiivin tärkkelyksen epätoivottuja ominaisuuksia, kuten heikkoa prosessinkestävyyttä. Pakastetuissa leipomotuotteissa modifioitu tärkkelys hidastaa tuotteen rakenteen heikkenemistä säilytyksen ja sulatuksen aikana. (Abbas ym. 2010: 3–4; BeMiller & Whistler 2009: 756.) Millerin ym. (2008: 713–715) mukaan modifioitun tärkkelyksen käytöllä voidaan parantaa veden absorptiokykyä taikinassa. Esiliisteröidyn

tärkkelyksen käytöllä saatiin kasvatettua taikinasaantoa veden absorptiokyvyn nousun ansiosta.

Tärkkelystä voidaan modifioida kemiallisesti, fysikaalisesti ja entsymaattisesti. Kemiallisesti modifioitua tärkkelystä käytettäessä tulee muunneltu tärkkelys mainita tuoteselosteessa kirjoitettuna tai E-koodilla, sillä se luetellaan lisäaineeksi. Fysikaalisesti ja entsymaattisesti käsiteltyä tärkkelystä ei luetella lisäaineeksi vaan ainesosaksi, minkä vuoksi kyseiset tärkkelykset voidaan mainita tuoteselosteessa ryhmänimellä ”tärkkelys” muiden muuntamattomien tärkkelysten kanssa. (Kauppa- ja teollisuusministeriön asetus elintarvikkeiden pakkausmerkinnöistä 1084/2004.)

3.2 Kemiallinen modifiointi

Kemiallinen modifiointi parantaa tärkkelyksen stabiiliutta. Prosessi sisältää reaktioita, jotka korvaavat tärkkelyksen glukoosiyksiköiden vapaat hydroksyylioryhmät mono-, di- tai polyfunktionaalisilla materiaaleilla. Tuloksena saadaan tärkkelysestereitä tai -eettereitä, joiden ominaisuudet eroavat käytetyn tärkkelyksen alkuperäisistä ominaisuuksista. (Pylar & Gorton 2008: 353).

Ristisilloituksessa tärkkelyksen happo-, lämpö- ja leikkautuvuusstabiiliutta parannetaan kemikaalisen käsittelyn avulla. Prosessissa reaktioiden aikaansaamiseksi voidaan käyttää fosforyylikloridia, natriumtrimetafosfaattia tai adipiinihappoa. Natiivin tärkkelyksen jyvät pysyvät kasassa vetysidoksilla, jolloin ne ovat alttiita heikkenemään hapon ja lämpötilan johdosta. Ristisilloituksessa reagenssien käyttö vahvistaa tärkkelysjyvää sitomalla hydroksyylioryhmät viereisiin polymeereihin kovalenttisilla sidoksilla. Ristisilloituksen vaikutus tärkkelyksen liisteröitymislämpötilaan riippuu ristisilloituksen voimakkuudesta. (BeMiller & Whistler 2009: 757—758; Pylar & Gorton 2008: 354.)

Substituution tarkoituksena on parantaa tuotteen pakastus- ja sulatusominaisuuksia, alentaa liisteröitymislämpötilaa ja kasvattaa viskositeettiä. Substituutiossa lisätty substituentti häiritsee tärkkelyspolymeerin kykyä muodostaa sidoksia korvaamalla tärkkelyksen hydroksyylioryhmän. Substituution seurauksena tärkkelys ei kiteydy uudelleen. Monosubstituutiota on neljä pääryhmää: tärkkelysasetaatit, hydroksiopropyylieetterit, monofosfaattiesterit ja natriumoktenyyilisukkinaatit. Näistä ryhmistä kolme ensimmäistä

häiritsevät retrogradaatiota ja parantavat kylmäsäilytyksen aikaista kestävyttä. (BeMiller & Whistler 2009: 758—759.)

3.3 Fysikaalinen modifiointi

Tärkkelystä voidaan käsitellä fysikaalisesti lämmön avulla ilman vettä tai veden kanssa, säteilyllä tai mekaanisella prosessilla. Fysikaalinen käsittely voidaan luokitella prosesseihin, joissa tärkkelyksen rakenne tuhoetaan tai vastaavasti säilytetään. Fysikaalinen käsittely parantaa tärkkelyksen prosessinkestävyyttä, viskositeettia ja stabiiliutta. (BeMiller & Whistler 2009: 762; Ashogbon 2018: 1—2.)

Tärkkelyksen esiliisteröinnillä tarkoitetaan prosessia, jonka tarkoituksena on saada tärkkelys turpoamaan ja saostumaan kylmässäkin vedessä. Valmistusprosessissa tärkkelys liisteröidään, kuivataan ja jauhetaan. Kuivaukseen voidaan käyttää rumpukuivausta, spraykuivausta tai ekstruusiota. Prosessin aikana tärkkelysjuväset rikkoutuvat, minkä johdosta esiliisteröidyllä tärkkelyksellä on suurempi veden absorptiokyky ja se liukenee paremmin veteen kuin natiivi tärkkelys. Esiliisteröity tärkkelys edistää kosteuden säilymistä, tuottaa tasaisemman solurakenteen, parantaa leivottavuutta ja lopullisen tuotteen tilavuutta. Sitä käytetään nopeasti nesteytyviin ja huoneenlämmössä valmistettaviin tuotteisiin, kuten vanukkaisiin ja täytteisiin sekä jauhosekoituksiin, sillä esiliisteröinnin vaikutuksesta tärkkelys liukenee kylmään veteen. (BeMiller & Whistler 2009: 762—763; Ashogbon 2018: 2—3; Pylar & Gorton 2008: 354—355.)

Kylmään veteen liukenevat tärkkelykset turpoavat kosketuksesta kylmän veden kanssa. Tärkkelysjuväset säilyvät vahingoittumattomina prosessin aikana, mikä on erona esiliisteröityyn tärkkelykseen. Kylmään veteen liukenevat tärkkelykset muodostavat kiiltävän, korkean viskositeetin seoksen ja niiden prosessinkestävyys on parempi kuin esiliisteröidyllä tärkkelyksellä. (BeMiller & Whistler 2009: 764; Ashogbon 2018: 2—4.) Kylmään veteen liukenevat tärkkelykset voidaan valmistaa spraykuivaimella tai etanolivesiliuoksessa. Spraykuivauksessa tärkkelykset keitetään vedessä tasaisesti rakenteen säilyttämiseksi ja kuivatetaan pisaroina kuumassa ilmassa. Spraykuivauksessa haasteena on viivästyttää tärkkelyksen turpoamista, jotta kuivaukseen tarvittava suuri läpivirtausnopeus voidaan saavuttaa. Kylmään veteen liukenevat tärkkelykset voidaan valmistaa myös kuumentamalla tärkkelystä kuumassa etanolivesiliuoksessa. Prosessin aikana

tärkkelyksen kiteet sulavat, mutta liuoksen vesimäärä ei riitä liisteröimään tärkkelystä. (BeMiller & Whistler 2009: 764.)

Fysikaalisiin modifiointeihin kuuluu myös erilaiset lämpökäsittelyt, joiden avulla voidaan vaikuttaa tärkkelyksen ominaisuuksiin, kuten tärkkelysliuoksen lämpöstabiliuteen, leikkautuvuuteen ja varastointiin. Lämpökäsittelyitä on kahdenlaisia: kostea lämpökäsittely ja kuiva lämpökäsittely. Useimmat lämpökäsittelyt eivät vahingoita tärkkelyksen jyvärakennetta. Hehkutuksessa tärkkelystä kuumennetaan ylimääräisessä vedessä yli lasisiirtymälämpötilan (T_g), mutta alle liisteröitymislämpötilan. Hehkutuskäsittelyn lämpötila on 40–55 °C ja käsittelyn kesto on 12 tuntia tai enemmän. Hehkutus vaikuttaa liisteröitymisominaisuuksiin nostamalla liisteröitymislämpötilaa, alentamalla huippuviskositeettia ja kasvattamalla viskositeettia jäähdytyksessä.

Kosteassa lämpökäsittelyssä tärkkelystä kuumennetaan korkeassa lämpötilassa (90–120 °C) ja rajatussa kosteudessa (10–30 %). Lämpökäsittelyn kesto voi vaihdella 15 minuutista 16 tuntiin. Veden määrää rajoittamalla voidaan rajoittaa molekyylien liikkuvuutta korkeissa lämpötiloissa. (Zavareze & Dias 2010: 320.) Tutkimusten mukaan kostea lämpökäsittely voi vaikuttaa alentavasti tärkkelyksen turpoamiseen ja liukoisuuteen sekä nostattaa tärkkelyksen liisteröitymislämpötilaa. Lämpökäsittelyä voidaan käyttää myös parantamaan heikkolaatuisen vehnätärkkelyksen laatua. (BeMiller & Whistler 2009: 765.)

Kuivassa lämpökäsittelyssä tärkkelystä lämmitetään uunissa alle 100 °C:n lämpötilassa kosteuden haihduttamiseksi. Haihdutuksen aikana tärkkelyksen kosteuspitoisuus laskee noin 10 %:iin. Tärkkelyksen alkuperäinen kosteuspitoisuus riippuu käytettävästä tärkkelyksestä. Kosteuden haihduttamisen jälkeen tärkkelys kuumennetaan korkeassa, noin 130 °C:n, lämpötilassa. Kuumennuksen kesto voi vaihdella alle tunnista useampaan tuntiin. Kuiva lämpökäsittely parantaa tärkkelyksen liukoisuutta ja kasvattaa viskositeettia. (BeMiller & Whistler 2009: 766; Sun ym. 2014:128–132.)

3.4 Entsymaattinen modifiointi

Tärkkelyksen entsyymaattisessa modifioinnissa tärkkelystä käsitellään hydrolaaseihin kuuluvalla amylaasilla. Amylaaseista α -amylaasi pilkkoo amylopektiiniä satunnaisista

kohdista tärkkelysketjua muodostaen dekstriiniä, kun taas β -amylaasi muuntaa amyloosin tärkkelysketjua disakkakaridimaltoosiksi ja pilkkoo maltoosiyksiköt amylopektiinistä vaikuttamatta haaroittuneiden tärkkelysketjujen sidoksiin. (BeMiller & Whistler 2009: 647; Pyler & Gorton 2008: 406.)

Entsyyllisellä modifioinnilla pyritään vaikuttamaan tärkkelyksen amyloosipitoisuuteen, molekyyli­massaan ja amylopektiiniketjujen rakenteeseen. Tärkkelyksen dekstroosiekvivalenttia eli DE-lukua voidaan muokata käsittelemällä tärkkelystä yhdellä tai useammalla amylaasilla. (BeMiller & Whistler 2009: 647; Pyler & Gorton 353.) DE-luku kertoo pelkistävien sokereiden määrän D-glukoosina kuivapainosta (BeMiller & Whistler 2009: 799). Käsittelemällä tärkkelystä α - ja β -amylaasien yhdistelmällä tai α -amylaasin ja glukoamylaasin yhdistelmällä saadaan matalan DE-arvon tärkkelystä, jolla on paremmat makeus- ja ruskistumisominaisuudet (BeMiller & Whistler 2009: 647).

4 Hydrokolloidit

4.1 Hydrokolloidien käyttö leipomotuotteissa

Lisäaineita käytetään yleisesti elintarviketeollisuudessa parantamaan tuotteiden ominaisuuksia ja pidentämään säilyvyysaikaa. Hydrokolloidit muodostavat veden kanssa korkean viskositeetin omaavia suspensioita tai geeliiytyvät. (Hoeﬂer 2004: 1; Pyler & Gorton 2008: 465—466.) Hydrokolloidit ovat kasvi- ja merileväuutteista, kasvien siemenistä, kasviselluloosasta ja mikrobien fermentaatiosta johdettuja polysakkarideja. (Pyler & Gorton 2008: 465—466.) Eläinperäinen gelatiini on muista hydrokolloideista poiketen proteiini eikä sitä myöskään luokitella lisäaineeksi, mutta se luetellaan usein hydrokolloideihin funktionaalisuutensa vuoksi (Hoeﬂer 2004: 20—21).

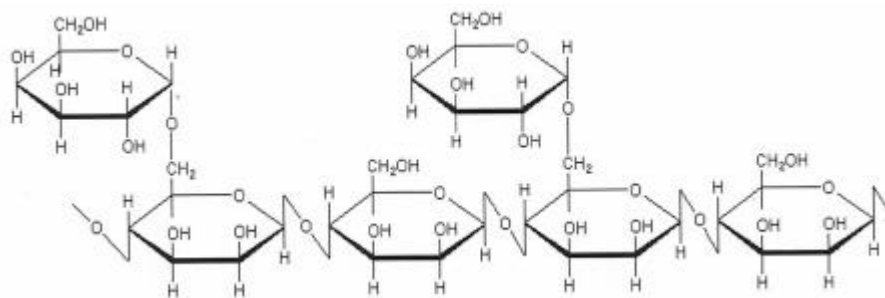
Leipomotuotteissa hydrokolloideja käytetään erityisesti niiden vedensidontakyvyn ja kalvon muodostusominaisuuksien vuoksi, sillä kyseisten ominaisuuksien ansiosta tuotteen säilyvyysaika pitenee (Hoeﬂer 2004: 97). Hydrokolloideilla voidaan parantaa taikinan käsiteltävyyttä ja tuoreen leivän laatua sekä pidentää säilyvyysaikaa. Hydrokolloideja käytetään erityisesti pakastetun ja esipaistettujen leipien valmistuksessa vähentämään pakastuksen aiheuttamia vaurioita. (Ferrero 2016: 19.) Leivonnassa yleisesti käytettyjä

hydrokolloideja ovat guarkumi ja karboksimeetyliselluloosa (CMC). Guarkumin käyttö on yleistä erityisesti gluteenittomassa leivonnassa.

Ferreron kirjallisuuskatselmuksen (2016: 15—17) mukaan useissa tutkimuksissa on todettu hydrokolloidien käytön vaikuttavan gluteeniverkoston muodostumiseen. Hydrokolloidit ja gluteeniproteiinit kilpailevat vedestä, sillä molemmat absorboivat vettä taikinan teon aikana. Kuitenkin hydrokolloidien ja gluteeniproteiinien molekyylien välisillä positiivisilla vuorovaikutuksilla voidaan vaikuttaa taikinan reologiaan ja muodostaa vahva taikina.

4.2 Guarkumi

Guarkumi eli galaktomannaani on elintarvikelisäaineeksi luokiteltava kasvipäinen hydrokolloidi. Lisäaineena enimmäismääräkäyttörajoituksia on muutamissa tuoteryhmissä, kuten hilloissa ja lastenruoissa. (Guarkumi 2018). Rakenteeltaan guarkumi on mannoosista ja galaktoosista muodostuva pitkäketjuinen polysakkaridi (kuva 5). Sitä käytetään emulgointi-, stabilointi- ja sakeuttamisaineena. Guarkumi liukenee kylmään ja kuumaan veteen, mutta ei geeliydy. Guarkumilla on hyvin korkea, keskimäärin 75 %:n, kuitupitoisuus. (Hoefler 2004: 7—8; Pylar & Gorton 2008: 471, 475.) Guarkumi muodostaa korkean viskositeetin suspensioita matalan konsentraation liuoksissa. Kylmässä vedessä konsentraation ollessa 1 %, viskositeetti on 3500—4200 cps (centipoise). Kuumassa vedessä samassa konsentraatiossa viskositeetti on 4300—4800 cps. (Uniferm Oy.)



Kuva 5. Guarkumin rakenne. (Hoefler 2004: 8.)

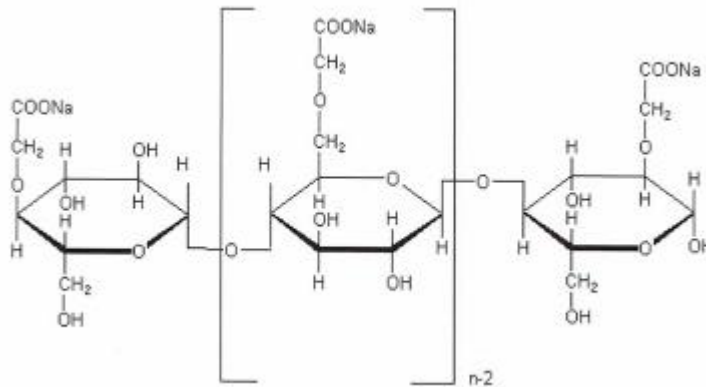
Guarkumi valmistetaan Guar-kasvin, *Cyamopsis tetragonoloba*, siemenistä jauhamalla. Perinteisesti Guar-kasvia on viljelty Intiassa ja Pakistanissa viljelyskasvina. Suuren

kysynnän vuoksi on kaupallinen viljely levinnyt Yhdysvaltoihin 1950-luvulta lähtien. (Hoefler 2004: 7; Pylar & Gorton 2008: 471.) Guarkumin prosessointi aloitetaan upottamalla siemenet veteen kuorien pehmentämiseksi ja irrottamiseksi. Endospermin eli siemenvalkuaisen erottamiseksi kuoresta ja alkioista siemenet jauhetaan ja siivilöidään useampaan kertaan. Lopuksi endospermi jauhetaan haluttuun partikkelikokoon. (Hoefler 2004: 8).

Guarkumia käytetään erityisesti gluteenittomassa leivonnassa, mutta myös vehnäleivonnassa parantamaan volyyymia ja leivän sisuksen rakennetta. Guarkumia käytetään pakasteleipien valmistuksessa vähentämään gluteenin vaurioita pakastuksen aikana estämällä suurien jääkiteiden muodostumista (Ferrero 2016: 19). Guarkumin annostelu riippuu käyttökohteesta, leivässä guarkumin pitoisuus on yleisesti 0,5 %. Leivonnaisissa voidaan guarkumia käyttää 1 %:n annoksilla parantamaan taikinan laatua. (Mudgil ym. 2011: 415.) Tutkimuksen mukaan guarkumin käytöllä, pitoisuuksilla 0,25 —1 %, voidaan hidastaa leivän vanhenemista (Ferrero 2016: 18).

4.3 CMC

Karboksimetyyliselluloosa, eli CMC, on selluloosajohdannainen hydrokolloidi, jota käytetään lisäaineena elintarvikkeissa (kuva 6) (Salovaara ym 2017: 130). CMC kuuluu selluloosakumeihin eikä sillä ole enimmäismääräkäyttörajoituksia (Natriumkarboksimeetylliselluloosa 2018). Ominaisuuksiltaan CMC on sekä kylmään että lämpimään veteen liukeneva, mutta ei geelityvä. (Pylar & Gorton 2008: 475; Saha & Bhattacharya 2010: 588.) Kuumennettaessa CMC-liuos ohenee viskositeetiltaan, mutta jäähtyessä liuoksen koostumus paksunee ja viskositeetti kasvaa (Hoefler 2004: 24).



Kuva 6. Karboksimeetyyliselluloosan rakenne. (Hoefler 2004: 23.)

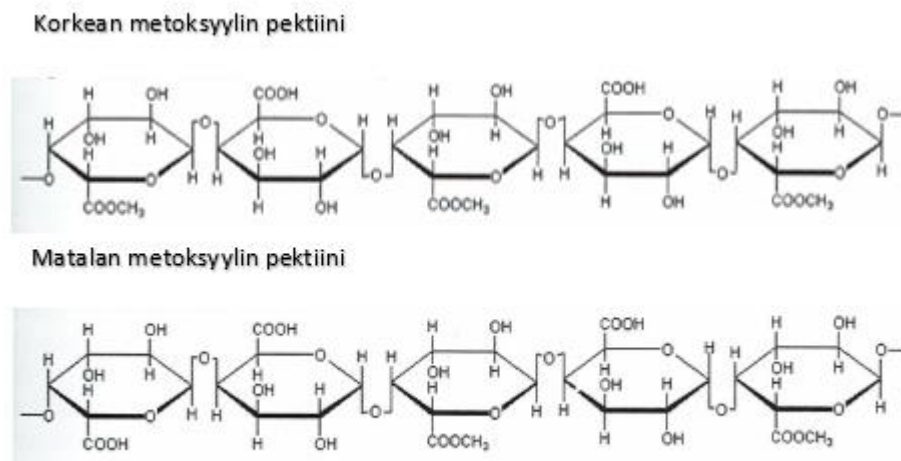
Karboksimeetyyliselluloosa valmistetaan puumassasta tai puuvillasta kahdessa vaiheessa. Ensin raaka-aine upotetaan natriumhydroksidia sisältävään vesiliuokseen, jonka jälkeen massan annetaan reagoida monokloorietikkahapon kanssa. Reagoanut selluloosa puhdistetaan, pestään ja kuivataan. (Hoefler 2004: 23; Pyler & Gorton 2008: 472.)

Leipomotuotteissa karboksimeetyyliselluloosa toimii sidosaineena, veden sitojana, stabiointiaineena sekä sakeuttamisaineena. Leipomotuotteissa, kuten leivonnaisissa, karboksimeetyyliselluloosaa käytetään vähentämään kosteuden haihtumista ja kontrolloimaan sokerikiteiden muodostumista. Pakasteleivonnaisten ja -leipien valmistuksessa CMC:tä käytetään vähentämään jääkiteiden muodostumista. Ainetta käytetään hienona jauheena, sillä pienempi partikkelikoko parantaa kykyä absorboida vettä. (Pyler & Gorton 2008: 472; Kohajdová & Karovičová 2008: 28—29.) Lisäaineena CMC:n käyttö on vähäistä, vaihteluvälillä 0,05—0,5 %, riippuen laskentatavasta ja käytettävästä tuotteesta. Kuitenkin jo vähäisellä määrällä voidaan vaikuttaa tuotteen rakenteellisiin ominaisuuksiin. (Pyler & Gorton 2008: 472.) Kuten guarkumillakin, voidaan CMC:n käytöllä hidastaa leivän vanhenemista (Ferrero 2016: 19).

4.4 Pektiini

Pektiini on kasvien rakenteellinen materiaali, joka vahvistaa kasvien selluloosarakennetta. Rakenteeltaan pektiini on galakturonihappoyksiköistä muodostuva lineaarinen ketju. Pektiinin galakturonihapot ovat osittain esteröityneet metoksyyliryhmillä.

Esteröitymisen suuruuden mukaan pektiini luokitellaan korkean metoksyylin (high-methoxyl) ja matalan metoksyylin (low-methoxyl) pektiineihin (kuva 7). Esteröitymisen suuruus vaikuttaa pektiinin käyttöön ja ominaisuuksiin lisäaineena. Pekiini on veteen liukeneva. (Hoefler 2004: 19—20; Pylar & Gorton 2008: 467.) Pekiini luetaan lisäaineeksi ja sitä käytetään elintarvikkeissa emulgointi-, stabilointi- ja sakeuttamisaineina (Pekiini 2018).



Kuva 7. Korkean metoksyylin ja matalan metoksyylin pektiinien rakenne. (Hoefler 2004: 19.)

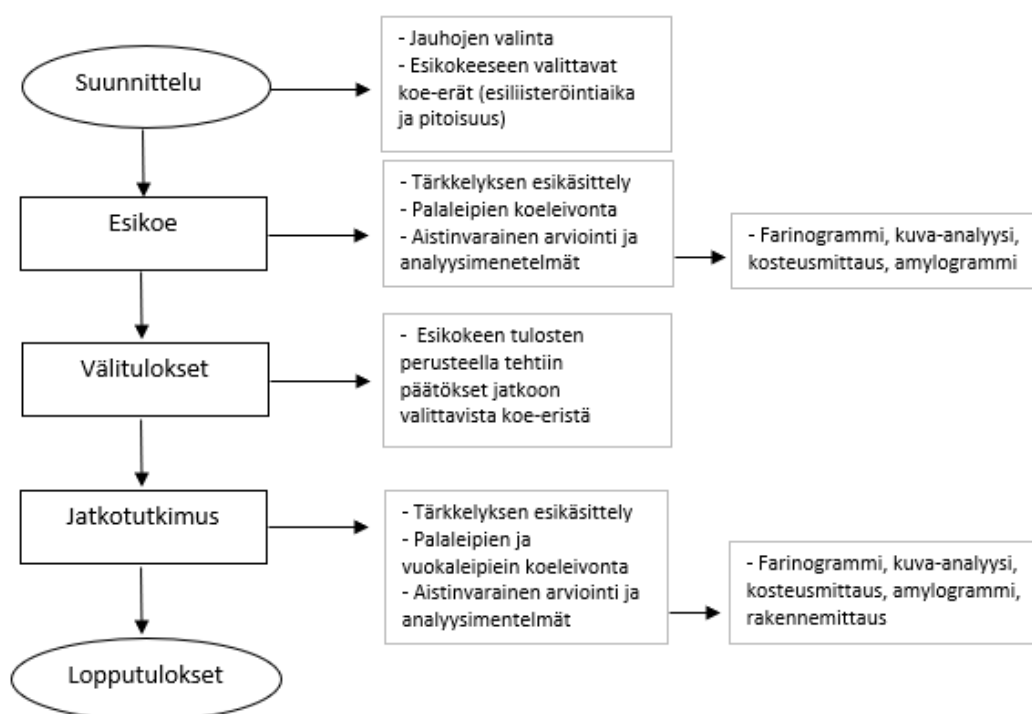
Kaupallinen pektiini on saatu sitruunan kuorista miedolla hapolla uutamalla. Sitruunan kuorien lisäksi pektiiniä saadaan omenan puristemassasta, sokerijuurikkaasta tai aurinonkukista. Uutos puhdistetaan suodattamalla, saostetaan alkoholilla, kuivataan ja lopuksi jauhetaan haluttuun partikkelikokoon. (Hoefler 2004: 19.)

Correan, Pérezin ja Ferreron kirjallisuuskatselmuksen ja tutkimuksen (2011: 1—9) mukaan pektiinin on todettu vahvistavan vehnätaikinaa ja parantavan leivän volyyymia. Eri-tyisesti korkean metoksyylin pektiini vaikuttaa positiivisesti leivän ominaisuuksiin, kuten gluteeniverkon vahvuuteen. Pekiiniä käytetään myös gluteenittomassa leivonnassa parantamaan rakennetta. (Correa ym. 2011: 9; Gambús ym. 2001: 1—2.)

5 Materiaalit ja menetelmät

5.1 Kokeellisen osan toteutus

Insinööriyön kokeellinen osa aloitettiin suunnittelulla. Suunnittelussa päätettiin kokeelliseen osaan valittavat jauhot, käytettävä resepti ja esikokeeseen valittavat koe-erät. Tärkkelyksen esikäsittelyä varten määriteltiin esikokeessa käytettävät pitoisuudet ja esiliisteröintiin käytettävät ajat. Kokonaisuudessaan insinööriyön kokeellinen osa koostui kuvan 8 mukaisesti suunnittelusta, esikokeesta ja jatkotutkimuksesta. Välitulosten perusteella valittiin jatkotutkimukseen valittavat koe-erät. Esikokeessa kerättiin tietoa tärkkelyksen esikäsittelyn vaikutuksesta leivontaan ja valmiiseen palaleipään koeleivontojen ja analyysimenetelmien avulla. Esikokeessa koesarjojen määrä oli suuri, jotta eri tekijöiden vaikutus leivontaan saatiin kartoitettua. Esikokeessa eri tekijöinä olivat käytetty jauho, tärkkelyksen keittoaika ja esiliisteröinnissä käytetty pitoisuus sekä koeleivonnoissa käytettävän esiliisteröidyn tärkkelyksen määrä taikinassa. Koeleivonnat toteutettiin käsin leivonnalla pienessä mittakaavassa (5 kg).



Kuva 8. Vuokaavio kokeellisen osan kokonaisuudesta.

Jatkotutkimuksessa koeleivontoja jatkettiin esikokeen tulosten perusteella. Koe-erien valintaan vaikutti eri tekijöiden vaikutus kokonaisuutena palaleipiin. Jatkotutkimuksen tarkoituksena oli pienemmällä koesarjamäärällä saada lisätietoa esiliisteröidyn tärkkelyksen vaikutuksesta leivontaan ja palaleipään. Jatkotutkimuksessa taikinareseptiin lisättiin vettä, jotta taikina-arvot saatiin vastaamaan 0-näytteen arvoja. Valmiiden leipien rakennetta lisäanalysoitiin rakennemittarilla. Jatkotutkimuksen viimeisenä koeleivontana tutkittiin esiliisteröidyn tärkkelyksen käyttöä vuokaleivonnassa.

5.2 Guarkumi leivonnassa

Hydrokolloidien vaikutusta leivontaan tarkasteltiin leipomalla näyte, johon lisättiin guarkumia. Guarkumia sisältänyt näyte toimi toisena vertailunäytteenä verrokki- eli 0-näytteen lisäksi. Taikinaan lisättiin guarkumia annostuksella 0,5 %. Guarkumia sisältänyt taikina valmistettiin perusohjeen (taulukko 2) pohjalta.

Taulukko 2. Palaleipien koeleivonnoissa käytetty perusresepti

Raaka-aine	Määrä (kg)	%
Haude	1,95	39,0 %
kuiva-aine	0,72	
vesi	1,23	
Vehnäjauho	1,42	28,4 %
Vehnägluteeni	0,06	1,2 %
Kaurajauho	0,11	2,2 %
Jauhoseos	0,18	3,6 %
Nestesuola	0,17	3,4 %
Nestehiiva	0,11	2,2 %
Öljy	0,18	3,6 %
Siirappi	0,1	2,0 %
Vesi	0,55	11,0 %
Leivänparanne 1	0,05	1,0 %
Nestesokeri	0,1	2,0 %
Leivänparanne 2	0,02	0,4 %
Yhteensä	5,0	100 %
Vesi total	1,78	35,6 %

Guarkumin lisäystä taikinaan kokeiltiin kahdella eri tavalla: jauhemaisena taikinan kuiva-aineisiin sekoitettuna ja veteen sekoitettuna. Veteen sekoitettu guarkumi valmistettiin taikinan sekoituspadassa ennen muiden aineiden lisäämistä. Jauhemainen guarkumi sekoitettiin kylmään veteen ($8 \pm 0,2$ °C) tasaisesti ja kaadettiin taikinan sekoituspataan, minkä jälkeen seoksen annettiin olla noin 10 minuuttia, jonka aikana seos paksuuntui. Seoksen valmistukseen käytetty vesi vähennettiin perusreseptiin käytetystä vedestä.

5.3 Jauhot

Esikokeessa oli käytössä kolme erilaista jauhoa. Jauhoiksi valittiin karkea vehnäjauho (vehnäjauho 1), kaurahiutaleista valmistettu täysjyväkaurajauho (kaurajauho 1) sekä kauran endospermistä eli siemenvalkuaisesta valmistettu kaurajauho (kaurajauho 2) (Kuva 9). Taulukossa 3 on esitetty käytettyjen jauhojen koostumus. Tiedot jauhojen koostumuksesta on saatu jauhojen valmistajan laatimasta tuotespesifikaatiosta. Kaikki jauhot olivat suomalaisen myllyn valmistamia ja viljojen alkuperämaa oli Suomi. Käytettyjen jauhojen vedensidontaprosentit eri lämpötiloissa on esitettyä liitteessä 1.

Taulukko 3. Käytettyjen jauhojen ravintoarvot ja kosteuspitoisuudet

	Hiilihydraatti g/100 g	Proteiini g/100 g	Rasva g/100 g	Kuitu g/100 g	Tuhka %	Kosteus %
Vehnäjauho 1	68,1	9,4	1,7	5,4	0,5	15
Kaurajauho 1	56	14	7,6	10		11,5
Kaurajauho 2	69	12	6	3,5	1,7	8

Vehnäjauhon valintaan vaikutti vehnän runsas käyttö leivonnassa. Kaurajauhojen valintaan vaikutti kauran kasvanut suosio kuluttajien keskuudessa.



Kuva 9. Esikokeessa käytetyt jauhot. Karkea vehnäjauho (1), Kaurahiutaleista valmistettu kaurajauho (2), endospermistä valmistettu kaurajauho (3).

5.4 Esikokeet

Esikokeen tarkoituksena oli kerätä tietoa siitä, kuinka esiliisteröidyn tärkkelyksen käyttö leivonnassa vaikuttaa palaleivän ominaisuuksiin, kuten murenevuuteen ja tilavuuteen. Valmiiden leipien ominaisuuksia vertailtiin verrokinäytteeseen, joka ei sisältänyt esiliisteröityä tärkkelystä eikä hydrokolloideja. Esikokeessa leivottiin toinen vertailunäyte, jonka leivontaan käytettiin guarkumia. Tarkoituksena oli saada käsitys siitä, miten hydrokolloidien käyttö vaikuttaa leivän ominaisuuksiin.

Esikokeeseen kuului tärkkelyksen esiliisteröinti, koeleivonnat, säilyvyyskokeet sekä mitaukset. Esiliisteröinnissä käytettiin kolmea eri jauhoa (vehnäjauho 1, kaurajauho 1 ja kaurajauho 2), kahta eri pitoisuutta (10 % ja 20 %) sekä kolmea eri keittoaikaa (10, 30 ja 60 min). Yhteensä esikokeessa tehtiin 20 koesarjaa, joista kaksi oli vertailunäytettä. Vertailunäytteinä toimi 0-näyte sekä guarkumia sisältävä näyte. Esikokeessa pyrittiin kartoittamaan esiliisteröidyn tärkkelyksen vaikutusta sekä tulosten perusteella valita kokeellisen osan jatkoa varten potentiaalisimmat koesarjat. Taulukkoon 4 on lueteltu esikokeessa käytetyt laitteet.

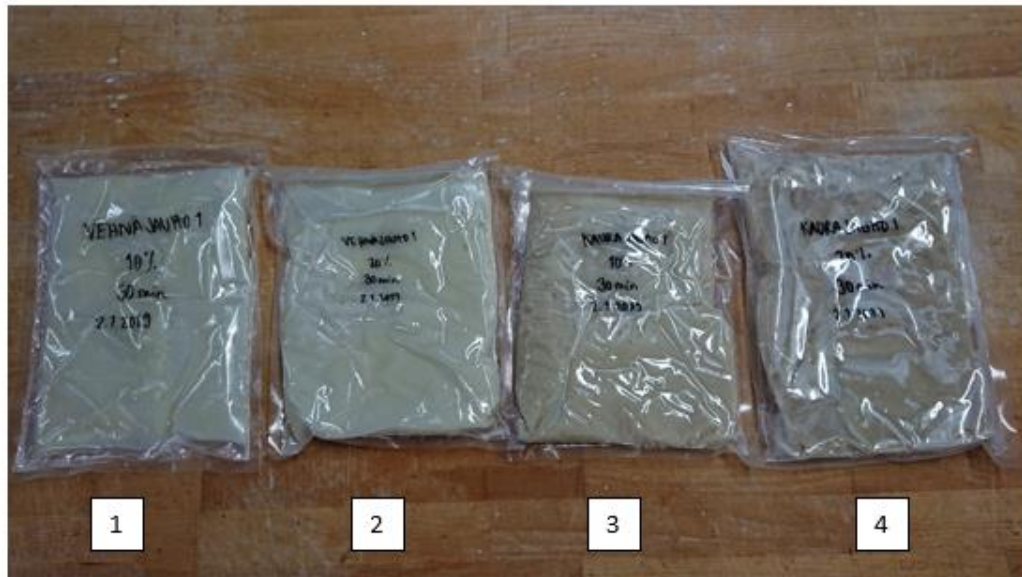
Taulukko 4. Esikokeessa käytetyt laitteet.

Laite	Merkki	Malli
Vaaka 1	Soehne Professional	9241
Tyhjiöpakkaaja	Electrolux	EVP31
Höyryuuni	Metos System Rational	101MSCC
Vaaka 2	Mettler	PM34
Taikinasekoitin	Diosna	SPA12-4
Kaulauskone	Flamic	SF500V
Nostatuskaappi	Lillnord TopLine	TSC 2000
Uuni	Sveba Dahlen	C150

Esiliisteröinti aloitettiin punnitsemalla jauhot vaa'alla (Soehne Professional 9241, Saksa). Punnittujen jauhojen joukkoon lisättiin lämmin ($60,5 \pm 0,3$ °C) vesi. Seosta sekoitettiin käsin noin 2 minuutin ajan niin, että suspensioon muodostui mahdollisimman vähän jauhopaakkuja. Jauhojen sekoitukseen kokeiltiin myös 100 °C:n lämpöistä vettä sekä kylmää keskimäärin 13,1 °C:n lämpöistä vettä. Kuumen veden johdosta seoksesta tuli sekoituksen aikana hyvin paksua ja jauhopaakkuja oli selvästi havaittavissa, kun taas kylmään veteen sekoitettuna kiinteä faasi eli jauho painui nopeasti astian pohjalle. Tämän vuoksi päädyttiin käyttämään lämmintä vettä suspensioiden valmistuksessa.

Sekoituksen jälkeen seos annosteltiin vakuumpusseihin, jotka suljettiin tyhjiöpakkaajalla (Electrolux EVP31). Käytetyt vakuumpussit olivat materiaaliltaan polyamidista (PA) ja polyeteenistä (PE) valmistettua muovia. Yhteen pussiin seosta annosteltiin $650 \pm 0,5$ g. Suspensiota sekoitettiin käsin punnitusten välissä, jotta jauho sekoittui tasaisesti nesteeseen eikä vajonnut astian pohjalle. Jauho-vesisuspensio pakattiin kaksinkertaisiin vakuumpusseihin tyhjiöpakkaajan avulla painohävikin estämiseksi ja pussin ehjänä pysymisen varmistamiseksi. Vakuumpussin vuoksi seoksesta ei päässyt haihtumaan vettä kuumennuksen aikana.

Tärkkelys-vesisuspensioita kuumennettiin höyryuunissa (Metos System Rational, Saksa) 100 °C:n lämpötilassa 100 %:n höyryllä. Tärkkelyksiä esiliisteröitiin 10, 30 ja 60 minuuttia. Ajanotto aloitettiin uunin lämpömittarin näyttäessä 100 °C, jotta tärkkelyksen esiliisteröinti tapahtuisi oikeassa lämpötilassa.



Kuva 10. Valmiita esiliisteröityjä tärkkelyksiä 10 %:n ja 20 %:n pitoisuuksina. Vehnäjauho 1, 10-prosenttinen seos (1); vehnäjauho 1, 20-prosenttinen seos (2); kaurajauho 1, 10-prosenttinen seos (3); kaurajauho 1, 20-prosenttinen seos. Esiliisteröintiäika kaikissa kuvan esiliisteröidyissä tärkkelyksissä oli 30 minuuttia.

Ennen uniin asettamista pusseja ravisteltiin, jotta jauho-vesisuspensio olisi tasaisesti sekoittunut uniin laitettaessa. Esiliisteröidyt tärkkelykset jäähdytettiin huoneenlämmössä, minkä jälkeen niitä säilytettiin jääkaapissa +4 °C:n lämpötilassa leivontapäivään asti. Kuvassa 10 on valmiita esiliisteröityjä tärkkelyksiä. Esikokeen leivontapäivinä esiliisteröidyt tärkkelykset olivat 1—3 vuorokauden ikäisiä. Esiliisteröityjen tärkkelysten viskositeettia ja koostumusta arvioitiin kaatotekniikalla. Tyhjään astiaan mitattiin 100 g esiliisteröityä tärkkelystä. Astiaa kallistettiin ylösalaisin paperin päällä ja pidettiin kaatoasennossa 20 s. Astiaan jäänyt massa punnittiin ja paperille pudonneen massan leveys mitattiin. Tällä tavalla pystyttiin havainnoimaan esiliisteröidyn tärkkelyksen koostumusta ja viskositeettia. Taulukkoon 5 on koottuna kaikki esikokeessa valmistetut esiliisteröidyt tärkkelykset.

Taulukko 5. Esikokeessa valmistetut esiliisteröidyt tärkkelykset.

Esiliisteröinnissä käytetty jauho	Esiliisteröidyn suspension pitoisuus (%)	Keittoaika (min)
Vehnäjauho 1	10	10
Vehnäjauho 1	10	30
Vehnäjauho 1	10	60
Vehnäjauho 1	20	10
Vehnäjauho 1	20	30
Vehnäjauho 1	20	60
Kaurajauho 1	10	10
Kaurajauho 1	10	30
Kaurajauho 1	10	60
Kaurajauho 1	20	10
Kaurajauho 1	20	30
Kaurajauho 1	20	60
Kaurajauho 2	10	10
Kaurajauho 2	10	30
Kaurajauho 2	10	60
Kaurajauho 2	20	10
Kaurajauho 2	20	30
Kaurajauho 2	20	60

Koeleivontojen pohjana käytettiin perusreseptiä (taulukko 2). Perusreseptiä käyttämällä leivottiin 0-näyte, joka toimi esikokeessa verrokinäytteenä. Guarkumia ja esiliisteröityä tärkkelystä sisältäneet taikinat tehtiin perusreseptin pohjalta.

Esiliisteröidyn tärkkelyksen valmistukseen käytetty vesi- ja jauhomäärä vähennettiin reseptin raaka-aineista. Vähennetty jauho riippui esiliisteröidyn tärkkelyksen valmistukseen käytetystä jauhosta. Kaurapohjaisia esiliisteröityjä tärkkelyksiä käytettäessä vähennettiin jauhon määrä kaurajauhoista. Vehnäjauhoista valmistettuja esiliisteröityjä tärkkeliksiä käytettäessä jauhon määrä vähennettiin vehnäjauhoista. Reseptistä korvattiin 10 ja 20 % taikinasta esiliisteröidyllä tärkkelyksellä. Kymmenen prosentin korvaus tehtiin esiliisteröidyllä tärkkelyksellä, jonka pitoisuus oli 10 %, ja vastaavasti 20 %:n korvaus tehtiin käyttämällä esiliisteröityä tärkkelystä, jonka pitoisuus oli 20 %. Kaikkiin käytettyihin resepteihin kuului haude, jonka annettiin tekeytyä kaksi tuntia ennen taikinan tekoa. Käytetystä reseptistä riippuen hauteeseen tullut vesimäärä vaihteli, sillä esiliisteröidyn tärkkelyksen mukana tullut vesi vähennettiin koko reseptin vesimäärästä, jolloin hauteisiinkin käytetty vesimäärä oli pienempi. Hauteisiin käytetyn veden lämpötila oli $30 \pm 0,2$

°C. Verrokinäytteen (0-näyte) taikinaan lisättiin lisäksi vettä, jonka lämpötila oli $8 \pm 0,2$ °C.

Koeleivontoihin kuului esiliisteröityä tärkkelystä sisältävien koesarjojen leivonta sekä vertailunäytteiden eli 0-näytteen ja guarkumia sisältäneen näytteen leivonta. Kaikki koeleivonnat suoritettiin käsinleivonnalla, millä on saattanut olla vaikutusta leivonnan lopputulokseen, kuten palaleipien painoon. Kaikki koesarjan leivonnat tehtiin 5 kg:n taikinalla. Esiliisteröityä tärkkelystä sisältäneet taikinat tehtiin 0-näytteen reseptin pohjalta. Taulukossa 6 on perusreseptiin tehdyt muutokset käytetyissä resepteissä ja esiliisteröidyn tärkkelyksen kautta lisätyt raaka-ainemäärät.

Taulukko 6. Esikokeessa resepteihin tehdyt muutokset perusreseptistä ja esiliisteröidyn tärkkelyksen kautta lisätyt raaka-ainemäärät.

		kg	%	Vehnäjauho 1				Kaurajauho 1 ja kaurajauho 2			
				10 %		20 %		10 %		20 %	
				kg	%	kg	%	kg	%	kg	%
Perusresepti	Vesi	1,78	35,6 %	-0,49	-27,6 %	-0,99	-55,3 %	-0,49	-27,6 %	-0,99	-55,3 %
	Haudevesi	1,232				-0,50				-0,50	
	Lisätty vesi	0,547		-0,49		-0,49		-0,49		-0,49	
	Kaura	0,84	16,7 %					-0,06	-6,6 %	-0,11	-13,0 %
	Vehnä	1,43	28,5 %	-0,06	-3,9 %	-0,11	-7,6 %				
Lisätty	Vesi			+0,49	+27,6 %	+0,88	+49,2 %	+0,49	+27,6 %	+0,88	+49,2 %
	Kaura							+0,06	+6,6 %	+0,22	+26,2 %
	Vehnä			+0,06	+3,9 %	+0,22	+15,4 %				
Leivottu taikina	Kuiva-aine muutos			0		+0,11		0		+0,11	
	Taikina yhteensä	5,00	100 %	4,95	100 %	4,94	100 %	4,95	100 %	4,93	100 %
	Vesi yhteensä	1,78	35,6 %	1,73	34,9 %	1,61	32,6 %	1,73	34,9 %	1,61	32,6 %

Esiliisteröidyllä tärkkelyksellä, jonka kuiva-ainepitoisuus oli 10 % korvattiin 10 painoprosenttia taikinasta. Vastaavasti 20 % esiliisteröidyllä tärkkelyksellä korvattiin taikinasta 20 %. Taikinan jauho- ja vesimääriä muokattiin esiliisteröidyn tärkkelyksen mukana tulleiden jauho- ja vesimäärien pohjalta. Verrokinäytteenä toiminut 0-näyte ei sisältänyt lisättyjä hydrokolloideja tai esiliisteröityä tärkkelystä. Guarkumia sisältänyt näyte toimi toisena vertailunäytteenä.

Koeleivonnat aloitettiin punnitsemalla raaka-aineet vaa'alla (Mettler PM34). Käytetty resepti sisälsi hauteet, joiden annettiin tekeytyä kaksi tuntia ennen leivonnan aloittamista. Hauteiden ollessa valmiita lisättiin kaikki raaka-aineet sekoituskoneeseen. Taikinan valmistukseen käytettiin sekoitinta (Diosna SPA12-4, Saksa). Taikinaa sekoitettiin 2+6 minuuttia, joista kaksi ensimmäistä minuuttia hitaalla nopeudella ja kuusi minuuttia nopealla. Taikinan tavoitelämpötila oli 28—30 °C. Taikina jaettiin kahteen osaan ja kaulittiin

kaulauskoneella (Flamic SF500V, Italia) 7 mm:n paksuiseksi taikinamatoksi. Taikinamattoon tehtiin reikätelalla reiät, minkä jälkeen taikinamatosta leikattiin sarjaleikkurilla 6x10 cm:n paloja. Taikinan kovuudesta ja käsin leivonnasta johtuen palojen paino oli vaihtelevaa välillä n.75—85 g. Palaleivät siirrettiin reikäpelleille pinnavaunuun, minkä jälkeen palaleivät nostatettiin nostatuskaapissa (Lillnord TopLine TSC 2000, Tanska) 37 °C:n lämpötilassa ja 72 %:n suhteellisessa ilmankosteudessa 45 ± 2 min. Nostatuksen jälkeen leivät paistettiin pinnavaunu-uunissa (Sveba Dahlen, Ruotsi) 225 °C:n lämpötilassa 8 minuuttia 8 sekunnin höyrytyksellä. Valmiit palaleivät jäähdytettiin pinnavaunussa huoneenlämmössä noin 1,5 h ajan. Valmiit jäähtyneet leivät halkaistiin veitsellä ja pakattiin polypropeenista (PP) valmistettuun muovipussiin. Yhteen pussiin pakattiin neljä leipää. Leipä säilytettiin huoneenlämmössä (23,4 °C) aistinvaraista arviointia varten.

Taikinan ominaisuuksia arvioitiin sekoituksen jälkeen ja ylöslyönnin aikana. Arvioinnissa käytettiin kaavaketta, jonka arviointiasteikko oli ± 1 —10 kuvan 11 mukaisesti.

Alhainen			Liiallinen				
1	4	7	10	7	4	1	Yhteensä:
							0

Kuva 11. Taikinan ominaisuuksien arvioinnissa käytetty arviointiasteikko. Asteikossa 10 oli tavoiteltu arvo. Arvioituja ominaisuuksia olivat taikinan tarttuvuus, gluteenin kasvu, venyvyys, tarttuvuus ylöslyönnin aikana, muodonpitävyys, stabiilius ja volyyymi.

Sekoituksen jälkeen valmiista taikinasta mitattiin lämpötila ja arvioitiin tarttuvuutta ja gluteenin kasvua. Taikinan tarttuvuutta arvioitiin kämmenselällä kokeilemalla. Gluteenin kasvua arvioitiin tarkastelemalla taikinan sitkon kestävyyttä venyttäessä. Ylöslyönnin eli kaulimisen ja muotoilun aikana taikinasta arvioitiin venyvyyttä, tarttuvuutta ja muodonpitävyttä. Venyvyyttä arvioitiin taikinaa käsin venyttämällä sekä arvioimalla venyvyyttä kaulimisen aikana. Tarttuvuutta arvioitiin kaulimisen aikana. Hyvä taikina venyi kaulimisen aikana hyvin haluttuun paksuuteen eikä palautunut merkittävästi kaulimisen jälkeen. Tarttuvuuden mittarina käytettiin kaulimiseen käytetyn jauhon määrää. Taikinan muodonpitävyttä arvioitiin palaleipien leikkauksen yhteydessä. Hyvin muotonsa pitävä taikina ei vetäytynyt palaleikkurin käytön jälkeen eikä myöskään levinnyt leikkauksen yhteydessä. Nostatetuista leivistä arvioitiin volyyymia ja stabiiliutta. Volyymia arvioitiin nostatuksen suuruutta tarkastelemalla. Stabiiliudella tarkoitettiin

taikinan palautuvuutta kohotuksen jälkeen. Stabiiliutta testattiin sormella painamalla kevyesti palaleivän reunasta. Stabiili leipä palautui painamisen jälkeen hyvin, kun vastaavasti huonosti stabiiliin leipään jäi kevyestä painamisesta jälki.

5.5 Aistinvarainen arviointi

Säilyvyyskokeiden tarkoituksena oli tarkastella esiliisteröidyn tärkkelyksen vaikutusta leipien aistinvaraisiin ominaisuuksiin. Valmiita leipiä arviointiin aistinvaraisesti yhden ja neljän vuorokauden ikäisinä. Insinööriyöntekijä suoritti aistinvaraisen arvioinnin. Työn tarkoituksena oli tutkia esiliisteröidyn tärkkelyksen vaikutusta valmiin palaleivän rakenteellisiin ominaisuuksiin, jolloin ei katsottu tarpeelliseksi suorittaa aistinvaraista arviointia suuremmalla raadilla.

Arvioitavina ominaisuuksina olivat pehmeys pussin päältä kokeiltaessa, huokoisuus, murenevuus, kosteus ja maku. Aistinvaraisessa arvioinnissa leipiä vertailtiin verrokinäytteeseen eli 0-näytteeseen. Leipien ominaisuuksia arviointiin asteikolla 4–10 ja tarvittaessa sanallisin arvioin. Aistinvaraisella arvioinnilla pyrittiin selvittämään, onko esiliisteröidyllä tärkkelyksellä vaikutusta palaleivän ominaisuuksiin säilytyksen aikana, ja tuoko esiliisteröidyn tärkkelyksen käyttö lisäarvoa, kuten pehmeyttä tai murenevuuden vähentymistä. Pehmeyttä arvioitiin painamalla pussissa olevien leipien päältä sormella ja vertailemalla pehmeyttä verrokinäytteeseen. Leipien pehmeyttä tarkasteltiin pussin päältä, jotta tilanne kuvaisi kuluttajan ostopilanteessa tekemää arviota leivän pehmeystä. Huokoisuutta arvioitiin halkaistun leivän leikkauspinnalla havaittavien huokosten koosta. Murenevuutta arvioitiin käärimällä halkaistun leivän pohjapala rullalle. Helposti mureneva leipä ei kestänyt käärimistä, kun taas vähemmän mureneva leipä kesti käärimisen pienin halkeamin. Leivän kosteutta arvioitiin aistinvaraisessa tarkastelussa painamalla halkaistun leivän sisäpintaa ja arvioimalla sormiin tuntuva kosteus. Jokaista leipää maistettiin leivontapäivänä, yhden vuorokauden ikäisenä sekä neljän vuorokauden ikäisenä. Näin pystyttiin arvioimaan, onko esiliisteröidyllä tärkkelyksellä vaikutusta leivän makuun, ja onko maussa havaittavissa muutosta säilytyksen aikana.

5.6 Analyysimenetelmät

Esikokeessa käytettiin analyysimenetelminä farinografia, kuva-analyysilaitetta, kosteusmittaria ja amylografia. Jatkotutkimuksiin otettiin edellä mainittujen menetelmien lisäksi rakennemittaus lisätietojen saamiseksi. Tuloksia pystyttiin myös vertaamaan aistinvaraisen arvioinnin tuloksiin, jolloin saatiin tietoa siitä, vastasiko aistinvaraisesti havaittu ominaisuus myös analyysilaitteilla saatuja arvoja. Taulukkoon 7 on merkittynä käytetyt analyysilaitteet.

Taulukko 7. Palaleipien analysointiin käytetyt laitteet

Laite	Merkki	Malli
Farinogrammi	Brabender	Farinograph -E 810114
Kuva-analyysilaitte	Eye Pro System	Q-Lite QLT-SA-3DC-500
Kosteusmittari	A&D	Moisture Analyzer MX-50
Amylogrammi	Brabender	Brabender Amylograph-E
Rakennemittari	Stable Micro System	Texture Analyser TA.XT

Esiliisteröinnissä käytettyjen jauhojen liisteröitymistä tutkittiin amylografilla (Brabender Amylograph-E, Saksa). Mittaukseen käytettiin 450 ml vettä sekä 45 g jauhoa. Mittaus aloitettiin punnitsemalla jauhot ja mittaamalla haluttu vesimäärä. Jauhosta ja vedestä valmistettiin suspensio, joka kaadettiin mittalaitteessa olevaan mittauskulhoon. Mittauksen aloituslämpötilaksi määriteltiin 30 °C. Pyörivä mittauskulho sekoitti näytesuspensiota kuumennuksen aikana. Mittauksen aikana lämpötilan nousu oli 1,5 °C minuutissa. Mittauksen kesto oli noin 50 minuuttia, jonka aikana piirtyi kuvaaja lämpötilan vaikutuksesta seoksen viskositeettiin.

Taikinan kovuutta mitattiin farinografilla (Brabender Farinograph-E, Saksa). Farinografimittaus otettiin valmiista taikinasta pian sekoituksen loppumisen jälkeen. Taikinan ei annettu levätä ennen mittausta, jotta mittaustulos ei vääristyisi lepoajan takia. Mittaukseen käytettiin 300 g taikinaa. Taikina lisättiin farinografan näytekulhoon, jossa pyörivät sekoitusterät altistavat näytteen mekaaniselle rasitukselle. Taikinan vastustus teriä vastaan mitataan vääntömomenttina. Laite piirtää kuvaajan taikinan vastustuksen muutoksesta, ja tulos ilmoitetaan BU:na (Brabender Unit). Mittauksissa käytettiin kahden minuutin pituisia mittausohjelmaa ja tulos katsottiin mittauksen keskiarvona. Taikinaan lisätyn

esiliisteröidyn tärkkelyksen vaikutusta taikinan kovuuteen voitiin tarkastella farinografin tuloksien avulla ja vertailla verrokinäytteiden farinografin tuloksiin.

Valmiiden leipien kosteuspitoisuus mitattiin kosteusmittarilla (Moisture Analyzer AND-MX-50, Yhdysvallat). Valmiin leivän keskeltä leikattiin neljän viipaleen näytteet. Kosteusmittariin punnittiin noin $3,1 \pm 0,1$ grammaa näytettä. Jokaista näytettä kohti tehtiin mittaukset neljällä eri laitteella ja tuloksista laskettiin keskiarvo. Kosteusmittarit olivat eri ikäisiä, minkä johdosta jokainen mittari antoi hieman eri tuloksen. Kaikki näytteet otettiin kuitenkin samoilla laitteilla, jolloin keskiarvo antoi luotettavan tuloksen mittauksista. Kosteusmittaukset otettiin leivistä 1–4 vuorokauden ikäisinä. Neljän vuorokauden mittaushaarukka ei kuitenkaan vaikuttanut merkittävästi leipien kosteuspitoisuuksiin, jolloin tuloksia voidaan pitää vertailukelpoisina.

Valmiiden leipien mittoja, väriä ja painoa mitattiin kuva-analyysillä ja vaa'alla (Eye ProSystem Q-lite, Yhdysvallat). Kuva-analyysin avulla voitiin tarkastella valmiiden leipien laatua ja tasalaatuisuutta. Tuloksien perusteella laskettiin leipien tilavuus ja edelleen ominaistilavuus. Esikokeessa käytettiin halkaistuja leipiä kuva-analyysiin. Jokainen leipä punnittiin yksitellen, minkä johdosta tuloksiin saatiin jokaisen leivän yksilöllinen paino. Tämä tarkensi leipien keskiarvopainoa. Koeleivonnoissa tehdyille leiville räätälöitiin oma ohjelma, jonka perusteella tarkennettiin haluttu leivän koko ja väri. Mittaus suoritettiin koe-erittäin. Mittaus aloitettiin leivän punnitsemisella, minkä jälkeen leipä asetettiin kuva-analyysilaitteen kuljettimelle. Laite käytti leivän mittaukseen 3D-kameraa sekä laserkameraa. Mitattu leipä otettiin talteen kuljettimen päässä olevaan leipälaatikkoon. Kuva-analyysimittaukset suoritettiin neljäntenä päivänä leivonnasta.

Leipien kovuuden tarkastelua varten leivät mitattiin rakennemittarilla (Stable Micro System Texture Analyser TA.XT, Iso-Britannia) yhden ja neljän vuorokauden ikäisinä. Rakennemittaus otettiin kahden halkaisemattoman leivän päältä sylinterinmuotoisella mittapäällä (halkaisijaltaan 36 mm). Ennen mittauksen aloittamista suoritettiin voima- ja korkeuskalibrointi. Korkeus kalibroitiin 60 mm:n korkeuteen. Mittauksissa käytettiin 5 kg:n voimakennoa. Näyte asetettiin mittausalustalle siten, että mittauspää oli keskellä näytettä. Leipäpussin kolmen leivän pinosta käytettiin kaksi alimmaista näytettä. Kolmen leivän pinosta päällimmäinen leipä on pehmein, jolloin mittauksen oikeellisuuden varmistamiseksi jätettiin pinon päällimmäinen leipä mittauksista pois. Laite aloitti mittauksen, kun mittauspää saavutti näytteen pinnan. Leipänäytteistä mitattiin kolme

rinnakkaisnäytettä. Rakennemittaukset toteutettiin kokeellisen osion toisessa vaiheessa leivotuille leiville. Tuloksista koottiin Excel-taulukko, johon merkittiin rakennemittarin antamat tulokset taulukkona sekä rakennemittarin muodostama graafi. Mittausarvoina oli puristusvoima 1 (Force 1) 25 %:n kokoonpuristumisella ja puristusvoima 2 (Force 2) 40 %:n kokoonpuristumisella. Kokoonpuristumisella tarkoitetaan tässä yhteydessä puristusmuodonmuutosta.

5.7 Jatkotutkimukset

5.7.1 Palaleipien leivonta esiliisteröidyistä tärkkelyksistä

Jatkotutkimuksen tarkoituksena oli jatkaa koeleivontoja esikokeen tulosten perusteella. Tulosten perusteella esiliisteröintejä päätettiin jatkaa käyttäen kahta jauhoa, joista toinen oli karkea vehnäjauho (vehnäjauho 1) ja toinen kaurahiutaleista valmistettu kaurajauho (kaurajauho 1). Tärkkelysten esiliisteröintiajaksi valittiin 30 minuuttia molemmille jauhoille. Koeleivontoja jatkettiin molemmilla pitoisuuksilla (10 % ja 20 %). Yhteensä koeleivoinnoissa oli viisi koe-erää, joista yksi oli verrokinäyte. Palaleipien jatkoleivonnoissa käytössä oli esikokeessa käytetty resepti (Taulukko 5). Muutoksena esikokeeseen taikinareseptiin lisättiin vettä siten, että esiliisteröityä tärkkelystä sisältäneiden taikinoiden vesimäärä vastasi verrokinäytteen vesimäärää. Tämä tarkoitti sitä, että 10 % esiliisteröityä tärkkelystä sisältäneeseen taikinaan lisättiin 54 g vettä ja 20 % esiliisteröityä tärkkelystä sisältäneeseen taikinaan lisättiin 171 g vettä. Taulukossa 8 on kuvattu perusreseptiin tehdyt muutokset jatkotutkimuksessa käytetyissä resepteissä ja esiliisteröidyn tärkkelyksen kautta lisätyt raaka-ainemäärät.

Taulukko 8. Jatkotutkimuksessa palaleipien resepteihin tehdyt muutokset perusreseptistä ja esiliisteröidyn tärkkelyksen kautta lisätyt raaka-ainemäärät.

		kg	%	Vehnäjauho 1				Kaurajauho 1 ja kaurajauho 2			
				10 %		20 %		10 %		20 %	
				kg	%	kg	%	kg	%	kg	%
Perusresepti	Vesi	1,78	35,6 %	-0,49	-27,7 %	-0,99	-55,3 %	-0,49	-27,7 %	-0,99	-55,3 %
	Haudevesi	1,232				-0,50				-0,50	
	Lisätty vesi	0,547		-0,49		-0,49		-0,49		-0,49	
	Kaura	0,84	16,7 %					-0,06	-6,6 %	-0,11	-13,0 %
	Vehnä	1,43	28,5 %	-0,06	-3,9 %	-0,11	-7,6 %				
Lisätty	Vesi			+0,55	+30,7 %	+1,05	+58,8 %	+0,55	+30,7 %	+1,05	+58,8 %
	Kaura							+0,06	+6,6 %	+0,22	+26,2 %
	Vehnä			+0,06	+3,9 %	+0,22	+15,4 %				
Leivottu taikina	Kuiva-aine muutos			0		+0,11		0		+0,11	
	Taikina yhteensä	5,00	100 %	5,00	100 %	5,11	100 %	5,00	100 %	5,10	100 %
	Vesi yhteensä	1,78	35,6 %	1,78	35,6 %	1,78	34,8 %	1,78	35,6 %	1,78	34,9 %

Veden lisäyksen tarkoituksena oli saada taikinakovuus vastaamaan verrokinäytteen taikinakovuutta. Taikinakovuuden mittaukseen käytettiin farinografia. Koeleivonnat suoritettiin esikokeen koeleivontojen mallia noudattaen. Taikinaan tehdyt vesilisäykset lisättiin taikinaan muiden aineiden kanssa taikinan teon yhteydessä.

Valmiista palaleivistä tehtiin muiden analyysimenetelmien lisäksi rakennemittaukset yhden ja neljän vuorokauden ikäisinä. Rakennemittausten tarkoituksena oli tutkia esiliisteröidyn tärkkelyksen vaikutusta leivän kovuuteen. Rakennemittaus toistettiin aistinvaraisen arvioinnin kanssa samoina päivinä, jotta mahdolliset muutokset leivän rakenteeseen voitiin havaita.

5.7.2 Vuokaleivonnat esiliisteröidyistä tärkkelyksistä

Kokeellisen osan viimeisessä vaiheessa tutkittiin esiliisteröidyn tärkkelyksen käyttöä vuokaleivonnassa. Vuokaleivonnat toteutettiin käsin pienessä mittakaavassa 5 kg:n taikinaerinä. Vuokaleivontoihin otettiin viisi koe-erää, joista yksi oli 0-näyte eli verrokinäyte. Vuokaleivonnoissa käytetty esiliisteröity tärkkelys oli pitoisuudeltaan 10 %. Esiliisteröintiin käytettiin karkeaa vehnä jauhoa (vehnä jauho 1) ja kaurahiutaleista valmistettua kaurajauhoa (kaurajauho 1). Tärkkelyksiä esiliisteröitiin 30 minuuttia. Vuokaleivontoihin käytettiin taulukon 9 mukaista reseptiä. Verrokinäyte eli 0-näyte valmistettiin suoraan reseptin mukaisesti.

Taulukko 9. Vuokaleivonnassa käytetty perusresepti.

Raaka-aine	Määrä (kg)	%
Vehnäjauho	1,7	33,8 %
Gluteeni	0,03	0,6 %
Kaurahiutale	0,48	9,6 %
Jauhoseos	0,23	4,6 %
Leivänparanne 1	0,03	0,6 %
Säilöntäaine 1	0,01	0,2 %
Siirappi	0,1	2,0 %
Nestesokeri	0,1	2,0 %
Nestesuola	0,16	3,2 %
Nestehiiva	0,15	3,0 %
Esitaikina	0,86	17 %
Rypsiöljy	0,06	1,2 %
Vesi	1,11	22,2 %
Yhteensä	5,0	100 %
Vesi total	1,11	22,2 %

Esiliisteröityä tärkkelystä sisältäneihin resepteihin tehtiin muutoksia vesi- ja jauhomääriin. Esiliisteröityä tärkkelystä käytettiin vuokaleivonnassa seuraavanlaisesti:

- Taikinaan tehtiin 10 %:n lisäys esiliisteröityä tärkkelystä. Reseptistä tehtiin kaksi versiota, joista toisessa käytettiin esiliisteröityä vehnätärkkelystä ja toisessa esiliisteröityä kauratärkkelystä.
- Taikinan koko vesimäärä lisättiin esiliisteröidyn kauratärkkelyksen muodossa. Esiliisteröidyn tärkkelyksen mukana tullut jauho vähennettiin reseptin kaurahiutaleiden määrästä.
- Taikinasta korvattiin 10 % esiliisteröidyllä vehnätärkkelyksellä. Esiliisteröidyn vehnätärkkelyksen kautta lisätty vesi ja vehnäjauho vähennettiin reseptin veden ja vehnäjauhon määristä.

Taulukossa 10 on kuvattuna vuokaleivän perusreseptiin tehdyt muutokset käytetyissä resepteissä ja esiliisteröidyn tärkkelyksen kautta lisätyt raaka-ainemäärät.

Taulukko 10. Vuokaleivonnoissa resepteihin tehdyt muutokset perusreseptistä ja esiliisteröidyn tärkkelyksen kautta lisätyt raaka-ainemäärät.

		kg		%		Lisätty 10 % Vehnäjauho 1		Lisätty 10 % Kaurajauho 1		Kaikki vesi korvattu Kaurajauho 1		Vehnäjauho 1 10 %	
		kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%
Perusresepti	Vesi	1,11	22,3 %							-1,11	-100 %	0,50	44,9 %
	Kaura	0,48	9,6 %							-0,12	-25,8 %		
	Vehnä	1,69	33,8 %									0,06	3,3 %
Lisätty	Vesi			+0,50	+44,9 %	+0,50	+44,9 %	+1,11	+100 %	+0,50	+44,9 %		
	Kaura			+0,06	+3,3 %	+0,06	+11,7 %	+0,12	+25,8 %				
	Vehnä											+0,06	+3,3 %
Leivottu taikina	Kuiva-aine muutos			+0,06		+0,06		0		0		0	
	Taikina yhteensä	5,00	100 %	5,60	100 %	5,60	100 %	5,00	100 %	5,00	100 %	5,00	100 %
	Vesi yhteensä	1,11	22,3 %	1,61	29,1 %	1,61	29,1 %	1,11	22,3 %	1,11	22,3 %	1,11	22,3 %

Vuokaleivonnat aloitettiin punnitsemalla raaka-aineet vaakalla. Taikina valmistettiin taikinasekoittimella (Diosna SPA12-4, Saksa) 2+8 minuutin sekoitusohjelmalla. Taikinan taivoitelämpötila oli 30—32 °C. Vuokaleivonnassa arvioitiin esikokeen tavoin taikinan ominaisuuksia kuvan 6 mukaisella arviointiasteikolla. Taikinan ominaisuuksien lisäksi mitattiin taikinakovuus ja -lämpötila. Taikinakovuuden mittaamiseen käytettiin farinografia. Valmis taikina paloiteltiin 370 g:n paloihin ja pyöröriivattiin eli esimuotoiltiin kevyesti. Esi-muotoilun jälkeen taikinan annettiin levätä 4 minuuttia. Levon jälkeen taikina pitkärullat-tiin ja aseteltiin voideltuihin uunivuokiin (197x88x76 mm).

Vuokaleipiä nostatettiin nostatuskaapissa 35 °C:n lämpötilassa ja 76 %:n suhteellisessa il-mankosteudessa 60 ± 2 min. Nostatuksen jälkeen leivät paistettiin arinauunissa (Sveba Dahlen DC-33, Tanska) 230 °C:n lämpötilassa 20 minuuttia 10 sekunnin höyrytyksellä. Valmiit leivät nostettiin vuoistaan jäähtymään huoneenlämpöön (90 ± 10 min). Jäähty-neet leivät viipaloitiin käyttämällä viipalointikonetta (Jac Slim VVL, Belgia) ja pakattiin polypropeenista (PP) valmistettuun muovipussiin. Vuokaleipien viipalepaksuus oli 14 mm.

Vuokaleipiä arvioitiin yhden ja neljän vuorokauden ikäisenä aistinvaraisesti. Aistinvarai- sessa arvioinnissa arvioitiin palaleipien tavoin pehmeyttä pussin päältä kokeiltaessa, huokoisuutta, kosteutta, murenevuutta ja makua. Aistinvaraisen arvioinnin lisäksi leiville tehtiin kosteusmittaus. Vuokaleipien tilavuutta tarkasteltiin valmiiden leipien korkeutta, leveyttä ja pituutta mittaamalla.

Vuokaleipien koeleivonnoista toistettiin tulosten perusteella leivät, joihin oli lisätty 10 % esiliisteröityä tärkkelystä ilman muutoksia reseptin jauho tai vesimäärästä sekä 0-näyte eli verrokkinäyte. Esiliisteröityä tärkkelystä sisältäneiden leipien reseptiin tehtiin kuitenkin

muutos ennen uusintaleivontoja. Ensimmäisessä vuokaleipien koeleivonnoissa taikinaan lisättiin 10 % esiliisteröityä tärkkelystä. Esiliisteröidyn tärkkelyksen mukana tullutta vettä ja jauhoa ei korvattu perusreseptin (taulukko 7) raaka-aineista. Uusintaleivontoja varten reseptin vesimäärää muutettiin. Esiliisteröidyn tärkkelyksen määrä vähennettiin taikinaan tulevasta vesimäärästä. Ensimmäisessä vuokaleivän koeleivonnassa taikinaan lisättiin 1,114 kg vettä. Kun taikinan vesimäärää muokattiin lisätyn esiliisteröidyn tärkkelyksen mukaan, jäi lisätyn veden määräksi 0,555 kg. Valmiita leipiä arvioitiin aikaisemmin leivottujen vuokaleipien tavoin. Taulukossa 11 on kuvattuna uusintaleivontojen reseptiin tehdyt muutokset ja esiliisteröinnin kautta lisätyt raaka-ainemäärät.

Taulukko 11. Vuokaleipien uusintaleivontojen resepteihin tehdyt muutokset perusreseptistä ja esiliisteröidyn tärkkelyksen kautta lisätyt raaka-ainemäärät.

		kg		%		Lisätty 10 % Vehnä jauho 1		Lisätty 10 % Kaurajauho 1	
		kg	%	kg	%	kg	%		
Perusresepti	Vesi	1,11	22,3 %	-0,56	-49,8 %	-0,56	-49,8 %		
	Kaura	0,48	9,6 %						
	Vehnä	1,69	33,8 %						
Lisätty	Vesi			+0,50	+44,9 %	+0,50	+44,9 %		
	Kaura					+0,06	+11,7 %		
	Vehnä			+0,06	+3,3 %				
Leivottu taikina	Kuiva-aine muutos			+0,06		+0,06			
	Taikina yhteensä	5,00	100 %	5,00	100 %	5,00	100 %		
	Vesi yhteensä	1,11	22,3 %	1,06	21,2 %	1,06	21,2 %		

6 Tulokset

6.1 Guarkumin lisäyksen vaikutukset leivän ominaisuuksiin

Guarkumin lisääminen taikinaan veteen sekoitettuna heikensi leipien aistinvaraisia ominaisuuksia, mutta ei vaikuttanut leipien kosteuspitoisuuteen. Guarkumin lisäystavasta riippuen valmiiden leipien aistinvaraisissa ominaisuuksissa, pehmeudessa ja kosteudessa, oli havaittavissa laadullista eroa.

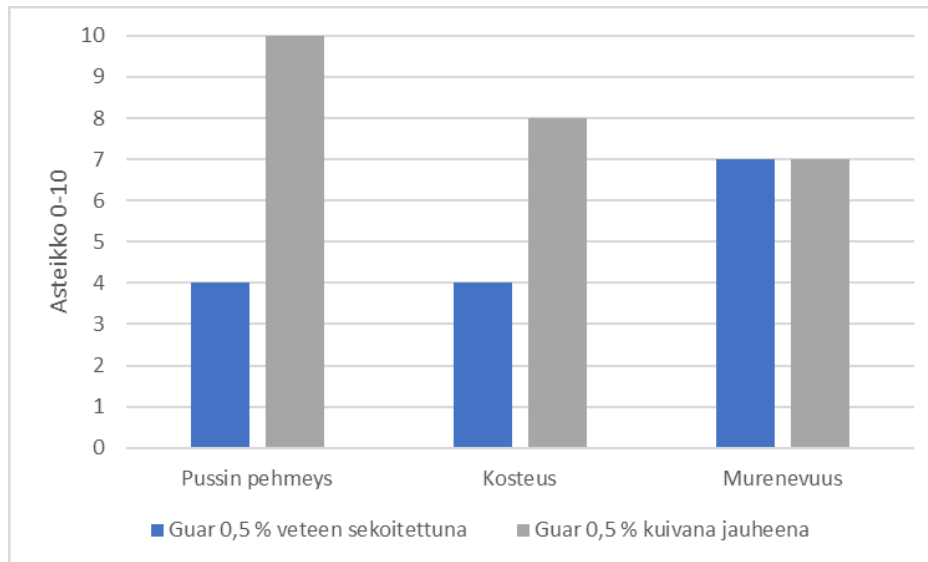
Veteen sekoitettu guarkumi oli ehtinyt absorboimaan vettä seoksen teon aikana niin paljon, että gluteenille ei jäänyt vapaata vettä ja gluteeniverkko jäi alikehittyneeksi. Tämän vuoksi päädyttiin lisäämään guarkumi taikinaan jauheena kuivien aineiden mukana.

Guarkumin lisäystavalla oli pientä vaikutusta taikinan kovuuden arvoihin. Taikina, johon guarkumi lisättiin veteen sekoitettuna, oli kovuudeltaan 240 BU, kun jauheena lisättyä guarkumia sisältäneen taikinan kovuus oli 279 BU.

Guarkumia sisältäneiden näytteiden kosteuspitoisuuksissa ei havaittu merkittävää eroa guarkumin lisäystavasta riippuen. Kosteuspitoisuus oli $38,4 \pm 0,2$ % niissä levissä, joihin guarkumi oli lisätty veteen sekoitettuna. Kun guarkumi lisättiin taikinaan jauheena kuivien aineiden joukkoon, saatiin valmiin leivän kosteuspitoisuudeksi $38,0 \pm 0,2$ %.

Leipien ominaistilavuus (ml/g) laskettiin kuva-analyysistä ja vaa'alta saatujen tietojen perusteella. Palaleipien normaali ominaistilavuus on yleensä noin 3-4 ml/g. Guarkumin lisäystavalla ei ollut merkittävää vaikutusta ominaistilavuuteen. Leipien, joiden valmistuksessa guarkumi oli lisätty veteen sekoitettuna, ominaistilavuus oli 4,2 ml/g. Leivät, joissa guarkumi oli lisätty kuivana jauheena, olivat ominaistilavuudeltaan 4,4 ml/g.

Guarkumin lisäystavasta riippuen leivontatulokset olivat hyvin erilaiset. Veteen sekoitetun guarkumin käytön johdosta valmis leipä oli aistinvaraisesti arvioiden selvästi heikompi laatuinen kuin kuivana jauheena lisätystä guarkumista valmistetut leivät (kuva 12). Huomattava ero aistinvaraisissa ominaisuuksissa oli havaittavissa pehmeudessa pussin päältä kokeiltaessa ja kosteudessa. Leivät, joihin guarkumi lisättiin kuivana jauheena, arvioitiin sekä pehmeideltään että kosteudeltaan paremmiksi. Guarkumin lisäystavalla ei huomattu olevan vaikutusta valmiiden leipien murenevuuteen.



Kuva 12. Guarkumia sisältäneiden leipien (4 vrk ikäiset näytteet) aistinvaraiset ominaisuudet. Asteikossa 10 oli tavoiteltu arvo.

6.2 Raaka-aineen, jauho-vesisuspension pitoisuuden ja keittoajan vaikutukset esiliisteröityyn tärkkelystä

Kaurajauho sitoi vettä esiliisteröinnin aikana nopeasti, mikä näkyi seoksien nopeana paksuuntumisena jo 10 minuutin esiliisteröinnin jälkeen (kuva 13). Kuvassa 13 on kaikki esikokeen aikana valmistetut esiliisteröidyt tärkkelystä. Esiliisteröintiin käytetty aika vaikutti seoksien koostumuksiin eri tavalla eri tärkkelystä. Vehnäjäuhon esiliisteröinnissä keittoajalla huomattiin olevan enemmän vaikutusta koostumukseen kuin kaurajauhon esiliisteröinnissä. Tämä näkyi seoksen koostumuksen paksuuntumisena keittoajan pidentyessä. Myös jauho-vesisuspension korkeampi pitoisuus vaikutti esiliisteröityjen jauhojen koostumukseen seosta paksuntavasti. Esiliisteröityjen tärkkelysten viskositeettia ja koostumusta arvioitiin kaatotekniikalla, mutta tulokset on jätetty pois tarkastelusta vähäisten erojen vuoksi.



Kuva 13. Eri raaka-aineista, eri pitoisuuksilla ja keittoajoilla valmistetut esiliisteröidyt tärkkelykset. Vehnäjauho 1, 10 % 10 min (1); Vehnäjauho 1, 10 % 30 min (2); Vehnäjauho 1, 10 % 60 min (3); Vehnäjauho 1, 20 % 10 min (4); Vehnäjauho 1, 20 % 30 min (5); Vehnäjauho 1, 20 % 60 min (6); Kaurajauho 1, 10 % 10 min (7); Kaurajauho 1, 10 % 30 min (8); Kaurajauho 1, 10 % 60 min (9); Kaurajauho 1, 20 % 10 min (10); Kaurajauho 1, 20 % 30 min (11); Kaurajauho 1, 20 % 60 min (12); Kaurajauho 2, 10 % 10 min (13); Kaurajauho 2, 10 % 30 min (14); Kaurajauho 2, 10 % 60 min (15); Kaurajauho 2, 20 % 10 min (16); Kaurajauho 2, 20 % 30 min (17); Kaurajauho 2, 20 % 60 min (18).

Käytetyille jauhoille suoritettiin amylografimittaus, jonka tarkoituksena oli tarkastella viskositeetin kasvua liisteröitymisen aikana. Normaaliin amylografianalysiin käytetään 80 g jauhoja ja 450 ml vettä (Brabender 2009). Tässä työssä amylografianalysit kuitenkin suoritettiin käyttämällä 45 g jauhoja 450 ml vettä, jotta testin olosuhteet vastaisivat mahdollisimman hyvin esikokeessa tehdyn esiliisteröinnin olosuhteita.

Käytetyllä pitoisuudella on voinut olla vaikutusta amylografianalyyseistä saatuihin tuloksiin.

Amylografianalyysein perusteella saatiin jauhojen liisteröitymisen alkamislämpötila ja liisteröitymislämpötila, jossa seoksen viskositeetti oli korkeimmillaan sekä viskositeetin suuruus. Liitteessä 2 on amylografianalyysein tulokset ja piirtyneet käyrät. Vehnäjauho 1:n liisteröitymisen aloituslämpötilaksi mitattiin 74,8 °C, ja korkeimman viskositeettinsa (T2) se saavutti lämpötilassa 88,8 °C. Viskositeetin kasvu oli kuitenkin heikkoa kuumennuksen aikana. Huippuviskositeetin arvo oli 90 AU (Amylograph units). Viskositeetin heikon kasvun johdosta analyysi toistettiin mahdollisen virheen poissulkemiseksi. Uusinta analyysissä saatiin kuitenkin hyvin samankaltaisia tuloksia kuin ensimmäisessä mittauksessa. Taulukossa 12 on esitetty amylografianalyysein tulokset.

Taulukko 12. Amylografianalyysein tulokset. Taulukossa T1 on liisteröitymisen alkamislämpötila ja T2 korkeimman viskositeetin saavuttamislämpötila. AU = Amylograph Units.

Mitattu näyte	T1 (°C)	T2 (°C)	Viskositeetin kasvu (AU)
Vehnäjauho 1 (mittaus 1)	74,8	88,8	90
Vehnäjauho 1 (mittaus 2)	79	90,3	98
Puolikarkea vehnäjauho	70,5	85,6	63
Kaurajauho 1	56	92,1	747
Kaurajauho 2	58,8	91,9	718

Vertailun vuoksi tehtiin amylografianalyysi myös puolikarkealle vehnäjauholla, jonka alkuperämaa oli Suomi ja valmistaja sama kuin muillakin jauhoilla. Puolikarkealle vehnäjauholla liisteröitymisen aloituslämpötilaksi mitattiin 70,5 °C ja huippuviskositeetin liisteröitymislämpötilaksi 85,6 °C. Viskositeetin kasvu oli puolikarkealla vehnäjauholla 63 AU eli hyvin matala. Toistomittauksen ja puolikarkealla vehnäjauholla tehdyn lisämittausten perusteella voitiin mittausvirhe sulkea pois. Kaurahiutaleista valmistetun kaurajauhon (kaurajauho 1) liisteröitymisen aloituslämpötilaksi mitattiin 56,0 °C ja huippuviskositeetin liisteröitymislämpötilaksi saatiin 92,1 °C. Kuumennuksen aikana kaurajauho 1:n viskositeetti kasvoi huomattavasti, sillä viskositeetin kasvuksi saatiin 747 AU. Käyrän perusteella voitiin havaita viskositeetin nopea kasvu lämpötilan noustessa yli 80 °C:n. Vastaavasti myös endospermistä valmistetun kaurajauhon (kaurajauho 2) amylografianalyyseissä havaittiin huomattavaa viskositeetin kasvua kuumennuksen

aikana. Viskositeetin kasvuksi saatiin 718 AU-yksikköä. Liisteröitymisen aloituslämpötila oli 58,8 °C ja korkeimman viskositeetin liisteröitymistemperatuuriksi oli 91,9 °C.

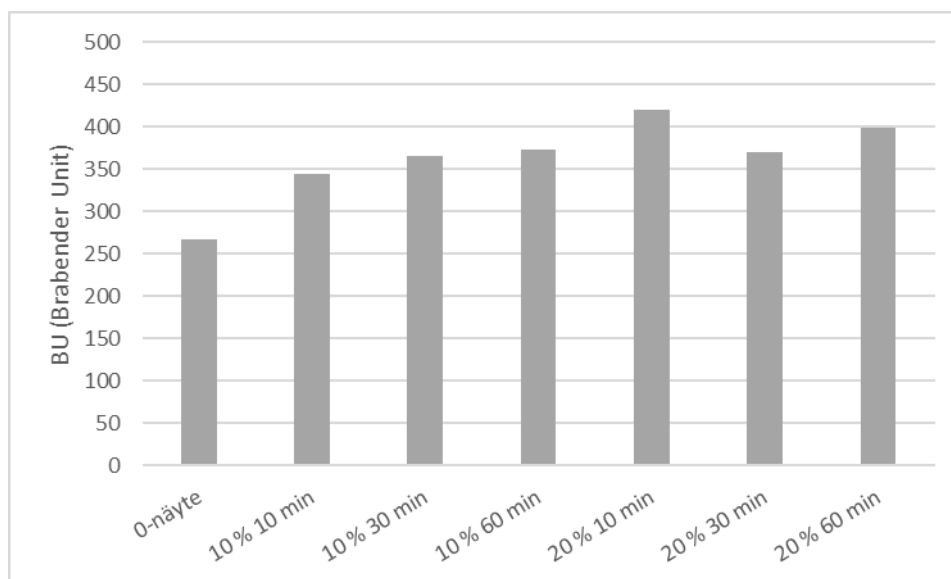
6.3 Esiliisteröity vehnätärkkelys leivonnassa

Taikinoiden leivottavuutta heikensi enemmän 10-prosenttisen esiliisteröidyn tärkkelyksen käyttö kuin 20-prosenttisen esiliisteröidyn tärkkelyksen käyttö. Kokeellisen osan aikana huomattiin, ettei 20 % esiliisteröityä tärkkelystä sisältänyt resepti täsmännyt käytetyn esiliisteröidyn tärkkelyksen johdosta. Kokeellisessa osassa taikinasta korvattiin 20 % esiliisteröidyllä tärkkelyksellä (20-prosenttinen jauho-vesiseos). Käytetty resepti oli kuitenkin suunniteltu käytettäväksi 10-prosenttisella seoksella ja 20 %:n korvauksella taikinasta. Virheestä huolimatta jatkotutkimuksissa käytettiin samaa reseptiä kuin esikoeksessa, jotta tulokset olisivat verrannollisia toisiinsa.

Esiliisteröidyn vehnätärkkelyksen käytöllä oli vähäinen vaikutus taikinan leivottavuuteen. Kun esiliisteröityä tärkkelystä käytettiin 10 %, oli sillä enemmän vaikutusta leivottavuuteen kuin 20 %:n esiliisteröidyn tärkkelyksen käytöllä. Taikinat, jotka sisälsivät 20 % esiliisteröityä tärkkelystä, arvioitiin leivottavuusominaisuuksiltaan lähelle tavoiteltua arvoa (kuva 11). Esiliisteröidyn tärkkelyksen (10 %) käytöllä oli vaikutusta gluteeniverkon kehitykseen ja stabiiliuteen. Gluteeniverkon kasvu arvioitiin liialliseksi (arvo 7 kuvan 11 arviointiasteikolla) kahdella esiliisteröityä vehnätärkkelystä sisältäneellä taikinalla (Vehnäjauho 1, keittoajat 30 min ja 60 min). Esiliisteröidyn tärkkelyksen käyttö heikensi stabiiliutta kaikissa esiliisteröityä vehnätärkkelystä sisältäneissä taikinoissa (arvo 7 kuvan 11 arviointiasteikolla). Jatkotutkimuksessa tehdyn vesikorjauksen jälkeen esiliisteröidyn tärkkelyksen käytöllä ei ollut merkittävää vaikutusta taikinan leivottavuuteen.

6.3.1 Taikinoiden kovuus

Kaikki esiliisteröityä vehnätärkkelystä sisältäneet taikinat olivat kovempia taikinoita kuin verrokinäyte. Kuvassa 14 on esitetty esiliisteröityä vehnätärkkelystä sisältäneiden taikinoiden kovuusarvot. Farinografianalysillä tutkittiin taikinan kovuutta. Korkeampi farinografian arvo kertoo kovemmasta taikinasta. Analyysia suoritettaessa taikinoiden lämpötila oli keskimäärin $26,8 \pm 1,2$ °C.



Kuva 14. Farinografin tulokset esiliisteröityä vehnätärkkelystä sisältäneillä taikinoilla.

Verrokinäytteen kovuusarvo oli esikokeen leivonnoissa 268 BU. Esiliisteröityä tärkkelystä sisältäneet taikinat olivat kovempia kuin verrokinäyte. Korkein kovuusarvo (420 BU) saatiin 20 % esiliisteröityä tärkkelystä (esiliisteröinti-aika 10 min) sisältäneellä leivällä. Matalin kovuusarvo (345 BU) saatiin 10 % esiliisteröityä tärkkelystä (esiliisteröinti-aika 10 min) sisältäneellä leivällä.

Esikokeen ja jatkotutkimuksen verrokinäytteiden kovuuden arvoissa oli huomattava ero. Esikokeessa verrokinäytteen kovuusarvo oli 268 BU, kun jatkotutkimuksessa arvo oli 345 BU. Verrokinäytteet leivottiin molemmissa kokeissa saman reseptin mukaisesti. Kuitenkin jatkotutkimuksessa saatu kovuusarvo on palaleipätaikinalle tyypillisempi, jolloin jatkotutkimuksen kovuusarvoja voidaan pitää vertailukelpoisina. Jatkotutkimuksessa tavoitteena oli saada veden määrän korjauksella taikinoiden kovuusarvot lähelle verrokinäytteen arvoa.

Jatkotutkimuksessa esiliisteröityä vehnätärkkelystä sisältäneiden taikinoiden kovuusarvot saatiin lähelle verrokinäytteen arvoa. Veden määrän korjauksen jälkeen 10 % esiliisteröityä tärkkelystä (esiliisteröinti-aika 30 min) sisältänyt taikina oli kovuudeltaan 379 BU. Taikina, joka sisälsi 20 % esiliisteröityä tärkkelystä (esiliisteröinti-aika 30 min), oli

kovuudeltaan 359 BU. Taulukossa 13 on esitetty jatkotutkimuksessa leivottujen leipien kovuusarvot ja esikokeen vastaavat arvot.

Taulukko 13. Jatkotutkimuksessa leivottujen palaleipien kovuusarvot (FE-arvo) ja esikokeen vastaavat arvot.

	FE-arvo (BU) Esikoe	FE-arvo (BU) Jatkotutkimus
0-näyte	268	345
Vehnäjauho 1 10 % 30 min	366	379
Vehnäjauho 20 % 30 min	309	359
Kaurajauho 1 10 % 30 min	370	354
Kaurajauho 20 % 30 min	434	431

6.3.2 Leipien kosteuspitoisuus

Jatkotutkimuksessa taikinoihin lisätyllä vedellä ei ollut vaikutusta sitoutuneen veden määrään (taulukko 14). Kosteusmittauksen tarkoituksena oli tarkastella leipään sitoutuneen veden määrää. Esiliisteröidyn tärkkelyksen odotettiin nostavan leipien kosteuspitoisuutta. Esikokeen kosteusmittaustuloksista puuttuvat leivät, jotka sisälsivät 20 % esiliisteröityä vehnätärkkelystä. Aikataulullisista syistä leipien kosteuspitoisuutta ei päästy mittaamaan neljän päivän seurannan aikana, minkä johdosta leivät olivat mittauspäivänä kuuden vuorokauden ikäisiä ja leipien pinnalle oli muodostunut hometta. Keskimäärin kosteusmittaukset suoritettiin neljän vuorokauden kuluttua leivonnasta.

Verrokinäytteen eli 0-näytteen kosteuspitoisuus oli $36,1 \pm 0,2$ %. Kostein leipä ($36,9 \pm 0,2$ %) oli 10 % (esiliisteröintiäika 30 minuuttia) esiliisteröityä tärkkelystä sisältänyt leipä. Matalin kosteusprosentti ($35,8 \pm 0,3$ %) oli 10 % esiliisteröityä vehnätärkkelystä (esiliisteröintiäika 60 min) sisältäneellä leivällä. Kosteusprosentiksi saatiin $36,6 \pm 0,4$ % leivillä, joiden valmistukseen oli käytetty 10 % (esiliisteröintiäika 10 minuuttia) esiliisteröityä vehnätärkkelystä.

Jatkotutkimuksessa taikinaan lisätyllä vedellä huomattiin olevan vaikutusta esiliisteröityä tärkkelystä sisältäneen taikinaan kovuuteen, mutta sillä ei ollut vaikutusta sitoutuneen veden määrään. Jatkotutkimuksessa verrokinäytteen kosteuspitoisuudeksi saatiin $35,8 \pm 0,3$ %. Verrokinäyte oli jatkotutkimuksen leivotuista koe-eristä kuivin. Leipä, joka sisälsi 10 % esiliisteröityä vehnätärkkelystä oli kosteuspitoisuudeltaan $37,8 \pm 0,1$ %.

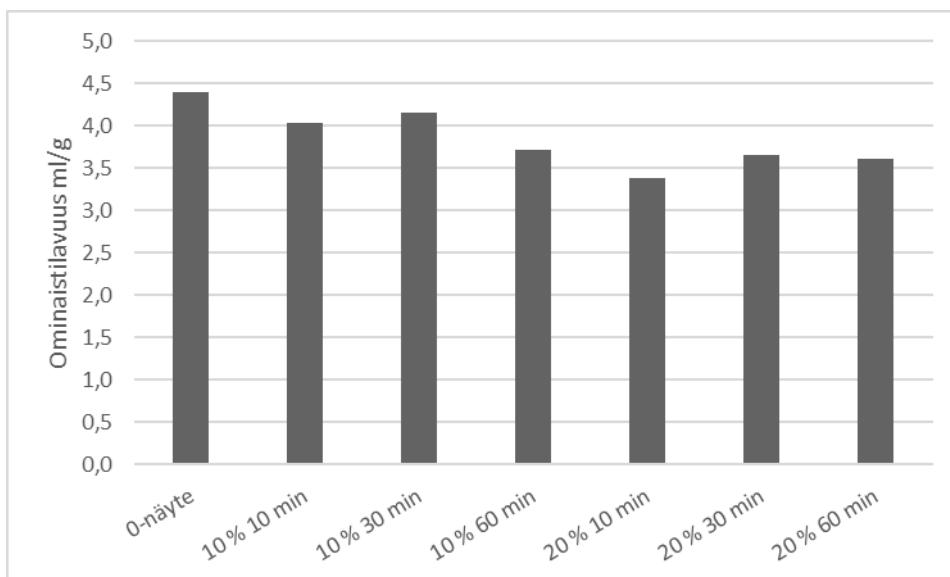
Jatkotutkimuksessa leivottujen leipien kosteuspitoisuudet olivat hyvin samanlaisia kaikissa koe-erissä. Taulukkoon 14 on koottuna jatkotutkimuksessa leivottujen leipien kosteuspitoisuudet ja esikokeen vastaavat arvot.

Taulukko 14. Jatkotutkimuksessa leivottujen palaleipien kosteuspitoisuudet ja esikokeen vastaavat pitoisuudet.

	Kosteus-% Esikoe	Kosteus-% Jatkotutkimus
0-näyte	36,06	35,79
Vehnäjauho 1 10 % 30 min	36,91	37,83
Vehnäjauho 20 % 30 min	-	37,61
Kaurajauho 1 10 % 30 min	39,18	37,89
Kaurajauho 20 % 30 min	36,11	37,02

6.3.3 Ominaistilavuus

Esiliisteröidyn vehnätärkkelyksen käyttö vaikutti heikentävästi leipien ominaistilavuuteen verrokinäytteeseen vertailtaessa. Kuvassa 15 on esitettyä esiliisteröityä vehnätärkkelystä sisältäneiden leipien ominaistilavuudet. Leipien ominaistilavuus laskettiin kuva-analyysistä saatujen tietojen pohjalta. Verrokinäytteen ominaistilavuudeksi saatiin 4,4 ml/g. Pienin ominaistilavuus (3,4 ml/g) oli 20 % esiliisteröityä vehnätärkkelystä (vehnäjauho 1, 10 minuutin esiliisteröintiaika) sisältäneellä leivällä. Leivistä, jotka sisälsivät esiliisteröityä vehnätärkkelystä, ominaistilavuudeltaan suurin oli 10 % esiliisteröityä tärkkelystä (esiliisteröintiaika 30 min) sisältänyt leipä.



Kuva 15. Esiliisteröityä vehnätärkkelystä (Vehnäjauho 1) sisältäneiden leipien ominaisilavuus.

Leipä, joka sisälsi 20 % esiliisteröityä vehnätärkkelystä, oli ominaisilavuudeltaan kaikista esikokeen leivotuista leivistä pienin (3,4 ml/g). Kuvassa 16 on esitetty esikokeessa leivotuista leivistä ominaisilavuudeltaan suurimman ja pienimmän leivän halkaisu- ja poikkileikkauskuva.



Kuva 16. Ominaisilavuudeltaan suurimman ja pienimmän leivän halkaisu- ja poikkileikkauskuva. Kuvassa vasemmalla 0-näyte eli verrokinäyte, keskellä suurimman ominaisilavuuden leipä (kaurajauho 1 20 % 30 min) ja oikealla pienimmän ominaisilavuuden leipä (vehnäjauho 1 20 % 10 min).

Jatkotutkimuksessa leivottujen palaleipien ominaisilavuus oli pienempi kuin esikokeessa leivotuilla leivillä. Jatkotutkimuksissa suurin ominaisilavuus oli verrokinäytteellä 4,8 ml/g, joka on esikokeessa leivotun verrokinäytteen ominaisilavuuden kaltainen (taulukko 15).

Taulukko 15. Jatkotutkimuksessa leivottujen palaleipien ominaistilavuudet ja esikokeen vastaavat arvot.

	Ominaistilavuus (ml/g) Esikoe	Ominaistilavuus (ml/g) Jatkotutkimus
0-näyte	4,4	4,8
Vehnäjauho 1 10 % 30 min	4,2	3,8
Vehnäjauho 20 % 30 min	4,2	2,6
Kaurajauho 1 10 % 30 min	3,7	4,0
Kaurajauho 20 % 30 min	4,5	3,5

Pienin ominaistilavuus (2,6 ml/g) mitattiin 20 % esiliisteröityä vehnätärkkelystä (vehnäjauho 1, 30 min) sisältäneellä leivällä. Esikokeessa kyseisen leivän ominaistilavuudeksi saatiin 4,2 ml/g. Leipä, joka sisälsi 10 % esiliisteröityä vehnätärkkelystä, oli ominaistilavuudeltaan 3,8 ml/g, kun esikokeen vastaava arvo oli 4,2 ml/g. Kuvassa 17 on esitetty jatkotutkimuksessa leivottujen palaleipien poikkileikkauskuva.



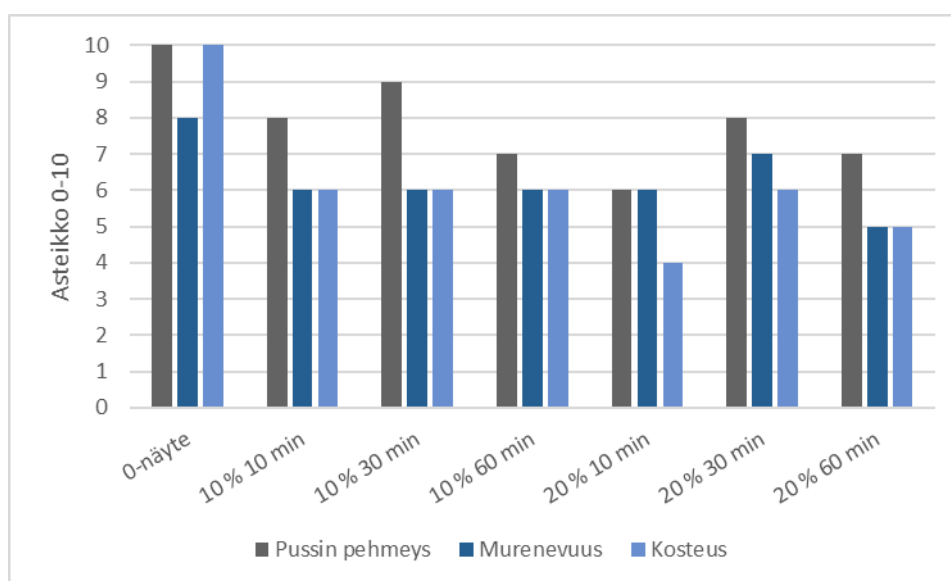
Kuva 17. Jatkotutkimuksessa leivottujen palaleipien poikkileikkauskuva.

6.3.4 Aistinvarainen arviointi

Aistinvaraisessa arvioinnissa esiliisteröityä vehnätärkkelystä sisältäneet leivät arvioitiin kosteudeltaan verrokinäytettä kuivemmiksi (kuva 18). Jatkotutkimuksessa veden lisäyksen jälkeen vain yksi leipä (vehnäjauho 1, 20 %, esiliisteröintiäika 30 min) arvioitiin verrokinäytettä kuivemmaksi (kuva 19). Aistinvaraisessa arvioinnissa leipiä vertailtiin 0-näytteen eli verrokinäytteen ominaisuuksiin. Verrokinäyte oli leivottu toimivaksi todetun reseptin mukaisesti, jolloin 0-näytteen ominaisuuksia voitiin pitää hyvällä tasolla. Aistinvaraisessa arvioinnissa arvioitavina ominaisuuksina oli pehmeys pussin päältä

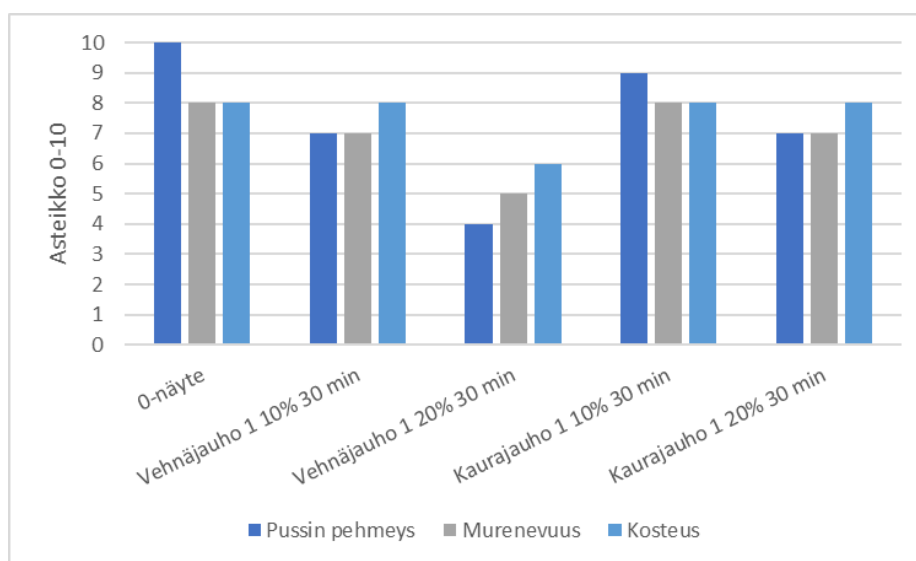
kokeiltaessa, huokoisuus, kosteus, murenevuus ja maku. Tulosten tarkastelussa painotettiin kolme arvioitua ominaisuutta: pussin pehmeyttä, kosteutta ja murenevuutta. Kyseiset kolme ominaisuutta valittiin painotettavaksi, sillä kyseisillä ominaisuuksilla saatiin merkittävimmin tietoa esiliisteröidyn tärkkelyksen vaikutuksesta leipiin. Jo esikokeen aikana huomattiin, ettei taikinaan lisätty esiliisteröity tärkkelys vaikuttanut merkittävästi leipien makuun, jolloin tulosten tarkastelusta kyseinen ominaisuus voitiin jättää pois. Esiliisteröidyn tärkkelyksen käytöllä ei huomattu myöskään olevan merkittävää vaikutusta leipien huokosten kokoon. Kuvassa 18 on esitetty esiliisteröityä vehnätärkkelystä sisältäneiden leipien neljännen vuorokauden aistinvaraisen arvioinnin tulokset.

Esiliisteröityä vehnätärkkelystä sisältäneiden leipien aistinvaraisessa arvioinnissa ominaisuuksiltaan heikoin leipä oli 20 % esiliisteröityä vehnätärkkelystä (esiliisteröintiäika 10 min) sisältänyt leipä. Leipä, joka sisälsi 10 % esiliisteröityä tärkkelystä (esiliisteröintiäika 30 min) arvioitiin pehmeydeltään pussin päältä kokeiltaessa lähes verrokinäytteen kaltaiseksi. Leivistä, joiden valmistukseen oli käytetty 20 % esiliisteröityä tärkkelystä, arvioitiin parhaimmaksi esiliisteröityä tärkkelystä (esiliisteröintiäika 30 min) sisältänyt leipä. Esiliisteröityä vehnätärkkelystä sisältäneet leivät arvioitiin murenevuudeltaan ja kosteudeltaan verrokinäytettä huonommaksi.



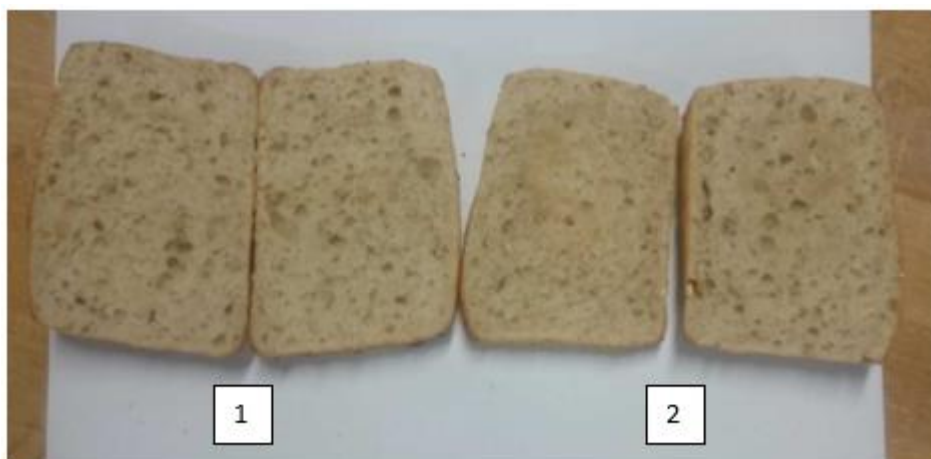
Kuva 18. Esiliisteröityä vehnätärkkelystä sisältäneiden leipien aistinvaraiset ominaisuudet (4 vrk ikäiset näytteet).

Kuvassa 19 on esitetty jatkotutkimuksessa leivottujen leipien neljännen päivän aistinvaraisen arvioinnin tulokset. Jatkotutkimuksessa aistinvaraisilta ominaisuuksilta huonoimmaksi leiväksi arvioitiin 20 % esiliisteröityä vehnätärkkelystä (esiliisteröintiäika 30 min) sisältänyt leipä. Erityisesti pehmeys pussin päältä kokeiltaessa oli arvioitu huomattavan heikoksi muihin näytteisiin vertailtaessa. Jatkotutkimuksessa tehdyn veden määrän korjauksen jälkeen 10 % esiliisteröityä vehnätärkkelystä sisältänyt leipä arvioitiin pehmeydeltään heikommaksi kuin vastaava näyte esikokeessa. Kosteus ja murenevuus arvioitiin hieman paremmiksi kuin esikokeessa.



Kuva 19. Jatkotutkimuksessa leivottujen palaleipien aistinvaraiset ominaisuudet (4 vrk ikäiset näytteet).

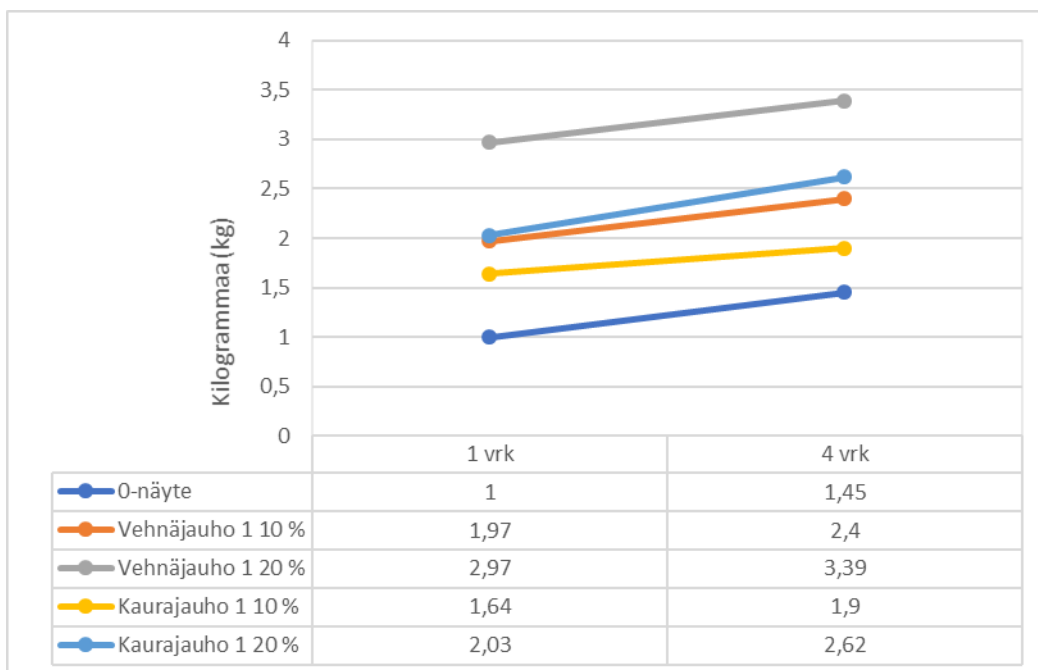
Osassa valmiista leivistä huomattiin esiintyvän esiliisteröidyn tärkkelyksen vaikutuksesta taikinamaisuutta. Taikinamaisuus oli havaittavissa leivän halkaisupinnalla. Kaikki leivät halkaistiin täysin jäähtyneinä, jolloin voidaan sulkea pois liian lämpimänä halkaistun leivän vaikutus taikinamaisuuteen. Kaikki esikokeessa tehdyt leivät paistettiin samantyyppisellä ohjelmalla, jolloin voidaan olettaa taikinamaisuuden johtuneen esiliisteröidystä tärkkelyksestä eikä liian vähäisestä paistosta. Kaikissa esiliisteröityä tärkkelystä sisältäneissä leivissä ei havaittu taikinamaisuutta. Erityisesti taikinamaisuutta havaittiin 20 % esiliisteröityä tärkkelystä sisältäneissä leivissä. Eroja oli havaittavissa myös saman koeerän leivissä. Kuten kuvassa 20 on nähtävillä, saman koeerän leivissä saattoi vain osassa esiintyä taikinamaisuutta leikkauspinnassa.



Kuva 20. Osassa esiliisteröityä täkkelystä sisältäneissä leivissä havaittiin taikinamaisuutta. Kuvassa esiliisteröityä kauratäkkelystä (kaurajauho 2 20 % 30 min) sisältäneet leivät. Halkaisupinnaltaan normaali leipä (1) ja leipä, jossa havaittiin taikinamaisuutta (2).

6.3.5 Rakennemittaus

Esiliisteröityä vehnätäkkelystä sisältäneissä leivissä tapahtui samansuuruinen muutos kovuudessa seuranta-aikana (kuva 21). Jatkotutkimuksessa leivotuille leiville tehtiin rakennemittaus yhden ja neljän vuorokauden ikäisinä. Rakennemittausten tulokset ovat koottuna liitteeseen 3. Rakennemittauksen tarkoituksena oli seurata leivän kovuutta tarkasteluaikana. Kuvassa 21 on esitetty rakennemittauksen tulokset 40 %:n kokoonpuristuvuudella.



Kuva 21. Rakennemittaus 40 %:n kokoonpuristuvuudella jatkotutkimuksessa leivotuille leiville. Mitä pienempi kg-arvo, sitä pehmeämpi leipä oli kyseessä.

Pehmeimmäksi leiväksi osoittautui verrokinäyte. Ensimmäisen vuorokauden mittauksissa saatujen tulosten perusteella rakenteeltaan kovin leipä (2,97 kg) oli 20 % esiliisteröityä vehnätärkkelystä (vehnäjauho 1, 30 minuutin esiliisteröintiäika) sisältänyt leipä.

Verrokinäytteen rakennemuutos oli 0,45 kg seuranta-aikana. Verrokinäytteessä oli tapahtunut toiseksi eniten muutosta rakenteessa esiliisteröityjä tärkkelystä sisältäneisiin leipiin vertailtaessa. On kuitenkin huomioitavaa, että verrokinäyte oli ensimmäisen vuorokauden mittauksissa näytteistä selvästi pehmein. Esiliisteröityä vehnätärkkelystä sisältäneissä leivissä oli tapahtunut saman suuruinen muutos (0,43 ja 0,42 kg) kovuudessa seuranta-ajan aikana, vaikka leivissä oli käytetty eri pitoisuus (10 % ja 20 %) esiliisteröityä tärkkelystä.

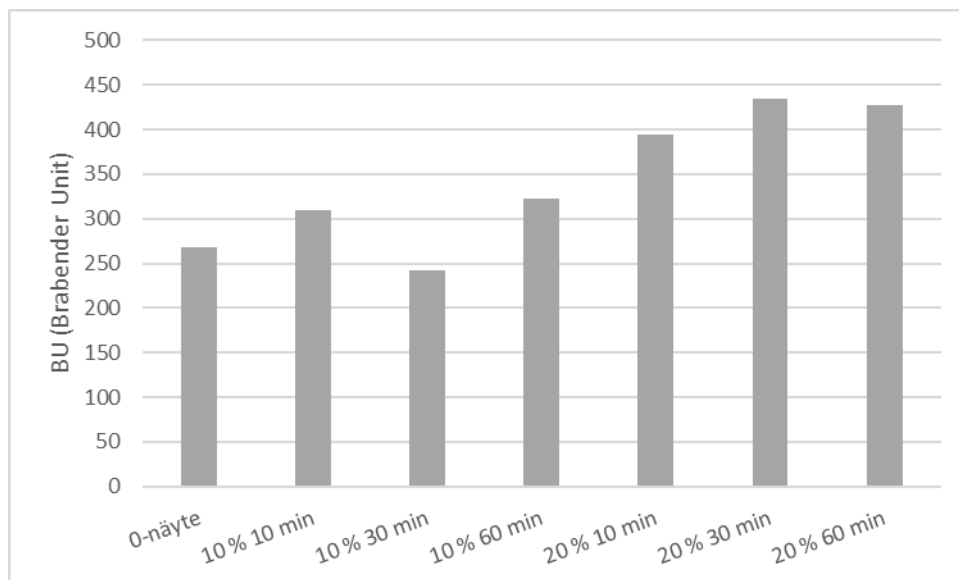
6.4 Esiliisteröity kaurajauho (kaurajauho 1) leivonnassa

Esiliisteröidyn kauratärkkelyksen (10 %) käytöllä oli heikentävää vaikutusta taikin leivottavuuteen, kuten gluteeniverkon kehittymiseen ja taikin tarttuvuuteen sekoituksen jälkeen. Kahdella taikinalla (kaurajauho 1, esiliisteröintiäika 10 min ja 60 min) tarttuvuus ja gluteeniverkon kasvu arvioitiin liialliseksi arvolla 7 (arviointiasteikko kuva 11) ja yhdellä

taikinalla (kaurajauho 1, esiliisteröintiäika 30 min) arvolla 4. Taikinan leivottavuuteen ei ollut merkittävää vaikutusta 20-prosenttisen esiliisteröidyn tärkkelyksen käytöllä. Jatkokutkimuksessa tehdyn vesikorjauksen jälkeen taikinan leivottavuus arvioitiin lähelle tavoiteltua arvoa.

6.4.1 Taikinoiden kovuus

Esiliisteröidyn tärkkelyksen (20 %) käyttö kovensi taikinoita huomattavasti verrokinäytteeseen verrattuna (kuva 22). Korkein kovuusarvo (434 BU) saatiin 20 % esiliisteröityä kauratärkkelystä (kaurajauho 1, esiliisteröintiäika 30 minuuttia) sisältäneellä taikinalla. Matalin kovuusarvo (242 BU) saatiin 10 % esiliisteröityä kauratärkkelystä (kaurajauho 1, esiliisteröintiäika 30 minuuttia) sisältäneellä taikinalla. Verrokinäytettä pehmeämmäksi taikinaksi saatiin 10 % esiliisteröityä tärkkelystä (kaurajauho 1, esiliisteröintiäika 30 min) sisältänyt taikina. Taikinat, jotka sisälsivät 20 % esiliisteröityä tärkkelystä, olivat kovuusarvoiltaan korkeampia kuin 10 % esiliisteröityä tärkkelystä sisältäneet taikinat. Kuvassa 22 on esitettyä esiliisteröityä tärkkelystä (kaurajauho 1) sisältäneiden taikinoiden farinografianalyysin tulokset.



Kuva 22. Farinografian tulokset esiliisteröityä kauratärkkelystä (kaurajauho 1) sisältäneillä leivillä.

Jatkokutkimuksessa 10 % esiliisteröityä tärkkelystä sisältäneen taikinan kovuus (354 BU) saatiin lähelle verrokinäytteen kovuutta (taulukko 13). Veden määrän lisääminen laski

kovuusarvoa 10 % esiliisteröityä sisältäneellä taikinalla. Veden määrän korjauksella ei ollut merkittävää vaikutusta 20 % esiliisteröityä kauratärkkelystä sisältäneeseen taikinaan. Taikina, joka sisälsi 20 % esiliisteröityä tärkkelystä, oli kovuusarvoltaan 431 BU, kun esikokeessa vastaava arvo oli 434 BU.

6.4.2 Leipien kosteuspitoisuus

Esiliisteröidyn kauratärkkelyksen (10 %) käyttö taikinoissa nosti valmiiden leipien kosteuspitoisuutta verrokinäytteeseen verrattuna. Mittauksissa korkein kosteuspitoisuus ($39,2 \pm 0,2$ %) mitattiin leivällä, jonka valmistukseen oli käytetty 10 % 30 minuuttia esiliisteröityä kauratärkkelystä (kaurajauho 1). Kyseinen leipä oli myös kaikista esikokeessa leivotuista leivistä kostein. Leipä, joka sisälsi 10 % esiliisteröityä kauratärkkelystä (kaurajauho 1, esiliisteröintiaika 10 min) oli kosteuspitoisuudeltaan $38,2 \pm 0,2$ %. Leivistä, jotka sisälsivät 10 % esiliisteröityä kauratärkkelystä, oli kosteuspitoisuudeltaan matalin ($37,9 \pm 0,3$ %) 60 minuuttia esiliisteröityä tärkkelystä sisältänyt leipä.

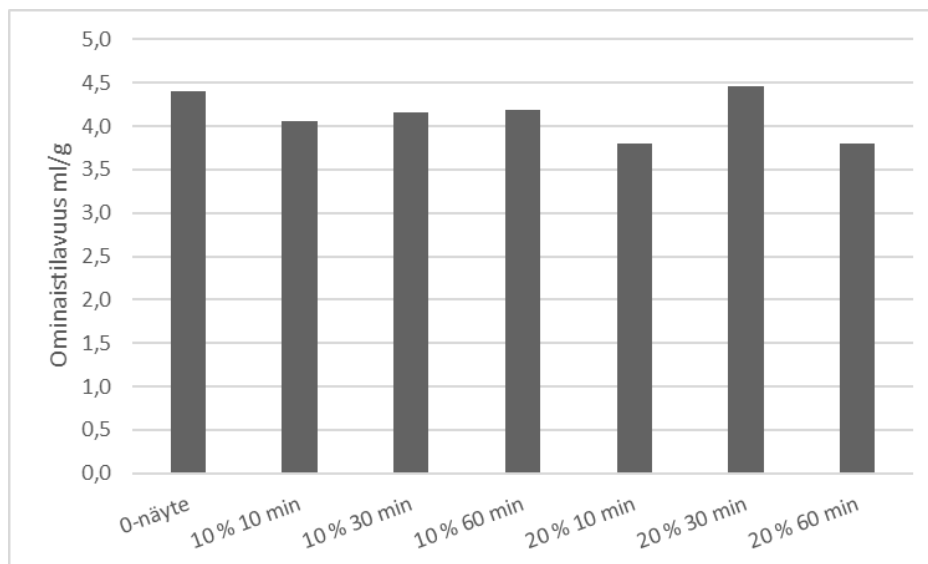
Leivistä, jotka sisälsivät 20 % esiliisteröityä tärkkelystä, kosteimmaksi osoittautui leipä, joka sisälsi 60 minuuttia esiliisteröityä tärkkelystä. Kahdella muulla (esiliisteröintiaika 10 ja 30 minuuttia) 20 % esiliisteröityä tärkkelystä sisältäneillä leivillä mitattiin sama kosteuspitoisuus ($35,4 \pm 0,3$ %).

Jatkotutkimuksessa veden määrän lisäyksellä ei ollut merkittävää vaikutusta sitoutuneen veden määrään (taulukko 14). Leipä, joka sisälsi 10 % esiliisteröityä kauratärkkelystä (kaurajauho 1, esiliisteröintiaika 30 min), oli tulosten perusteella jatkotutkimuksessa leivotuista leivistä kostein ($37,9 \pm 0,3$ %). Leipä, joka sisälsi 20 % esiliisteröityä tärkkelystä (esiliisteröintiaika 30 min) oli veden määrän korjauksen jälkeen kosteuspitoisuudeltaan $37,6 \pm 0,2$ %.

6.4.3 Ominaistilavuus

Leipä, jonka valmistukseen käytettiin 20 % esiliisteröityä kauratärkkelystä (kaurajauho 1, esiliisteröintiaika 30 min), oli ominaistilavuudeltaan (4,5 ml/g) hyvin lähellä verrokinäytteen ominaistilavuutta (4,4 ml/g). Kuvassa 23 on esitetty esiliisteröityä kauratärkkelystä (kaurajauho 1) sisältäneiden leipien ominaistilavuudet. Leivistä, joiden valmistukseen käytettiin esiliisteröityä kauratärkkelystä (kaurajauho 1), suurin ominaistilavuus (4,5 ml/g)

oli 20 % esiliisteröityä tärkkelystä (esiliisteröintiäika 30 min) sisältäneellä leivällä. Kyseinen leipä oli myös esikokeessa leivotuista leivistä ominaistilavuudeltaan suurin. Kuvassa 16 on esitetty esikokeessa leivotuista leivistä ominaistilavuudeltaan suurimman ja pienimmän leivän poikkileikkaus- ja halkaisukuvat. Esiliisteröityä kauratärkkelystä (kaurajauho 1) sisältäneistä leivistä pienin ominaistilavuus (3,8 ml/g) mitattiin kahdella eri leivällä (20 %, esiliisteröintiäika 10 min ja 60 min).



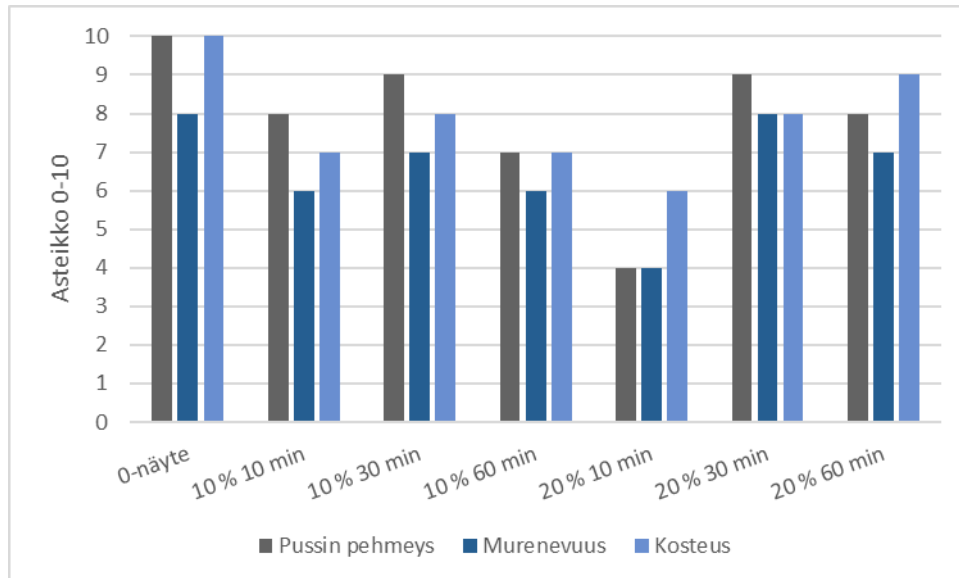
Kuva 23. Ominaistilavuus esiliisteröityä kauratärkkelystä (kaurajauho 1) sisältäneillä leivillä.

Jatkotutkimuksessa 10 % esiliisteröityä tärkkelystä (esiliisteröintiäika 30 min) sisältäneiden leipien ominaistilavuus kasvoi hieman, sillä jatkotutkimuksessa ominaistilavuus oli 4,0 ml/g, kun esikokeen vastaava arvo oli 3,7 ml/g (taulukko 15). Leipä, joka sisälsi 20 % esiliisteröityä tärkkelystä oli jatkotutkimuksessa ominaistilavuudeltaan 3,5 ml/g, kun esikokeessa vastaava arvo oli 4,5 ml/g. Kuvassa 17 on jatkotutkimuksessa leivottujen leipien halkaisukuvat.

6.4.4 Aistinvarainen arviointi

Leipä, jonka valmistukseen oli käytetty 20 % esiliisteröityä kauratärkkelystä (kaurajauho 1, esiliisteröintiäika 30 min), arvioitiin aistinvaraisilta ominaisuuksiltaan lähelle verrokki-näytettä. Kuvassa 24 on esitettyä esiliisteröityä tärkkelystä sisältäneiden leipien neljän- nen vuorokauden aistinvaraisen arvioinnin tulokset. Aistinvaraisessa arvioinnissa esiliisteröityä kauratärkkelystä (kaurajauho 1) sisältäneistä leivistä ominaisuuksiltaan

heikoimmaksi arvioitiin 20 % esiliisteröityä tärkkelystä (esiliisteröintiäika 10 min) sisältänyt leipä. Ominaisuuksiltaan parhaimmaksi leiväksi arvioitiin 20 % esiliisteröityä tärkkelystä (esiliisteröintiäika 30 min) sisältänyt leipä. Kyseisen leivän aistinvaraiset ominaisuudet arvioitiin lähes verrokinäytteen tasolle. Leivistä, jotka sisälsivät 10 % esiliisteröityä tärkkelystä, parhaimmaksi arvioitiin 30 minuuttia esiliisteröityä tärkkelystä sisältänyt leipä.



Kuva 24. Aistinvarainen arviointi (4 vrk) esiliisteröityä vehnätärkkelystä sisältäneillä leivillä.

Jatkotutkimuksessa aistinvaraisilta ominaisuuksiltaan 10 % esiliisteröityä kauratärkkelystä (kaurajauho 1, 30 minuutin esiliisteröintiäika) sisältänyt leipä arvioitiin hyvin samantyyppiseksi kuin verrokinäyte. Leipä, joka sisälsi 20 % esiliisteröityä kauratärkkelystä, oli arvioitu aistinvaraisilta ominaisuuksiltaan hieman esikokeen tuloksia heikommaksi. Jatkotutkimuksessa leivottujen palaleipien aistinvaraisen arvioinnin tulokset on esitetty kuvassa 19.

6.4.5 Rakennemittaus

Seuranta-aikana pienin muutos kovuudessa oli tapahtunut 10 % esiliisteröityä kauratärkkelystä (kaurajauho 1, esiliisteröintiäika 30 min) sisältäneellä leivällä. Ensimmäisen vuorokauden mittauksissa 10 % esiliisteröityä kauratärkkelystä sisältänyt leipä oli mitatuista leivistä verrokinäytteen jälkeen pehmein (1,64 kg). Ensimmäisen vuorokauden

mittauksissa leipä, joka sisälsi 20 % esiliisteröityä tärkkelystä, oli kg-arvoltaan 2,03. Rakennemittauksien tulokset on esitetty kuvassa 21.

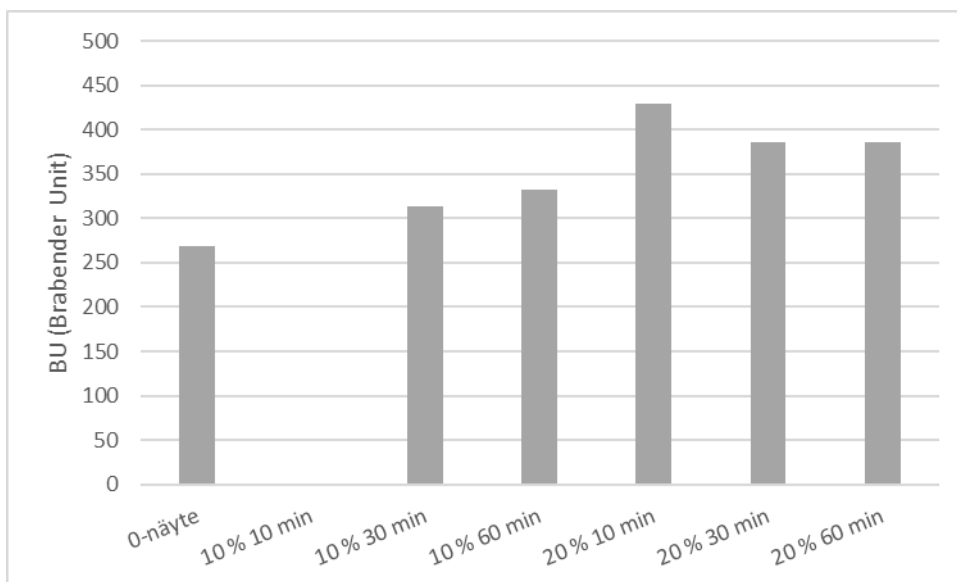
Pienin muutos rakenteessa (0,26 kg) seuranta-aikana oli tapahtunut 10 % esiliisteröityä kauratärkkelystä (kaurajauho 1, 30 minuutin esiliisteröinti-aika) sisältäneellä leivällä. Esiliisteröityä kauratärkkelystä (kaurajauho 1, 30 min liisteröitymisaika) 20 % sisältäneessä leivässä oli tapahtunut suurin muutos kovuudessa (0,59 kg) seuranta-aikana.

6.5 Esiliisteröity kauratärkkelys (kaurajauho 2) leivonnassa

Esiliisteröidyn tärkkelyksen (10 %) käyttö vaikutti heikentävästi taikinoiden leivottavuuteen. Esiliisteröidyn tärkkelyksen käyttö vaikutti tarttuvuuteen sekoituksen jälkeen, gluteeniverkon kasvuun ja muodonpitävyyteen. Tarttuvuus arvioitiin liialliseksi arvolla 7 (arviointiasteikko kuva 11) kahdella taikinalla (kaurajauho 2, 10 %, esiliisteröinti-aika 10 min ja 60 min) ja arvolla 4 yhdellä taikinalla (kaurajauho 2, 10 %, esiliisteröinti-aika 30 min). Gluteenin kasvu arvioitiin liialliseksi arvolla 7 yhdellä taikinalla (kaurajauho 2, 10 %, esiliisteröinti-aika 10 min) ja vähäiseksi arvolla 7 kahdella taikinalla (esiliisteröinti-aika 30 min ja 60 min). Esiliisteröidyn tärkkelyksen (10 %) käyttö vaikutti muodonpitävyyteen heikentävästi (arvo 7) kaikissa taikinoissa.

6.5.1 Taikinoiden kovuus

Esiliisteröityä kauratärkkelystä (20 %) sisältäneet taikinat olivat kovuudeltaan verrokkinäytteen taikinaa kovempia. Korkein kovuusarvo (430 BU) saatiin 20 % esiliisteröityä tärkkelystä (esiliisteröinti-aika 30 min) sisältäneellä taikinalla. Matalin kovuusarvo (313 BU) saatiin 10 % esiliisteröityä tärkkelystä (esiliisteröinti-aika 30 min) sisältäneellä taikinalla. Kuvassa 25 on esitetty esiliisteröityä kauratärkkelystä (kaurajauho 2) sisältäneiden taikinoiden kovuusarvot. Tuloksista puuttuu esiliisteröityä kauratärkkelystä (kaurajauho 2, 10 %, esiliisteröinti-aika 10 minuuttia) sisältäneen taikinan kovuusarvo, sillä farinografin toiminnassa oli häiriötä, jolloin tulosta ei voitu pitää luotettavana.



Kuva 25. Farinografan tulokset esiliisteröityä kauratärkkelystä (kaurajauho 2) sisältäneillä taikinoilla.

6.5.2 Leipien kosteuspitoisuus

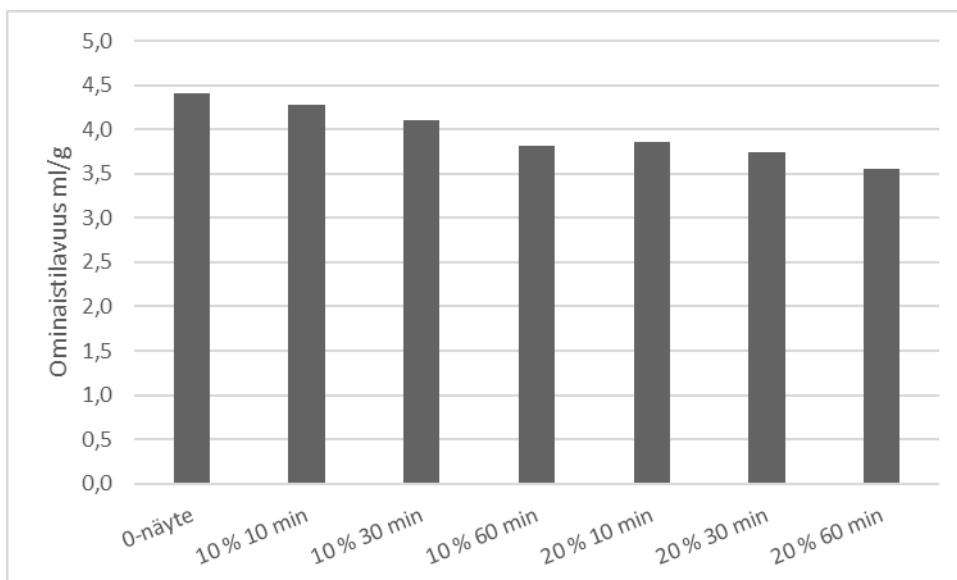
Esiliisteröidyn tärkkelyksen (10 %) käytön johdosta valmiiden leipien kosteuspitoisuus oli korkeampi kuin verrokinäytteen kosteuspitoisuus. Leivistä, jotka sisälsivät 10 % esiliisteröityä kauratärkkelystä (kaurajauho 2), kosteimmaksi ($38,5 \pm 0,2$ %) mitattiin 10 minuuttia esiliisteröityä tärkkelystä sisältänyt leipä. Kosteuspitoisuudeltaan kuivimmaksi leiväksi ($37,4 \pm 0,2$ %) mitattiin 30 minuuttia esiliisteröityä tärkkelystä sisältänyt leipä. Leipä, joka sisälsi 10 % 60 minuuttia esiliisteröityä tärkkelystä, oli kosteuspitoisuudeltaan $38,1 \pm 0,1$ %.

Leivistä, jotka sisälsivät 20 % esiliisteröityä kauratärkkelystä (kaurajauho 2), kosteimmaksi ($37,0 \pm 0,2$ %) mitattiin 60 minuuttia esiliisteröityä tärkkelystä sisältänyt leipä. Kuivimmaksi ($36,1 \pm 0,3$ %) osoittautui 30 minuuttia esiliisteröityä tärkkelystä sisältänyt leipä. Leipä, joka sisälsi 10 minuuttia esiliisteröityä tärkkelystä, oli kosteuspitoisuudeltaan $36,3 \pm 0,3$ %.

6.5.3 Ominaistilavuus

Esiliisteröidyn kauratärkkelyksen (kaurajauho 2) käytöllä ei ollut merkittävää vaikutusta leipien ominaistilavuuteen (kuva 26). Esiliisteröityä kauratärkkelystä (kaurajauho 2)

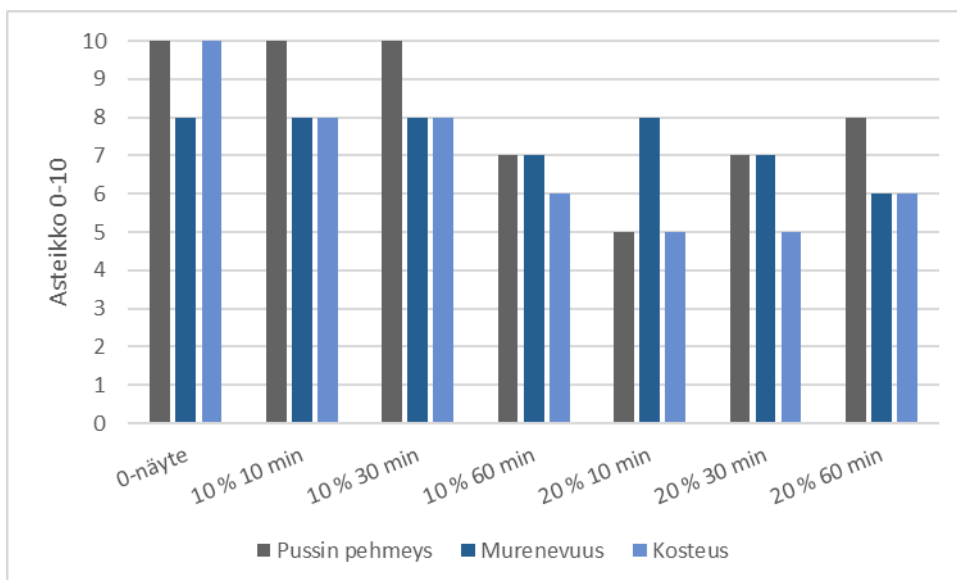
sisältäneillä leivillä suurin ominaistilavuus oli 4,4 ml/g. Suurin ominaistilavuus saatiin 10 % esiliisteröityä täkkelystä (esiliisteröintiäika 10 min) sisältäneellä leivällä. Pienin ominaistilavuus (3,6 ml/g) oli 20 % esiliisteröityä täkkelystä (esiliisteröintiäika 60 min) sisältäneellä leivällä. Kuvassa 26 on esitetty esiliisteröityä kauratäkkelystä (kaurajauho 2) sisältäneiden leipien ominaistilavuus.



Kuva 26. Ominaistilavuus esiliisteröityä kauratäkkelystä (kaurajauho 2) sisältäneillä leivillä.

6.5.4 Aistinvarainen arviointi

Esiliisteröidyn täkkelyksen (20 %) käyttö heikensi aistinvaraisia ominaisuuksia (kosteus ja pehmeys). Leivät, jotka sisälsivät 10 % esiliisteröityä täkkelystä (esiliisteröintiajat 10 min ja 30 min), arvioitiin lähes verrokinäytteen kaltaisiksi. Esiliisteröintiajalla 60 minuuttia (10 % esiliisteröityä täkkelys) aistinvaraiset ominaisuudet arvioitiin heikommiksi kuin kahdella muulla 10 % esiliisteröityä täkkelystä sisältäneellä leivällä. Leivät, jotka sisälsivät 20 % esiliisteröityä täkkelystä, arvioitiin selvästi heikommaksi aistinvaraisilta ominaisuuksiltaan. Esiliisteröityä kauratäkkelystä (kaurajauho 2) sisältäneiden leipien neljännen vuorokauden aistinvaraisen arvioinnin tulokset on esitetty kuvassa 27.



Kuva 27. Aistinvarainen arviointi (4 vrk) esiliisteröityä kauratärkkelystä (kaurajauho 2) sisältäneillä leivillä.

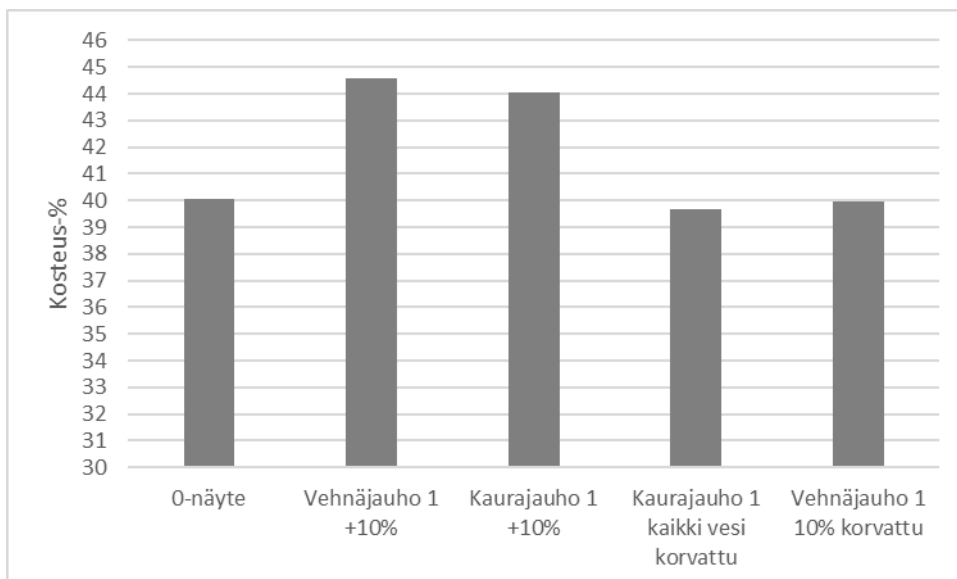
6.6 Vuokaleivän leivonta esiliisteröidyillä tärkkelyksillä

Esiliisteröidyn tärkkelyksen käytöllä ei ollut merkittävää vaikutusta vuokaleipien ominaisuuksiin (kuva 29). Vuokaleipien uusintaleivonnoissa tehdyn veden määrän muutoksen jälkeen kaikki vuokaleivät olivat ominaisuuksiltaan hyvin samanlaisia (kuva 30). Vuokaleivonnoissa verrokinäyte oli taikinakovuudeltaan 442 BU. Taikinat, joihin lisättiin 10 % esiliisteröityä tärkkelystä ilman taikinaan tulevan veden määrän korvausta, olivat hyvin löysiä ja kovuusarvoiltaan matalia. Esiliisteröityä vehnätärkkelystä (vehnä jauho 1) sisältänyt leipä oli kovuudeltaan 210 BU ja esiliisteröityä kauratärkkelystä (kaurajauho 1) sisältänyt leipä 190 BU. Taikina, jonka kaikki vesi lisättiin esiliisteröidyn tärkkelyksen muodossa, oli kovuudeltaan 389 BU. Taikina, josta korvattiin 10 % esiliisteröityä vehnätärkkelystä, oli kovuudeltaan 428 BU.

Veden määrän korjauksella oli vaikutusta taikinoiden kovuusarvoihin. Esiliisteröityä vehnätärkkelystä sisältänyt taikina oli veden määrän korjauksen jälkeen kovuudeltaan 446 BU ja esiliisteröityä kauratärkkelystä sisältänyt taikina oli 435 BU.

Kuvassa 28 on esitetty ensimmäisten vuokaleipien kosteuspitoisuudet. Vuokaleivonnoissa verrokinäytteen kosteuspitoisuudeksi mitattiin $40,5 \pm 0,1$ %. Korkein

kosteuspitoisuus ($44,6 \pm 0,4$ %) mitattiin leivällä, johon oli lisätty 10 % esiliisteröityä vehnätärkkelystä (vehnä jauho 1). Korkea kosteuspitoisuus ($44,1 \pm 0,2$ %) oli myös leivällä, johon lisättiin 10 % esiliisteröityä kauratärkkelystä (kaurajauho 1). Leipä, jonka taikinana koko vesimäärä lisättiin esiliisteröidyn tärkkelyksen muodossa, oli kosteuspitoisuudeltaan $39,7 \pm 0,4$ %. Leipä, jonka taikinasta korvattiin 10 % esiliisteröidyllä tärkkelyksellä, oli kosteuspitoisuudeltaan $40,0 \pm 0,4$ %.



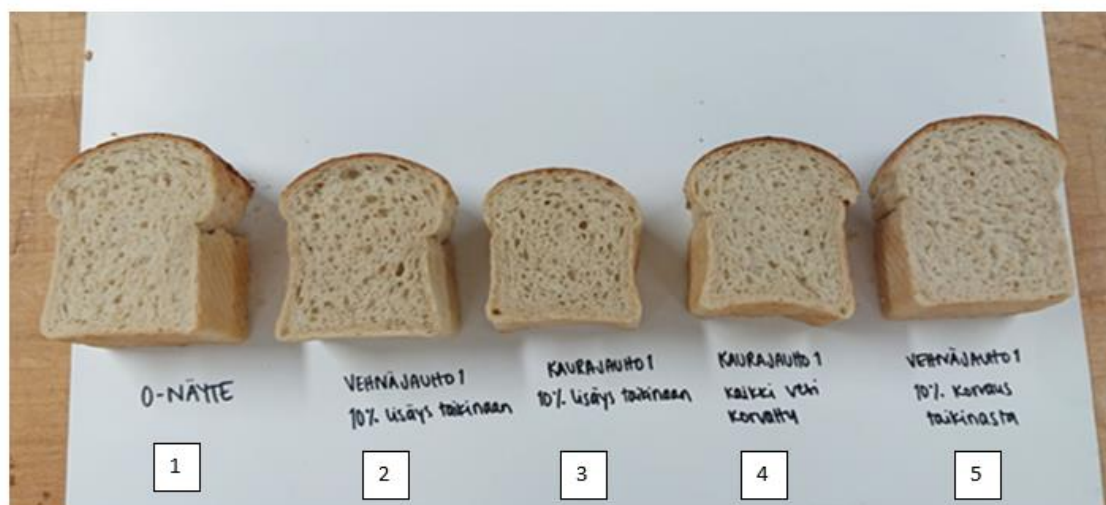
Kuva 28. Jatkotutkimuksessa leivottujen vuokaleipien kosteuspitoisuudet kahden vuorokauden kuluttua leivonnasta.

Uusintaleivonnoissa veden määrän korjauksella oli odotetusti vaikutusta myös kosteuspitoisuuteen. Veden määrän korjauksen jälkeen 10 % esiliisteröityä vehnätärkkelystä sisältäneen leivän kosteuspitoisuudeksi mitattiin $39,5 \pm 0,2$ %. Esiliisteröityä kauratärkkelystä sisältäneen leivän kosteuspitoisuudeksi mitattiin $39,0 \pm 0,4$ %. Uusintaleivonnoissa leivotun verrokinäytteen kosteuspitoisuus oli $39,6 \pm 0,5$ %.

Vuokaleiville ei tehty kuva-analyysia, minkä johdosta leipien ominaistilavuudet laskettiin mittaamalla vuokaleipien korkeus, leveys ja pituus. Vuokaleivät punnittiin ja laskettiin leipien keskiarvopaino, jota käytettiin ominaistilavuuden laskemiseen.

Kuvassa 29 on esitetty ensimmäisessä vuokaleivonnoissa leivottujen leipien poikkileikkaukset. Suurin ominaistilavuus saatiin ensimmäisissä vuokaleivonnoissa verrokinäytteelle ($4,2$ ml/g). Pienin ominaistilavuus ($3,0$ ml/g) oli leivällä, johon lisättiin 10 %

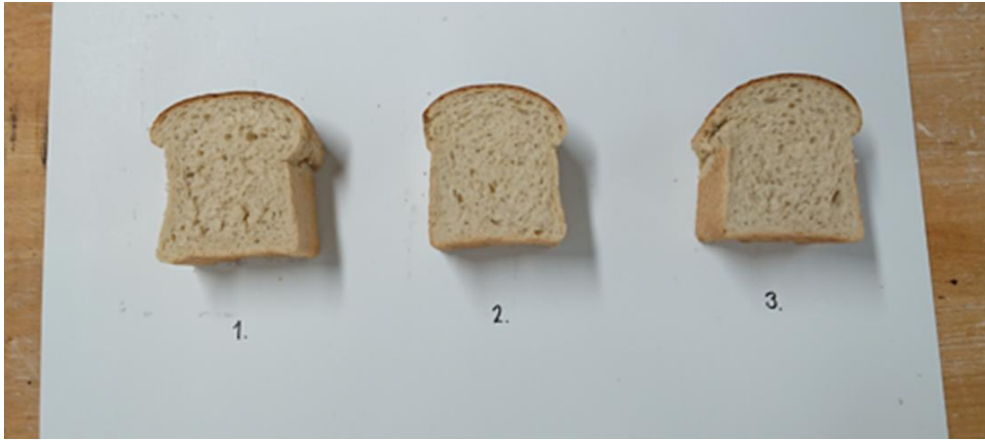
esiliisteröityä kauratärkkelystä. Leipä, johon oli lisätty 10 % esiliisteröityä vehnätärkkelystä, oli ominaistilavuudeltaan 3,6 ml/g. Kuten kuvasta 29 voidaan huomata, vuokaleipien tilavuus poikkesi huomattavasti eri koe-erien välillä. Verrokinäytteeseen vertailtaessa leivät, joihin lisättiin 10 % esiliisteröityä tärkkelystä, olivat tilavuudeltaan huomattavasti pienempiä. Leipä, jossa kaikki taikinan vesi lisättiin esiliisteröidyn tärkkelyksen muodossa, oli ominaistilavuudeltaan 3,2 ml/g. Veden korvaaminen esiliisteröidyllä tärkkelyksellä heikensi vuokaleivän tilavuutta verrokinäytteeseen vertailtaessa. Leipä, jossa taikinasta korvattiin 10 % esiliisteröidyllä vehnätärkkelyksellä, oli ominaistilavuudeltaan 3,8 ml/g.



Kuva 29. Jatkotutkimuksessa leivottujen vuokaleipien poikkileikkauskuva. Kuvassa leipä 1 on 0-näyte, leivässä 2 on taikinaan lisätty 10 % esiliisteröityä vehnätärkkelystä, leivässä 3 on taikinaan lisätty 10 % esiliisteröityä kauratärkkelystä, leivän 4 koko vesimäärä on lisätty esiliisteröidyn kauratärkkelyksen muodossa ja leivässä 5 on taikinasta korvattu 10 % esiliisteröidyllä vehnätärkkelyksellä.

Vuokaleivonnoista toistettiin reseptit, joihin oli lisätty 10 % esiliisteröityä tärkkelystä. Reseptiin tehtiin korjaus veden määrään ennen uusintaleivontoja. Vuokaleipien uusintaleivonnoissa toistettiin myös verrokinäyte. Kuvassa 30 on uusintaleivonnan vuokaleipien poikkileikkauskuva. Veden määrän korjauksella esiliisteröityä vehnätärkkelystä sisältäneen leivän ominaistilavuus pysyi samana, mutta esiliisteröityä kauratärkkelystä sisältäneen leivän ominaistilavuudessa tapahtui selkeä muutos. Esiliisteröityä vehnätärkkelystä sisältäneen leivän ominaistilavuus oli 3,6 ml/g ja esiliisteröityä kauratärkkelystä sisältäneen leivän ominaistilavuus 4,0 ml/g. Uusintaleivonnoissa verrokinäytteen ominaistilavuus oli 3,8 ml/g. Vaikka esiliisteröityä vehnätärkkelystä sisältäneen leivän

ominaistilavuus ei muuttunut veden määrän korjauksen jälkeen, on kuvista 29 ja 30 huomattavissa leivän rakenteessa tapahtunut muutos. Rakenteessa havaitut muutokset olivat huokoiskoon pieneneminen ja kumimaisen rakenteen vähentyminen.



Kuva 30. Jatkotutkimuksessa leivottujen vuokaleipien poikkileikkauskuvat veden määrän korjauksen jälkeen. Kuvassa leipä 1 on 0-näyte, leivässä 2 on taikinaan lisätty 10 % esiliisteröityä vehnätärkkelystä ja leivässä 3 on taikinaan lisätty 10 % esiliisteröityä kauratärkkelystä.

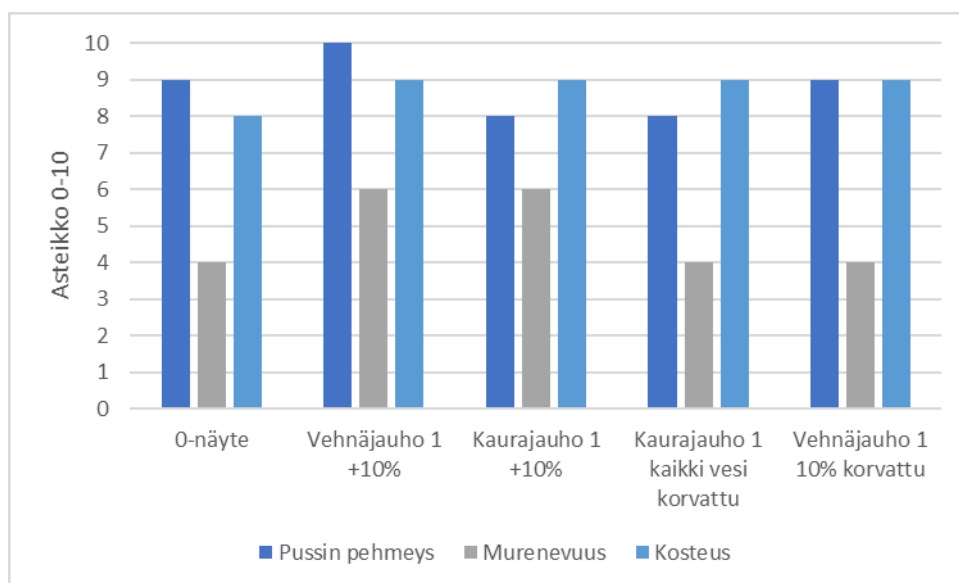
Jatkotutkimuksessa leivottujen vuokaleipien aistinvarainen arviointi suoritettiin muiden koeleivonnoissa tehtyjen leipien tapaan yhden ja neljän vuorokauden ikäisenä. Kuvassa 31 on esitetty valmiit vuokaleivät viipaloituna ja pakattuina.



Kuva 31. Kokeellisessa osassa leivotut vuokaleivät viipaloituna ja pakattuina. Kuvassa leipä 1 on 0-näyte, leivässä 2 on taikinaan lisätty 10 % esiliisteröityä vehnätärkkelystä, leivässä 3

on taikinaan lisätty 10 % esiliisteröityä kauratärkkelystä, leivän 4 koko vesimäärä on lisätty esiliisteröidyn kauratärkkelyksen muodossa ja leivässä 5 on taikinasta korvattu 10 % esiliisteröidyllä vehnätärkkelyksellä.

Kuvassa 32 on esitetty ensimmäisten vuokaleivontojen aistinvaraisen arvioinnin tulokset. Esiliisteröityä tärkkelystä sisältäneet leivät pisteytettiin hyvin verrokinäytteen kaltaisiksi. Murenevuus pisteytettiin kaikissa koe-erissä matalalle. Tuloksiin on voinut vaikuttaa työssä käytetty murenevuuden testausmenetelmä, minkä vuoksi leipä on saattanut vaikuttaa todellista murenevammalta. Leivät, joihin lisättiin esiliisteröityä tärkkelystä, oli arvioitu aistinvaraisesti kosteudeltaan lähes muiden koe-erien tasolle, vaikka kyseisten leipien kosteuspitoisuus oli korkeampi kuin muiden vuokaleipien.



Kuva 32. Jatkotutkimuksessa leivottujen vuokaleipien neljännen vuorokauden aistinvarainen arviointi.

Veden määrän korjauksella ei ollut merkittävää vaikutusta aistinvaraisen arvioinnin tuloksiin leivillä, joihin lisättiin 10 % esiliisteröityä tärkkelystä.

7 Pohdinta ja tulosten tarkastelu

Esikokeen tuloksien perusteella jatkotutkimuksia varten valittiin kaksi jauhoa (vehnäjauho 1 ja kaurajauho 1), kaksi pitoisuutta (10 % ja 20 %) ja yksi keittoaika (30 min). Kaurajauho 1 eli täysjyväkaurajauho valittiin jatkotutkimuksiin, sillä kyseisestä jauhosta valmistettua esiliisteröityä tärkkelystä sisältäneet leivät olivat tulosten perusteella

ominaisuuksiltaan pisteytetty korkeammalle kuin kaurajauholla 2 eli endospermikaurajauholla valmistetut vastaavat leivät. Erot tuloksissa voivat johtua käytettyjen jauhojen erilaisesta kuitupitoisuudesta. Täysjyväkaurajauhon kuitupitoisuus oli 10 g /100 g, kun endospermistä valmistetun kaurajauhon kuitupitoisuus oli 3,5 g /100 g. Kuidut sitovat runsaasti vettä, jolloin korkeamman kuitupitoisuuden johdosta kaurajauho 1:stä valmistettuihin leipiin sitoutui enemmän vettä, kuin kaurajauho 2:sta valmistettuihin leipiin. (Anttila ym. 2003: 80—81; Salovaara 2017: 28, 85.) Leipien ominaistilavuus erityisesti 20 % esiliisteröityä täkkelystä sisältäneissä leivissä oli suurempi kaurajauho 1:llä kuin vastaavissa kaurajauho 2:lla valmistetuissa leivissä. Valmiiden leipien kosteuspitoisuus oli korkeampi kaurajauho 1:llä valmistetuissa leivissä kuin kaurajauho 2:sta valmistetuissa leivissä. Korkeampi kosteusprosentti indikoi sitä, että leipiin onnistuttiin sitomaan enemmän vettä esiliisteröinnin ansiosta. Myös aistinvaraisten arvioinnin tulosten perusteella leivät, jotka sisälsivät 20 % kaurajauho 1:stä valmistettua esiliisteröityä täkkelystä, arviointiin ominaisuuksiltaan paremmiksi kuin kaurajauho 2:sta valmistetut leivät samalla pitoisuudella.

Tuloksia tarkastellessa on otettava huomioon reseptivirhe, minkä johdosta 20 % esiliisteröityä täkkelystä sisältäneisiin taikinoihin lisättiin ylimääräistä jauhoa ilman veden määrän korjausta, sen seurauksena lisätty jauho on voinut vaikuttaa tuloksiin. Myös käsin leivonnasta johtuvien virheiden mahdollisuus on huomioitava. Kaikki taikinat leivottiin samalla tavalla, mutta käsin leivottaessa on voinut tapahtua virheitä, joilla on voinut olla vaikutusta tuloksiin. Virheillä tarkoitetaan taikinan kovuudesta johtuvaa vaihtelua kaulimistuloksessa, paloittelussa ja leipien palapainossa.

Kuumennuksen aikana täkkelysseokseen ei kohdistunut mekaanista sekoitusta, minkä vuoksi jauho laskeutui kuumennuksen aikana pussin pohjalle. Mekaanisen sekoituksen puuttumisen johdosta kaikki esiliisteröidyt täkkelykset eivät olleet koostumukseltaan tasaisia. García-Alonson ym. (1999: 181, 184) mukaan sekoitus täkkelyksen liisteröinnin aikana tuotti tasaisempia seoksia kuin ilman sekoitusta. Ilman mekaanista sekoitusta täkkelysjyväset pysyivät ehjinä esiliisteröinnin ajan. Täkkelysjyvästen rikkoutuminen olisi voinut tuottaa erilaisia tuloksia kuin toteutetulla menetelmällä saatiin, sillä rikkoutuneiden jyvästen vedensidontakyky on monikertainen ehjiin täkkelysjyväsiin verrattuna (Salovaara ym. 2017: 85). Esiliisteröityjen seoksien koostumukseen vaikutti myös täkkelysjyvästen koko ja täkkelyksen vedensidontakyky.

Amylografianalyyssissä viskositeetin kasvun eron syynä voi olla tärkkelysjuvästen erilainen muoto ja veden absorptiokyky sekä kauran sisältämä beetaglukaani. Kauran beetaglukaani sitoo paljon vettä tärkkelyksen lisäksi (Anttila ym. 2003: 80—81). Vehnäjauhon tärkkelysjuväset ovat kooltaan suurempia kuin kauratärkkelyksen juväset, minkä vuoksi veden absorptiokykykin on heikompi. Kauratärkkelys myös sitoo vettä nopeammin, jolloin keittoajalla ei ole suurta merkitystä. Kuten kuvasta 13 voidaan havaita, ei kaurajauhoa sisältäneiden esiliisteröityjen tärkkelyksen koostumus ole muuttunut merkittävästi keittoajasta riippuen. Vehnäjauhoja sisältäneisiin esiliisteröityihin tärkkelyksiin on esiliisteröintiin käytetyllä ajalla ollut huomattavasti enemmän vaikutusta kuin kaurajauhojen esiliisteröintiajalla. Erityisesti 10-prosenttisten suspensioiden koostumukseen on keittoajalla saatu huomattavia eroavaisuuksia. Keittoajan ollessa 10 ja 30 minuuttia oli esiliisteröity tärkkelys koostumukseltaan epätasaista. Kun esiliisteröintiäika oli 60 minuuttia, tärkkelys ehti absorboida vettä enemmän, jolloin esiliisteröidyn vehnätärkkelyksen koostumuksessa oli havaittavissa selkeä muutos.

Esiliisteröidyn tärkkelyksen käytöllä oli havaittavissa jonkin verran vaikutusta taikinan leivottavuuteen. Taikinan leivottavuuden poikkeuksien syynä voi kuitenkin olla riittämätön tai liiallinen sekoitus. Kokeellisessa osassa ei optimoitu sekoitusaikaa, millä on voinut olla vaikutusta taikinoiden ominaisuuksiin ja sen myötä tuloksiin. Erityisesti tarttuvuus sekoituksen jälkeen ja gluteenin kehittymisen heikommat pisteet kertovat mahdollisesta taikinan riittämättömästä tai liiallisesta sekoituksesta.

Esiliisteröidyn tärkkelyksen käytön johdosta vettä sitoutui enemmän leipään, mikä oli huomattavissa erityisesti 10 % esiliisteröityä tärkkelystä sisältäneissä leivissä. Kosteuspitoisuuksiin on voinut vaikuttaa reseptissä havaittu virhe, jonka johdosta taikinaan lisättiin ylimääräistä jauhoa ilman vesikorjauksia 20 % esiliisteröityä tärkkelystä sisältävissä leivissä. Lisätyn ylimääräisen jauhon johdosta taikinassa on ollut liian vähän vettä, minkä seurauksena valmiin leivän kosteuspitoisuus on matalampi kuin olisi laskennallisesti pitänyt olla 20 % esiliisteröityä tärkkelystä sisältävissä leivissä.

Jatkotutkimuksessa lisätyn veden ansiosta taikinan muilla komponenteilla oli enemmän vettä käytettävissä. Esiliisteröityyn tärkkelykseen sitoutunut vesi ei sitonut lisää vettä taikinan teon ja paiston aikana, jolloin lisätty vesi vaikutti muiden komponenttien, kuten gluteenin ja jauhojen tärkkelyksen vettymiseen. Sitoutumaton vesi haihtui paiston aikana

paistohäviönä, jolloin lisätyllä vedellä ei ole ollut vaikutusta kosteuspitoisuuteen eli sitoutuneen veden määrään.

Esiliisteröidyn tärkkelyksen käytöllä on voinut olla vaikutusta leipien ominaistilavuuksiin. Taikinat, jotka sisälsivät 20 % esiliisteröityä tärkkelystä, olivat kovusarvoiltaan korkeampia, millä on voinut olla vaikutusta ominaistilavuuden tuloksiin. Kovempi taikina ei nostatuksen aikana nouse yhtä hyvin kuin pehmeämpi taikina, jolloin leivän tilavuus on jäänyt pienemmäksi.

Jatkotutkimuksessa saatuihin ominaistilavuuksiin on voinut vaikuttaa useampi tekijä. Jatkotutkimuksessa kuva-analyysi tehtiin kokonaisilla halkaisemattomilla leivillä, joten on mahdollista, että esikokeessa tehty kuva-analyysi halkaistulla leivillä on antanut todellista suuremman mittaustuloksen leivän korkeudesta, millä on voinut olla vaikutusta laskeutuihin ominaistilavuuksiin. Taikinassa on voinut olla veden lisäämisestä huolimatta liian vähän vettä saatavilla muille komponenteille, jolloin gluteeni on saanut heikosti vettä, mikä voi vaikuttaa sitkon syntyyn ja valmiin leivän tilavuuteen (Salovaara ym. 2017: 85).

Osassa esiliisteröityä tärkkelystä sisältäneissä leivissä havaittiin leikkauspinnalla taikinamaisuutta. Taikinamaisuuden syntyminen saattoi johtua esiliisteröidyn tärkkelyksen epätasaisesta sekoittumisesta taikinain joukkoon. Optimoitu ja riittävä sekoitus olisi voinut estää taikinamaisuuden syntymisen.

Aistinvaraisissa arvioinneissa esiliisteröityä tärkkelystä sisältäneissä leivissä kosteus arvioitiin matalammaksi kuin verrokinäyte, vaikka kosteusmittarilla todettu kosteuspitoisuus oli huomattavassa osassa esiliisteröityä tärkkelystä sisältäneissä leivissä korkeampi kuin verrokinäytteen kosteuspitoisuus. Aistinvaraisen arvioinnin poikkeavuus voi selittyä lopputuotteissa havaitulla taikinamaisuudella. Leipien halkaisupinnassa näkyvä taikinamaisuus saattoi vaikuttaa tuloksiin heikentävästi, sillä leivän epätasalaatuinen leikkauspinta saattoi tuntua sormin tunnusteltaessa todellisuutta kuivemmalta.

Aistinvaraisen arvioinnin tuloksien perusteella huomattiin, että leivän kaurapitoisuutta oli mahdollista kasvattaa ilman huomattavia vaikutuksia lopputuotteeseen ja leivottavuuteen, kunhan kaura oli lisätty taikinaan esikäsitellyssä muodossa. Tämä näkyi erityisesti

20 % esiliisteröityä kauratärkkelystä (kaurajauho 1, esiliisteröintiäika 30 min) sisältäneessä leivässä.

Aistinvaraisesti arvioiden ei hypoteesin mukaista pehmeyttä esiliisteröityä tärkkelystä käyttämällä saavutettu, vaan esiliisteröidyn tärkkelyksen käytöllä huomattiin olevan negatiivista vaikutusta pehmeuteen. Aistinvaraisen arvioinnin tuloksista oli kuitenkin vaikea tehdä suoria johtopäätöksiä, sillä arvioijien määrä ei ollut tilastollisesti riittävä.

Esiliisteröidyn tärkkelyksen käytöllä ei havaittu olevan merkittävää vaikutusta vuokaleipien ominaisuuksiin. Ensimmäisissä vuokaleivonnoissa kahteen taikinaan lisättiin 10 % esiliisteröityä tärkkelystä (vehnäjauho 1 ja kaurajauho 1) ilman veden määrän korjausta, minkä johdosta taikinoissa oli liikaa vettä. Liiallisen veden johdosta taikina oli hyvin löysää ja taikinat vaikuttivat sekoituksen jälkeen keskeneräisiltä, mikä viittaisi siihen, ettei sekoitusaika ole ollut riittävä kyseisillä taikinoilla. Liiallinen veden määrä vaikutti myös kosteuspitoisuuteen ja ominaistilavuuteen. Veden määrän korjauksen jälkeen kyseisten leipien ominaisuudet olivat muiden näytteiden kaltaisia, jolloin esiliisteröidyn tärkkelyksen käytöllä ei saavutettu ominaisuuksia parantavia vaikutuksia.

8 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli tutkia esiliisteröidyn tärkkelyksen vaikutusta pala- ja vuokaleipien leivontaan. Työn alustavana hypoteesina toimi ajatus siitä, että vehnäjauhon esiliisteröinnin kautta saataisiin leipään pehmeyttä ja kauran esiliisteröinnillä voisi mahdollisesti vähentää paljon kauraa sisältävän leivän murenevuutta. Vaikka kokeellisessa osassa ei saatu suoraan hypoteesin mukaisia tuloksia, saatiin esiliisteröidyn tärkkelyksen käytöstä paljon tietoa koeleivontojen ja analyysimenetelmien avulla.

Karkeassa vehnäjauhossa olevan tärkkelyksen esiliisteröinti nostatti palaleipiin sitoutuneen veden määrää leivässä, mutta teki taikinoista verrokinäytettä kovempia. Esiliisteröidyn vehnätärkkelyksen käyttö ei tuonut toivottuja parannuksia vuokaleipien ominaisuuksiin. Täysjyväkaurajauhossa olevan tärkkelyksen esiliisteröinti nostatti leipiin sitoutuneen veden määrää ja vaikutti taikinoiden kovuuteen erityisesti 20 % esiliisteröityä tärkkelystä sisältäneillä taikinoilla. Vuokaleipiin esiliisteröidyn kauratärkkelyksen (kaurajauho 1) käytöllä ei ollut merkittävää vaikutusta. Kauran endospermijauhossa olevan

tärkkelyksen esiliisteröinti nostatti leipiin sitoutuneen veden määrää. Esiliisteröidyn tärkkelyksen (kaurajauho 2) käyttö vaikutti heikentävästi taikinoiden leivottavuuteen, tehden niistä tarttuvampia ja häiriten gluteeniverkon kasvua.

Kokeellisessa osassa saatiin tärkkelyksen esiliisteröinnistä tarpeellista tietoa mahdollisten tulevien tutkimusten varalle ja uusien tuotteiden kehitykseen. Kaura sitoi 10 minuutin esiliisteröinnin aikana jo huomattavasti vettä eikä esiliisteröidyn tärkkelyksen rakenteessa ollut havaittavissa muutosta esiliisteröintiajan pidentyessä. Tämän johdosta kauran esiliisteröintiaika voitiin pitää kohtuullisen lyhyenä.

Esiliisteröidyn tärkkelyksen vaikutukset riippuivat käytetystä tärkkelyksestä sekä sen pitoisuudesta. Palaleivissä vesi onnistuttiin sitouttamaan leipään esiliisteröidyn tärkkelyksen ansiosta, mikä näkyi kasvaneena kosteuspitoisuutena. Tuloksista oli myös huomattavissa, että esiliisteröinnin ansiosta leivän kaurapitoisuutta voidaan nostaa ilman merkittäviä vaikutuksia leivontaan tai valmiin leivän ominaisuuksiin.

Esiliisteröidyn tärkkelyksen käytöllä ei saavutettu haluttuja etuja vuokaleivonnassa. Jatkotutkimuksessa leivotuissa vuokaleivissä ei havaittu merkittäviä eroavaisuuksia verrokkinäytteeseen. Vuokaleivonnassa esiliisteröidyn tärkkelyksen käyttö ei tuonut lisäarvoa, muttei myöskään vaikuttanut heikentävästi vuokaleipien laatuun tai ominaisuuksiin.

Tutkimusten jatkamista varten tulisi tehdä tarkennuksia koeolosuhteisiin. Mekaanisen sekoituksen lisääminen esiliisteröintiin voisi tuoda mahdollisesti erilaisia tuloksia, sillä mekaanisen sekoituksen yhteydessä isompi osa tärkkelysjyväsistä rikkoutuisi, mikä parantaisi vedensidontakykyä. Jauhoille pidemmän amylografimittauksen suorittaminen voisi olla kannattavaa, sillä silloin olisi mahdollista tarkastella viskositeetin muutosta tärkkelysjyvien vedensidonnan ja rikkoutumisen jälkeen. Jatkoa varten tulisi taikinoiden sekoitusaika optimoida, sillä esiliisteröidyn tärkkelyksen käytöllä voi olla vaikutusta tarvittavaan sekoitusaikaan. Esiliisteröityä tärkkelystä sisältäneillä leivillä tulisi myös suorittaa mikrobiologisen säilyvyyden seuranta. Säilyvyyden kannalta myös leipien vedenaktiivisuus olisi hyvä määrittää.

Tutkimuksessa saatuja tietoja ja esiliisteröidyn tärkkelyksen käyttöä voitaisiin hyödyntää tuotekehityksessä. Esiliisteröidyn tärkkelyksen käyttöä voitaisiin soveltaa eri viljoilla ja

tutkia esimerkiksi erilaisten raaka-aineiden, kuten kasvisten, lisäämistä taikinaan esi-
liisteröidyn tärkkelyksen mukana.

Lähteet

Abbas, K.A & Khalil, Sahar & Hussin, Anis. 2010. Modified Starches and Their Usages in Selected Food Products: A Review Study. *Journal of Agricultural Science*. Vol. 2. No. 2, s. 90—100.

Anttila, Heli; Sontag-Strohm, Tuula & Salovaara, Hannu. 2003. Viscosity of beta-glucan in oat products. *University of Helsinki. Agricultural and Food Science*. Vol.13, s. 80—87.

Ashogbon, Adeleke. 2018. Current Research Addressing Physical Modification of Starch from Various Botanical Sources. *Scient Open Access Journal: Global Nutrition and Dietetics*. Vol.1, s. 1—7.

Brabender. 2009. *Instruction Manual: Amylograph-E. Käyttöohje*. Germany: Brabender GmbH & Co. KG.

BeMiller, James & Whistler, Roy. 2009. *Starch: Chemistry and Technology*. United States of America: Academic Press.

Cauvain, Stanley & Young, Linda. 2007. *Technology of Breadmaking*. United States of America: Springer.

Choi, S & Kerr, W. 2003. Water mobility and textural properties of native and hydroxypropylated wheat starch gels. *Department of Food Science and Technology*. USA: Elsevier Ltd, s. 1—8.

Correa, Maria; Pérez, Gabriela & Ferrero, Cristina. 2011. *Pectin as Breadmaking Additives: Effect on Dough Rheology and Bread Quality*. Springer: Food and Bioprocess Technology, s. 1—10.

Deffenbaugh, L & Walker, C. 1988. Comparison of Starch Pasting Properties in the Brabender Viscoamylograph and the Rapid Visco-Analyzer. *American Association of Cereal Chemists, Inc*. Vol.66. No. 6, s. 493—499.

Ferrero, Cristina. 2016. Hydrocolloids in wheat breadmaking: A concise review. Elsevier: Food Hydrocolloids. Vol 68, s. 15—22.

Gambuś, Halina; Nowotna, Anna; Ziobro, Rafal; Gumul, Dorota & Sikora, Marek. 2001. The effect of use guar gum with pectin mixture in gluten-free bread. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities: Food Science and Technology. Vol.4. Is.2, s. 1—10.

García-Alonso, A; Jiménez-Escrig, A; Martín-Carrón, N; Bravo, L & Saura-Calixto, F. 1999. Assessment of some parameters involved in the gelatinization and retrogradation of starch. Elsevier Science: Food Chemistry, s. 181—187.

Good Mills GmbH. 2019. Yrityksen sisäinen dokumentti. Saksa.

Guarkumi. 2018. Verkkoaineisto. Evira. Elintarviketurvallisuusvirasto. <<https://www.evira.fi/elintarvikkeet/tietoa-elintarvikkeista/koostumus/elintarvikeparanteet/lisaaineet/e-koodit/e412/>>. Luettu 2.11.2018.

Hoefler, Andrew. 2004. Hydrocolloids. United States of America: American Association of Cereal Chemists.

Huppertz, Klaus. 2018. Food Starch Technology. Diaesitys. Ingredion.

Kauppa- ja teollisuusministeriön asetus elintarvikkeiden pakkausmerkinnöistä 1084/2004. Annettu Helsingissä 2.12.2004.

Kaura. 2018. Verkkoaineisto. Leipätiedotus ry. <<https://www.leipatiedotus.fi/tietoa-leivasta/vilja/kotimaiset-viljat/kaura.html>>. Luettu 21.12.2018.

Kohajdová, Zlatica & Karovičová, Jolana. 2008. Applications of Hydrocolloids as baking improvers. Slovakia: Institute of Biochemical and Food Technology. Chemical Papers. 68, s. 26—38.

Ma, Ching-Yung & Harwalkar, Venkatesh. 1984. Chemical Characterization and Functionality Assessment of Oat Protein Fractions. Canada: Food Research Institute. 32, s. 144—149.

Miller, R; Maningat, C & Hosney, R. 2008. Modified Wheat Starches Increase Bread Yield. American Association for Clinical Chemistry. Vol. 85. No.6, s. 713—715.

Mudgil, D; Barak, S & Khatkar, B. 2011. Guar gum: Processing, properties, and food applications – A review. Journal of Food Science and Technology, s. 409—418.

Natriumkarboksimeetyyliselluloosa, 2018. Verkkoaineisto. Evira. Elintarviketurvallisuusvirasto. <<https://www.evira.fi/elintarvikkeet/tietoa-elintarvikkeista/koostumus/elintarvikeparanteet/lisaaaineet/e-koodit/e466/>>. Luettu 2.11.2018.

Paananen, Matilda. 2019. Tärkkelysjuvänen.

Pektiinit. 2018. Verkkoaineisto. Evira. Elintarviketurvallisuusvirasto. <<https://www.evira.fi/elintarvikkeet/tietoa-elintarvikkeista/koostumus/elintarvikeparanteet/lisaaaineet/e-koodit/e440/>>. Luettu 13.12.28

Perten Instruments. Method Description: RVA Stirling Number Method. Verkkoaineisto. <<https://www.perten.com/Global/Application%20notes/RVA/Wheat,%20barley%20and%20flour%20Stirling%20Number%20method%20-%20RVA%2002.04.pdf>>. Luettu 23.11.2018.

Pylar, E.J & Gorton, L.A. 2008. Baking Science and Technology. United States of America: Sosland Publishing Company.

Saha, Dipjyoti & Bhattacharya; Surendu. 2010. Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review. Journal of Food Science and Technology. 47, s. 587—597.

Salovaara, H; Ignatius, A & Hurri-Martikainen, M. 2017. Leivonnan teknologia: Ruoka-leipä. Helsinki: Suomen Leipuriiliitto.

Sun, Qinjie; Gong, Min; Li, Ying & Xiong, Liu. 2014. Effect of dry heat treatment on the physicochemical properties and structure of proso millet flour and starch. Elsevier Ltd. 110, s. 128—134.

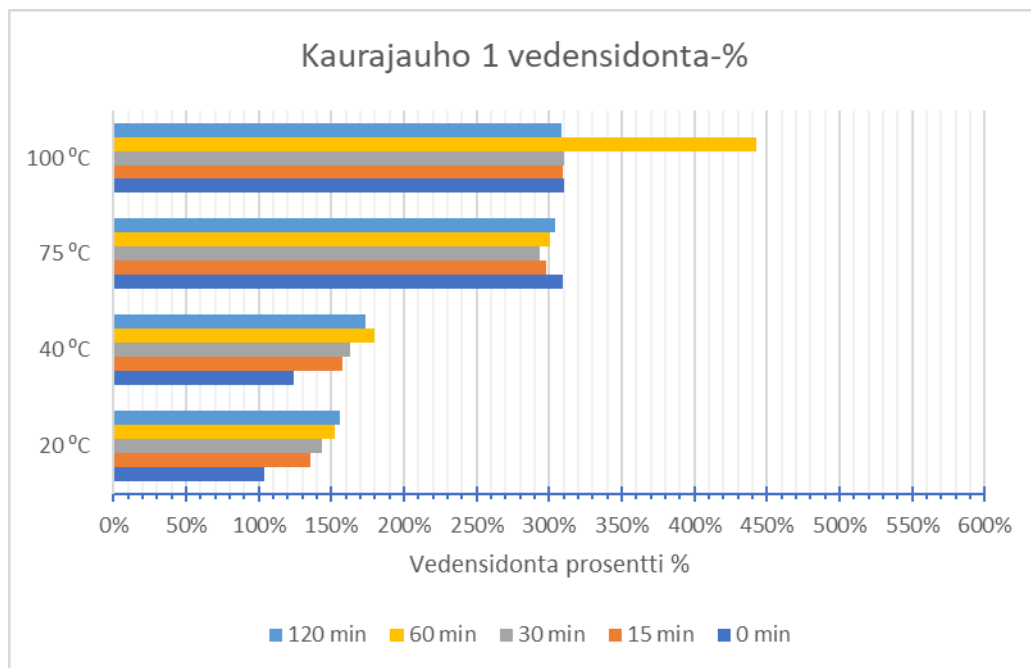
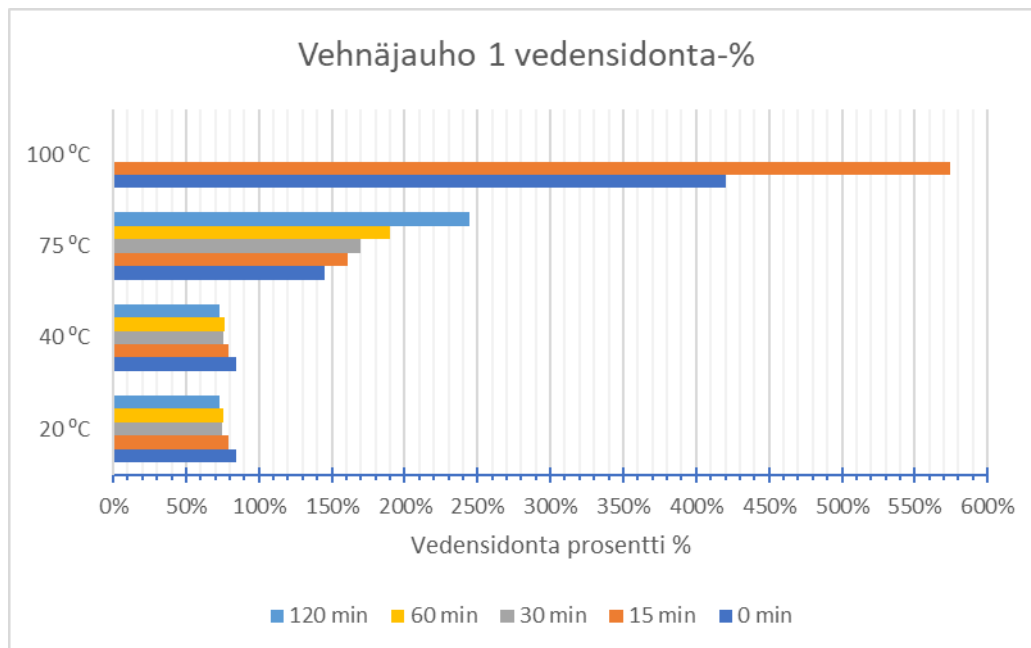
Uniferm oy. 2018. Davisco DG-74. Tuotespesifikaatio. Yrityksen sisäinen dokumentti.

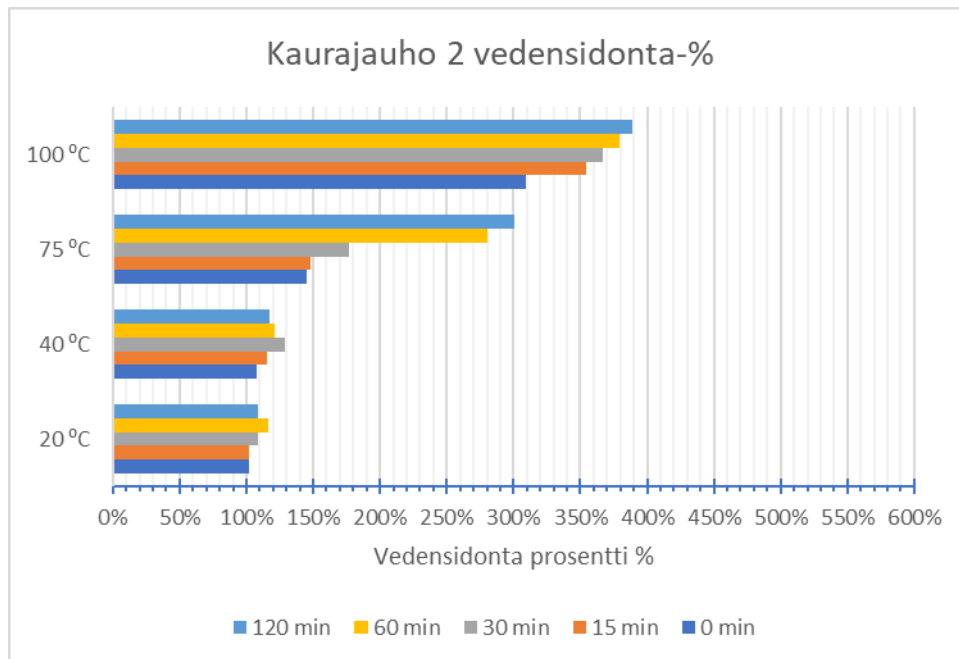
Vehnä. 2018. Verkkoaineisto. Leipätiedotus ry. <<https://www.leipätiedotus.fi/tietoa-leivasta/vilja/kotimaiset-viljat/vehna.html>>. Luettu 27.12.2018.

Wang, Shujun; Li, Caili; Copeland, Li; Niu, Qing & Wang, Shuo. 2015. Starch Retrogradation: A Comprehensive Review. Institute of Food Technologists. Vol.14. Is.5, s. 568—585.

Zavareze, Elessandra & Dias, Alvaro. 2010. Impact of heat-moisture treatment and annealing in starches: A Review. Elsevier Ltd. Vol 83. Is.2, s. 317—328.

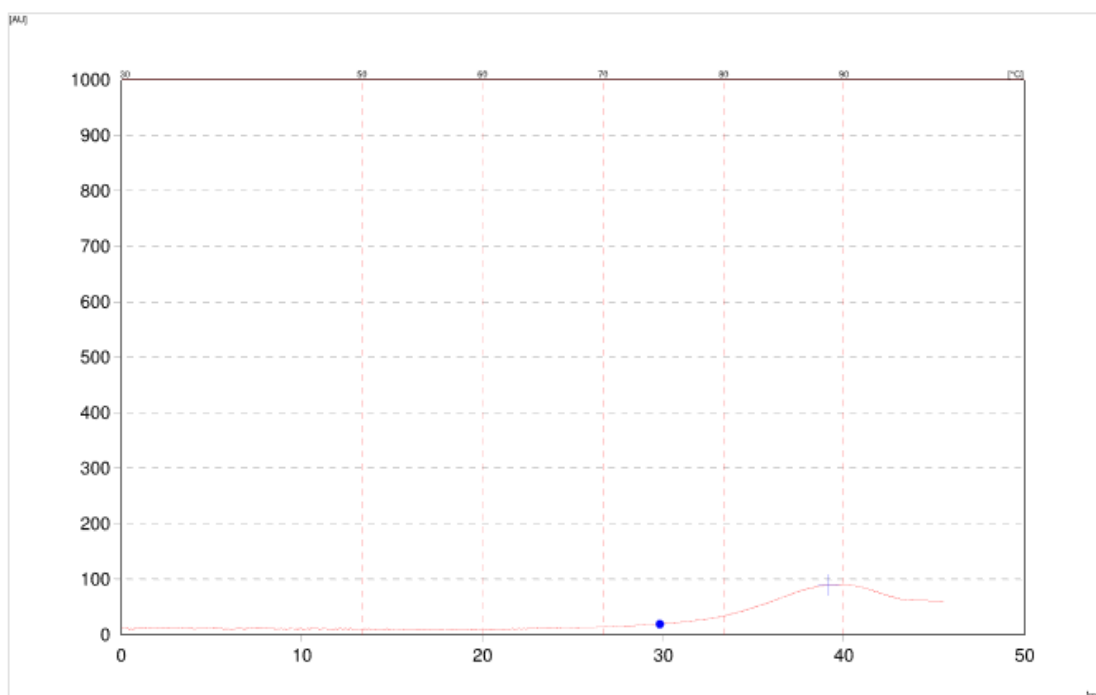
Kokeellisessa osassa käytettyjen jauhojen vedensidontaprosentit





Kokeellisessa osassa käytettyjen jauhojen amylografianalyysin tulokset**Vehnäjauho 1 (11.12.2018)**

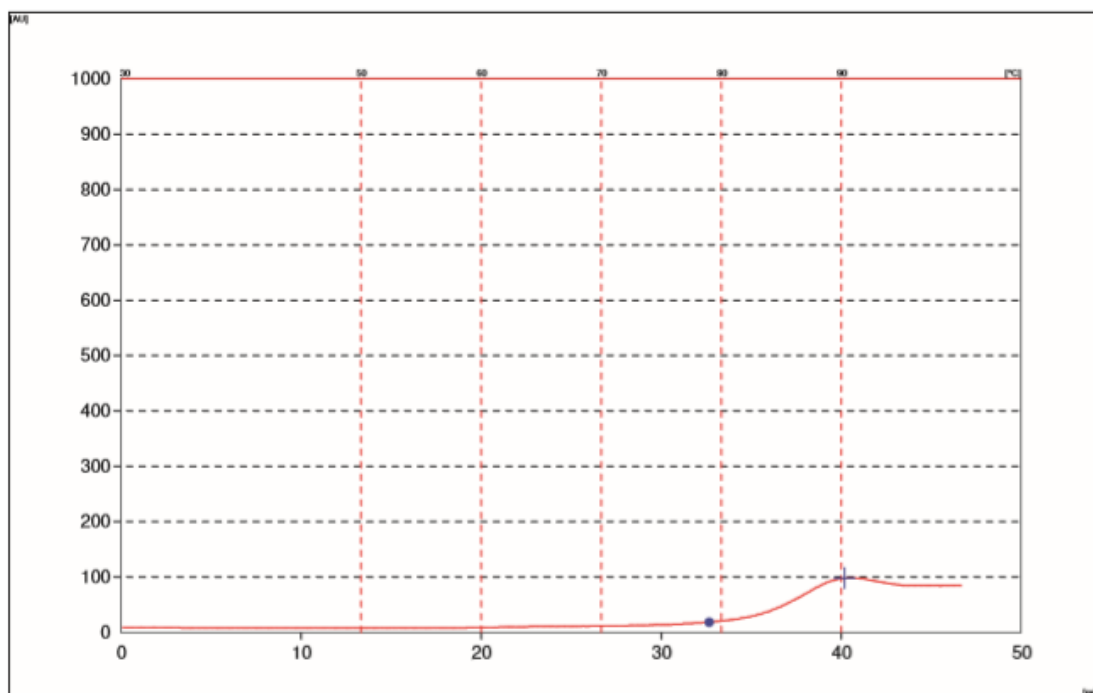
Heating rate: 1,5 °C/min
Moisture: 14,0 %
Sample weight corr. to 14,0 % : (45,0 g / 450,0 ml)
Begin of gelatinization: 74,8 °C
Gelatinization temperature: 88,8 °C
Gelatinization maximum: 90 AU



Vehnäjauho 1 (15.1.2019)

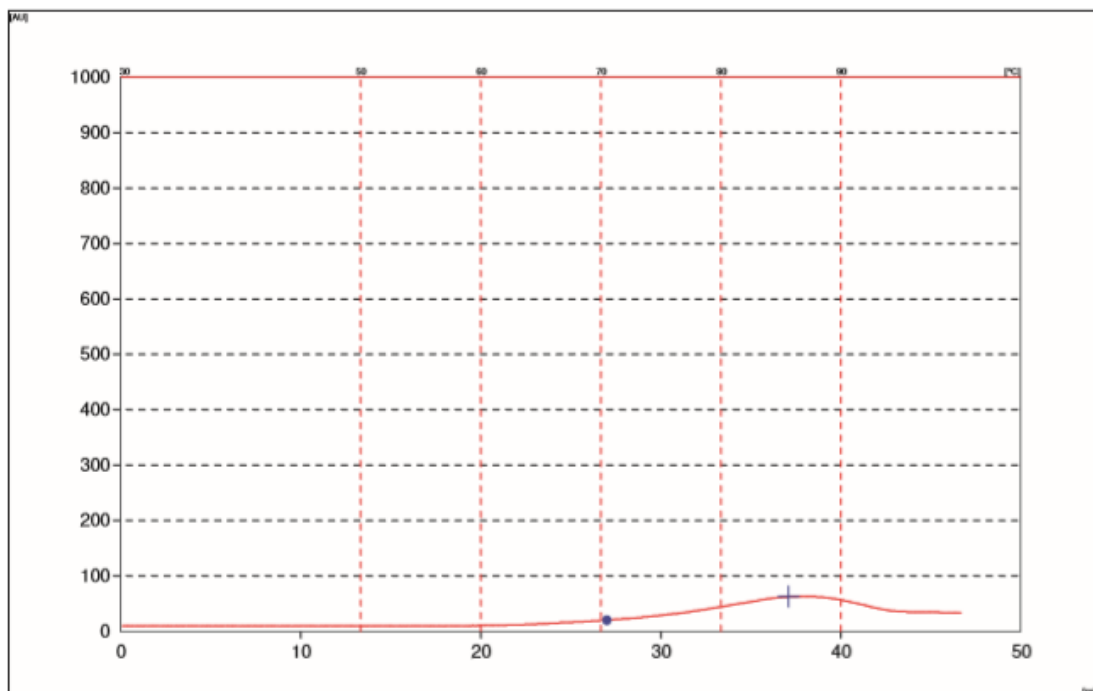
Heating rate: 1,5 °C/min
Moisture: 14,0 %
Sample weight corr. to 14,0 % : (45,0 g / 450,0 ml)

Begin of gelatinization: 79,0 °C
Gelatinization temperature: 90,3 °C
Gelatinization maximum: 98 AU



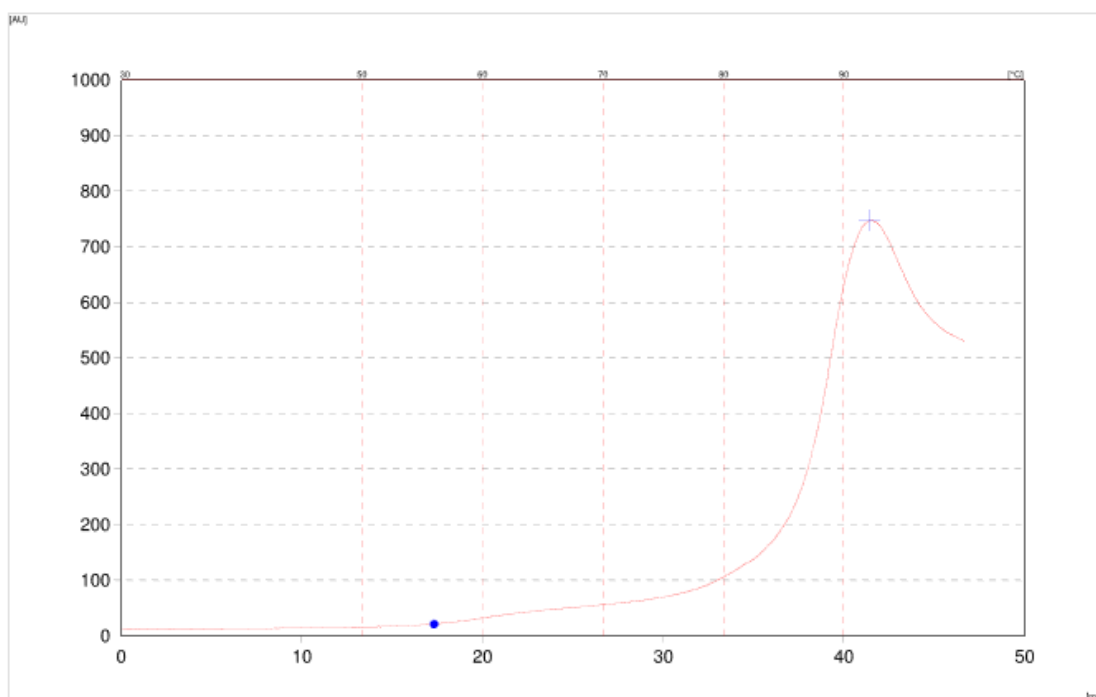
Puolikarkea vehnä jauho (15.1.2019)

Heating rate: 1,5 °C/min
Moisture: 14,0 %
Sample weight corr. to 14,0 % : (45,0 g / 450,0 ml)
Begin of gelatinization: 70,5 °C
Gelatinization temperature: 85,6 °C
Gelatinization maximum: 63 AU



Kaurajauho 1 (11.12.2018)

Heating rate: 1,5 °C/min
Moisture: 14,0 %
Sample weight corr. to 14,0 % : (45,0 g / 450,0 ml)
Begin of gelatinization: 56,0 °C
Gelatinization temperature: 92,1 °C
Gelatinization maximum: 747 AU



Kaurajauho 2 (11.12.2018)

Heating rate: 1,5 °C/min

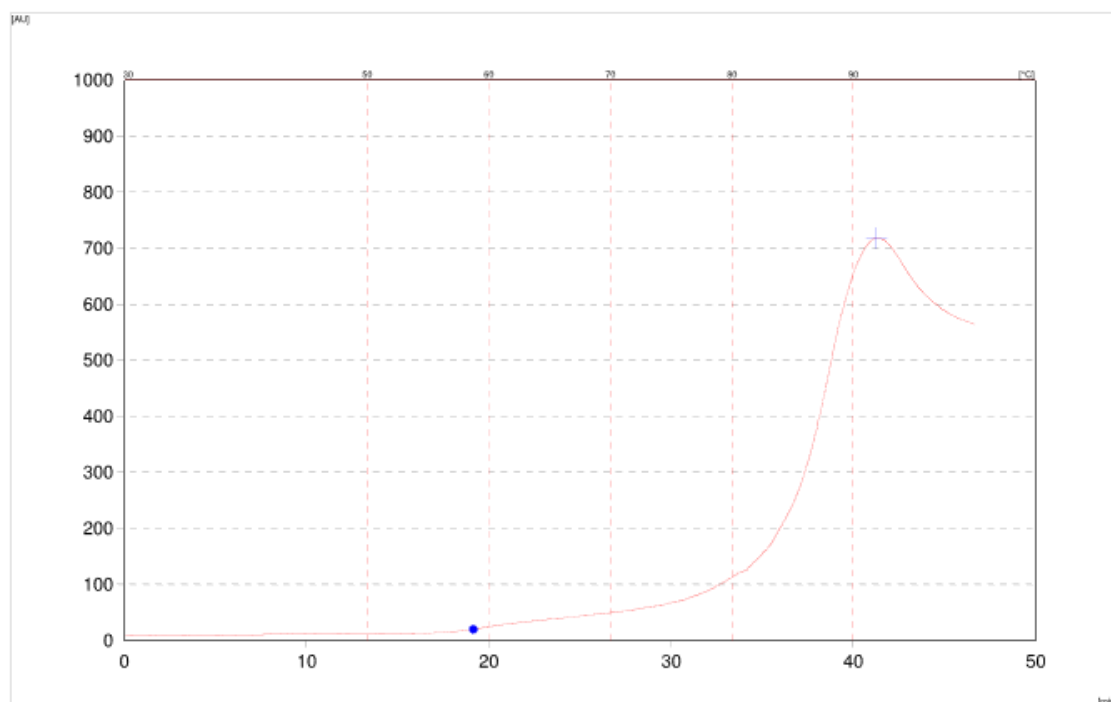
Moisture: 14,0 %

Sample weight corr. to 14,0 % : (45,0 g / 450,0 ml)

Begin of gelatinization: 58,8 °C

Gelatinization temperature: 91,9 °C

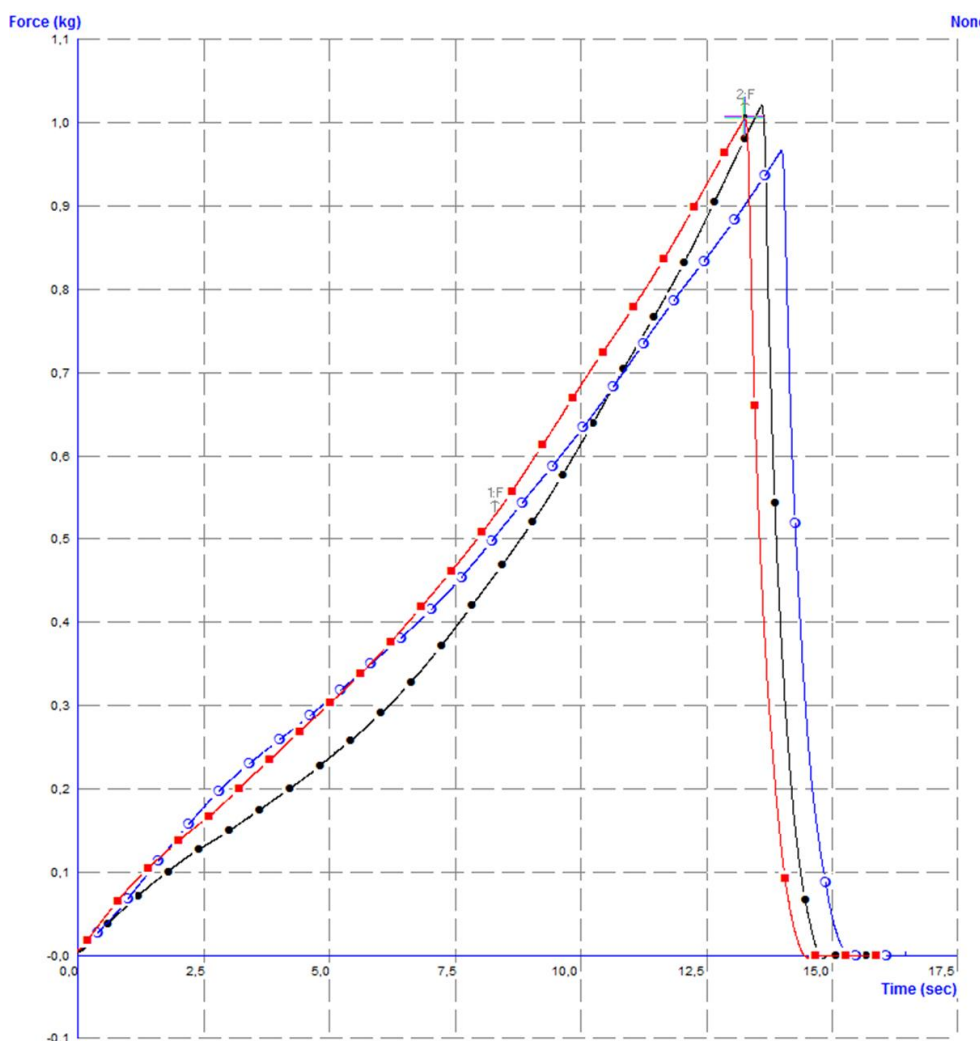
Gelatinization maximum: 718 AU



Jatkotutkimuksessa leivottujen palaleipien rakennemittaus

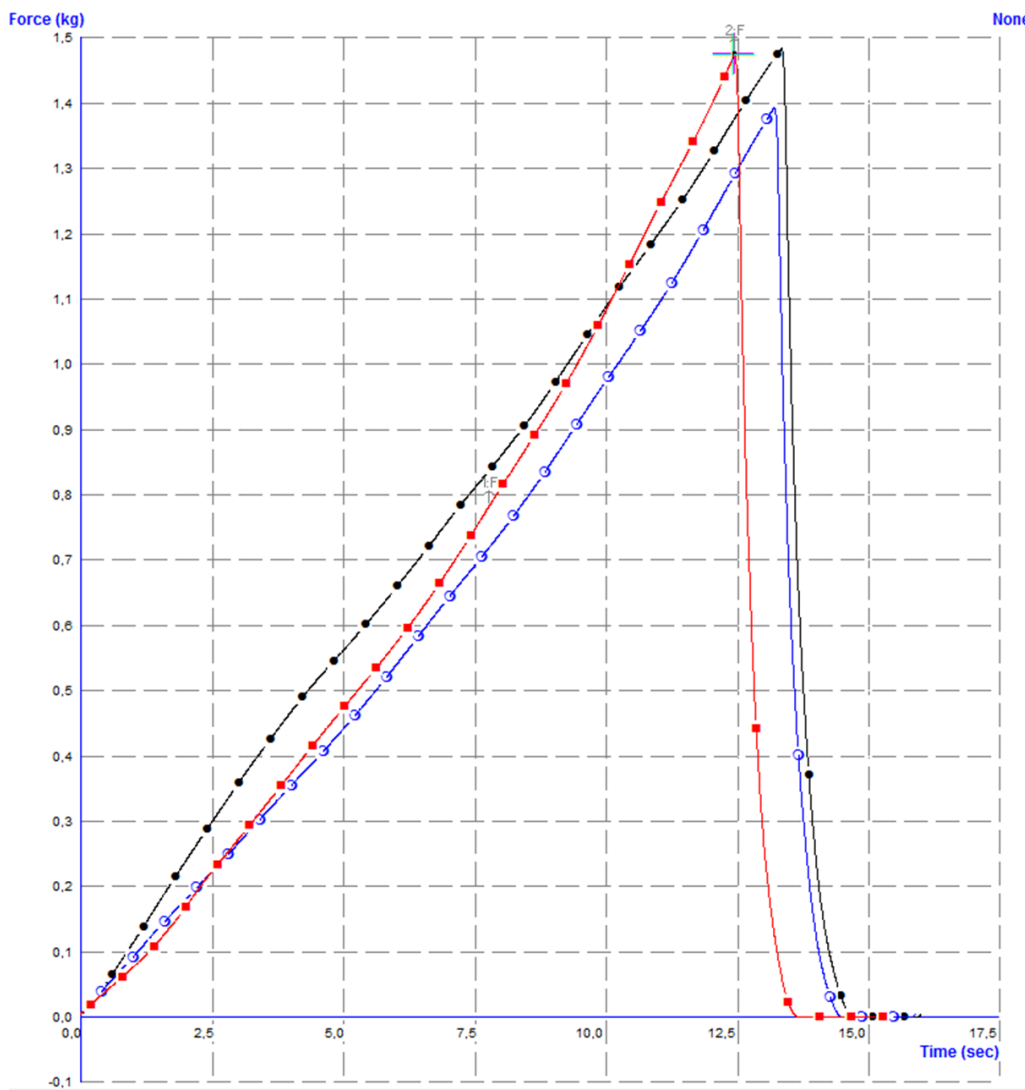
0-näyte (1 vrk)

Test ID	Batch		Force 1 (g)	Force 2 (kg)
0-näyte1	4.1.2019		474,119	1,023
0-näyte2	4.1.2019		537,464	0,968
0-näyte3	4.1.2019		528,997	1,008
End Batch	4.1.2019			
Average:	4.1.2019 (F)		513,527	1



0-näyte (4 vrk)

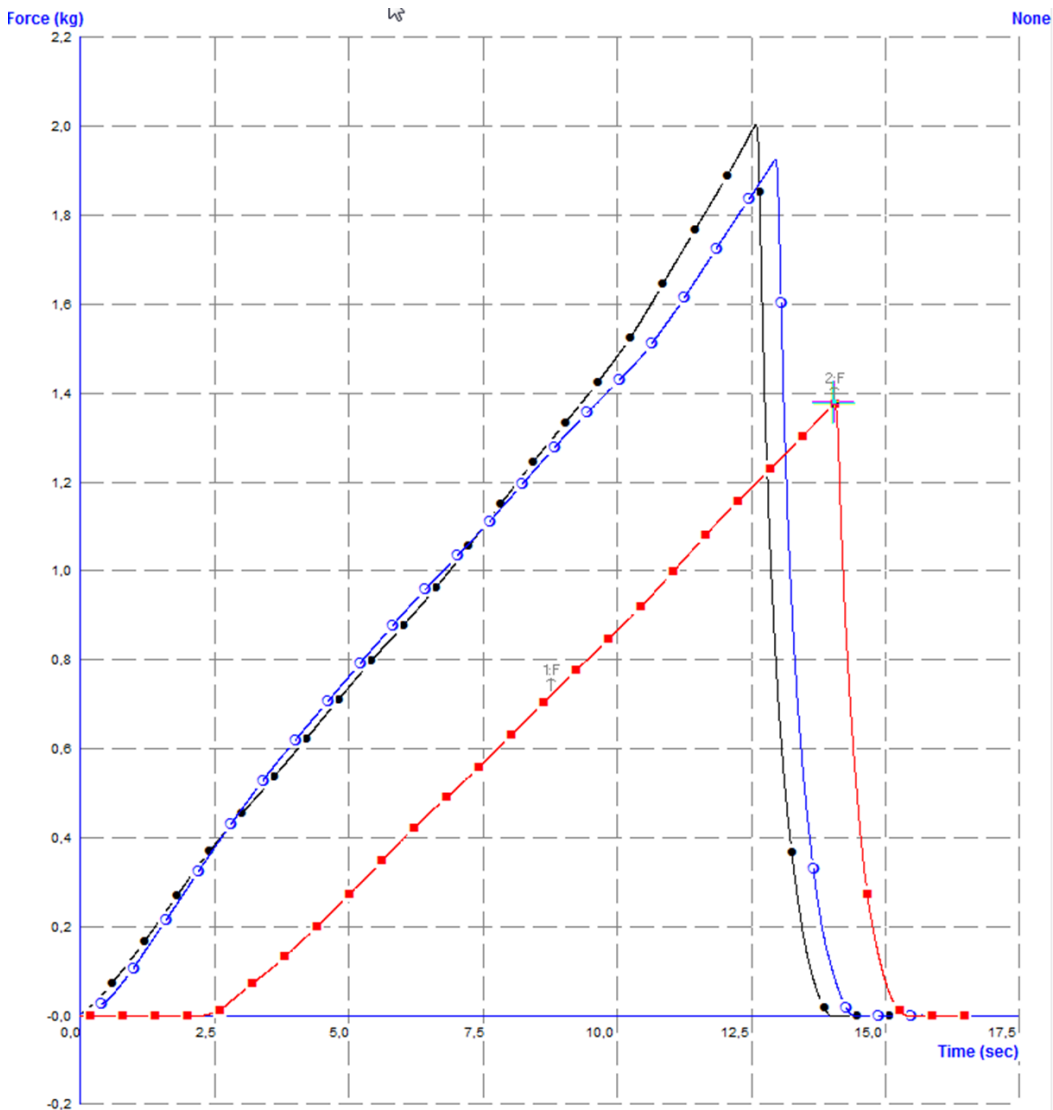
Test ID	Batch		Force 1 (g)	Force 2 (kg)
Start Batch 07.01.2019	7.1.2019			
0-näyte1	7.1.2019		894,571	1,485
0-näyte2	7.1.2019		768,766	1,394
0-näyte3	7.1.2019		782,774	1,476
End Batch 07.01.2019	7.1.2019			
Average:	07.01.2019 (F)		815,37	1,452



Vehnäjauho 1 10 % (1 vrk)

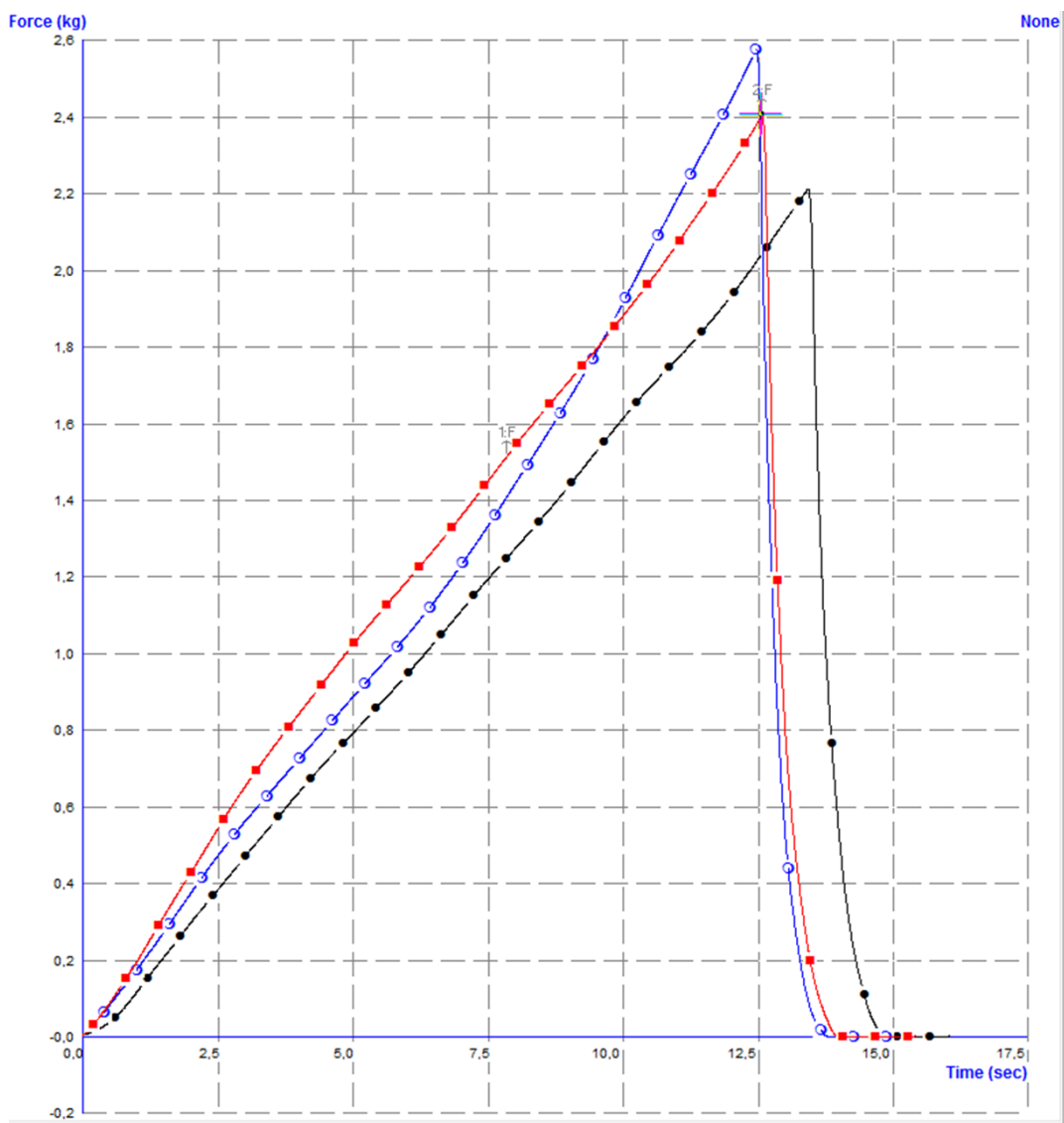
Test ID	Batch		Force 1 (g)	Force 2 (kg)
Start Batch 4.1.2019	4.1.2019			
vehnä jauho1_10%_30min1	4.1.2019		1156,286	2,007
vehnä jauho1_10%_30min2	4.1.2019		1176,33	1,928
vehnä jauho1_10%_30min3	4.1.2019		723,936	1,382
End Batch 4.1.2019	4.1.2019			
Average:	4.1.2019 (F)		1018,851	1,772

Tuloksissa ei huomioitu virheellistä mittausta (mittaus 3)



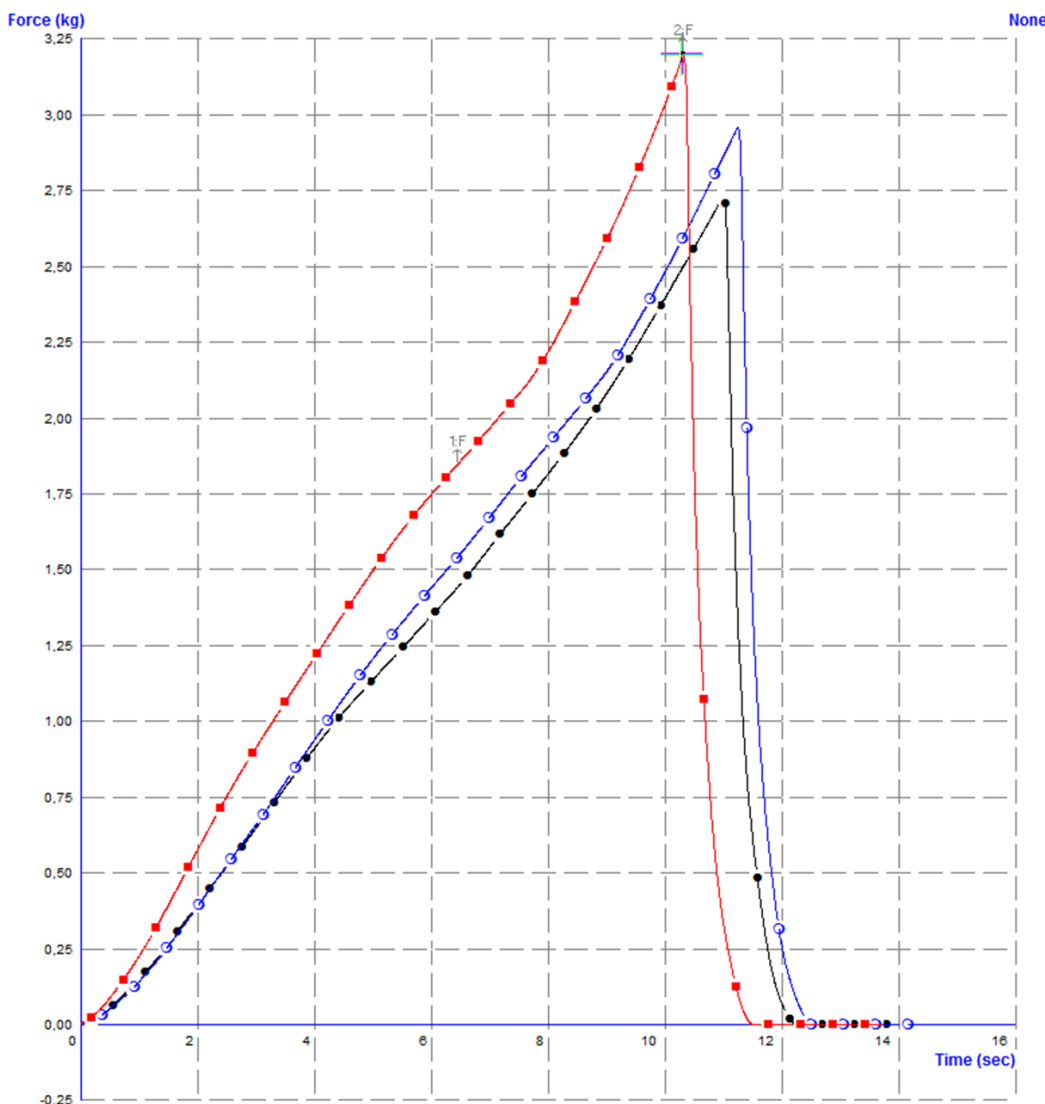
Vehnäjauho 1 10 % (4 vrk)

Test ID	Batch		Force 1 (g)	Force 2 (kg)
Start Batch 07.01.2019	7.1.2019			
vehnä jauho1_10%30min1	7.1.2019		1336,641	2,215
vehnä jauho1_10%30min2	7.1.2019		1396,052	2,58
vehnä jauho1_10%30min3	7.1.2019		1515,546	2,407
End Batch 07.01.2019	7.1.2019			
Average:	07.01.2019 (F)		1416,079	2,401



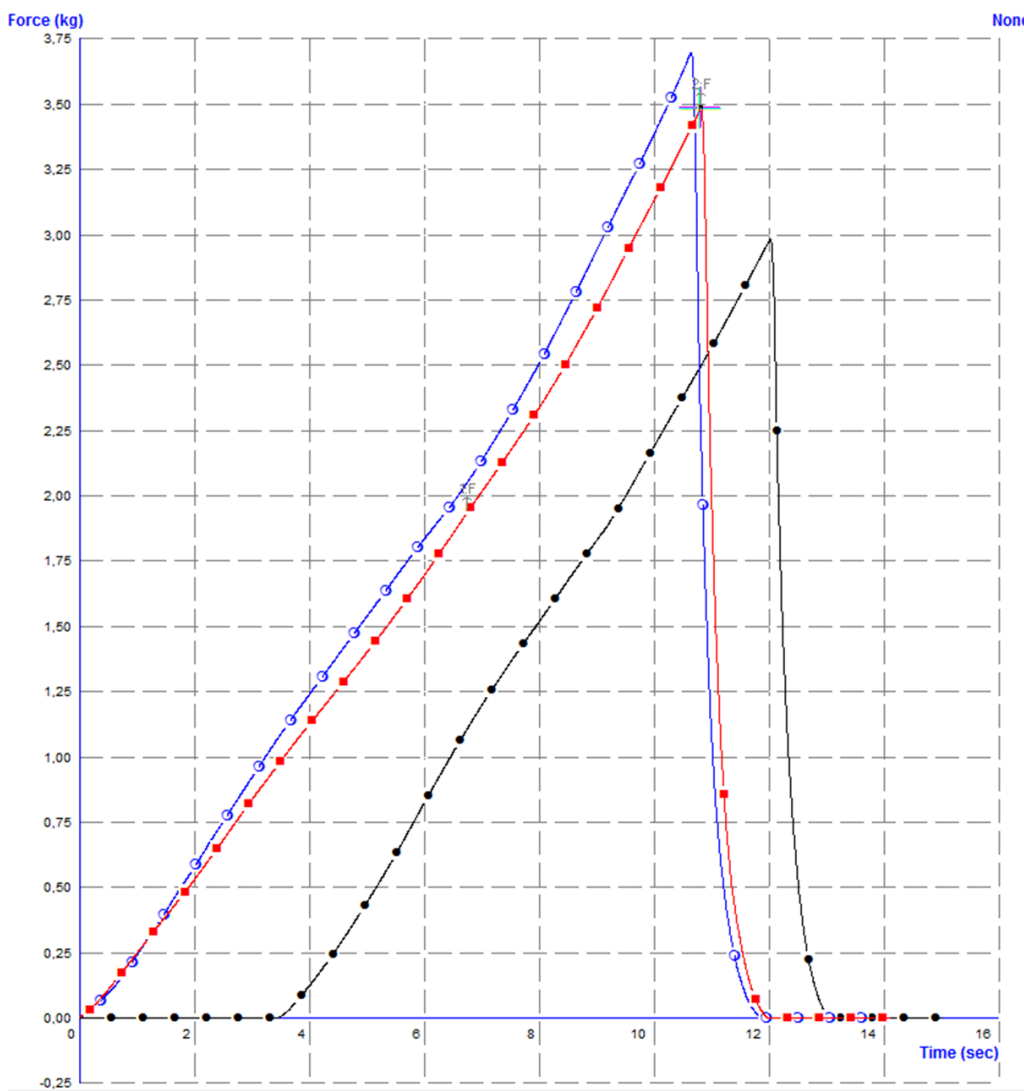
Vehnäjauho 1 20 % (1 vrk)

Test ID	Batch		Force 1 (g)	Force 2 (kg)
Start Batch 4.1.2019	4.1.2019			
vehnä jauho1_20%_30min1	4.1.2019		1542,611	2,734
vehnä jauho1_20%_30min2	4.1.2019		1679,926	2,962
vehnä jauho1_20%_30min3	4.1.2019		1846,739	3,201
End Batch 4.1.2019	4.1.2019			
Average:	4.1.2019 (F)		1689,759	2,966



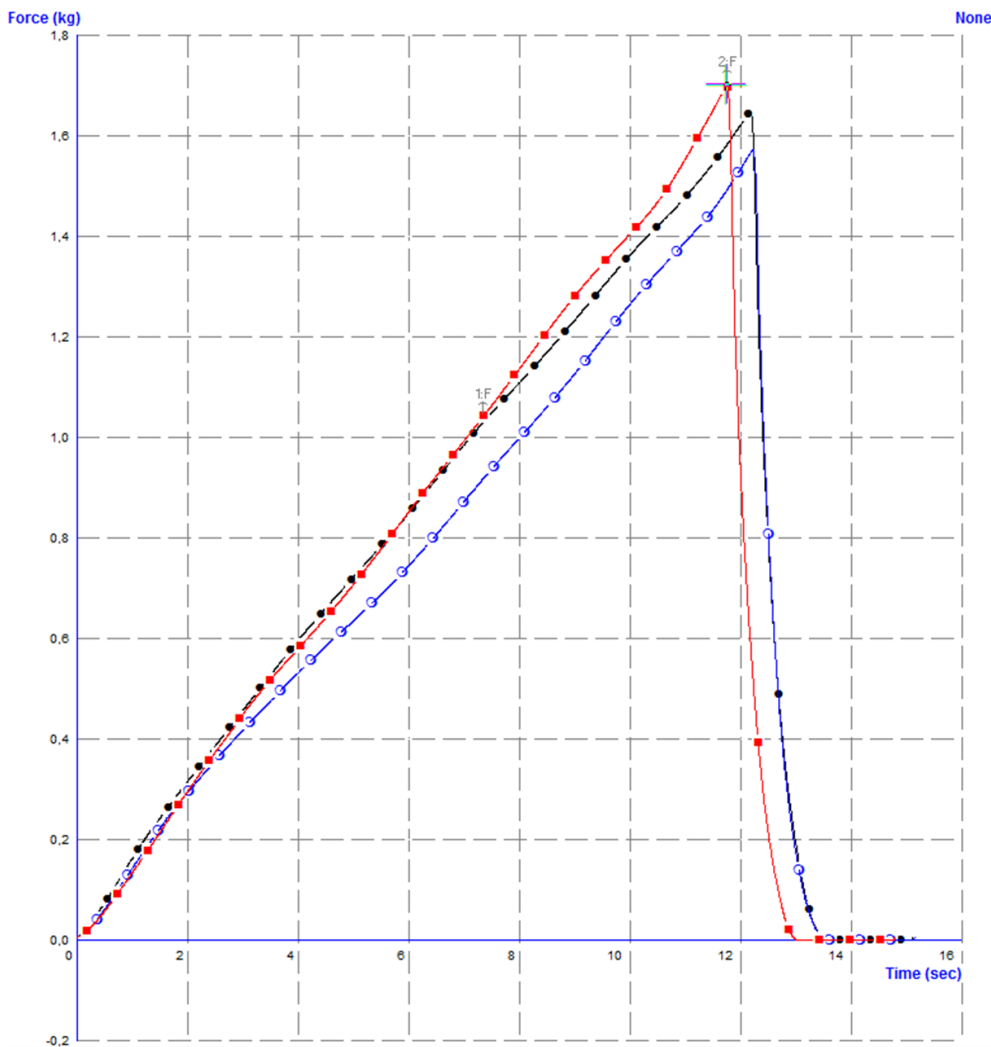
Vehnäjauho 1 20 % (4 vrk)

Test ID	Batch		Force 1 (g)	Force 2 (kg)
Start Batch 07.01.2019	7.1.2019			
vehnä jauho1_20%30min1	7.1.2019		1365,938	2,984
vehnä jauho1_20%30min2	7.1.2019		2019,831	3,699
vehnä jauho1_20%30min3	7.1.2019		1938,909	3,486
End Batch 07.01.2019	7.1.2019			
Average:	07.01.2019 (F)		1774,892	3,39



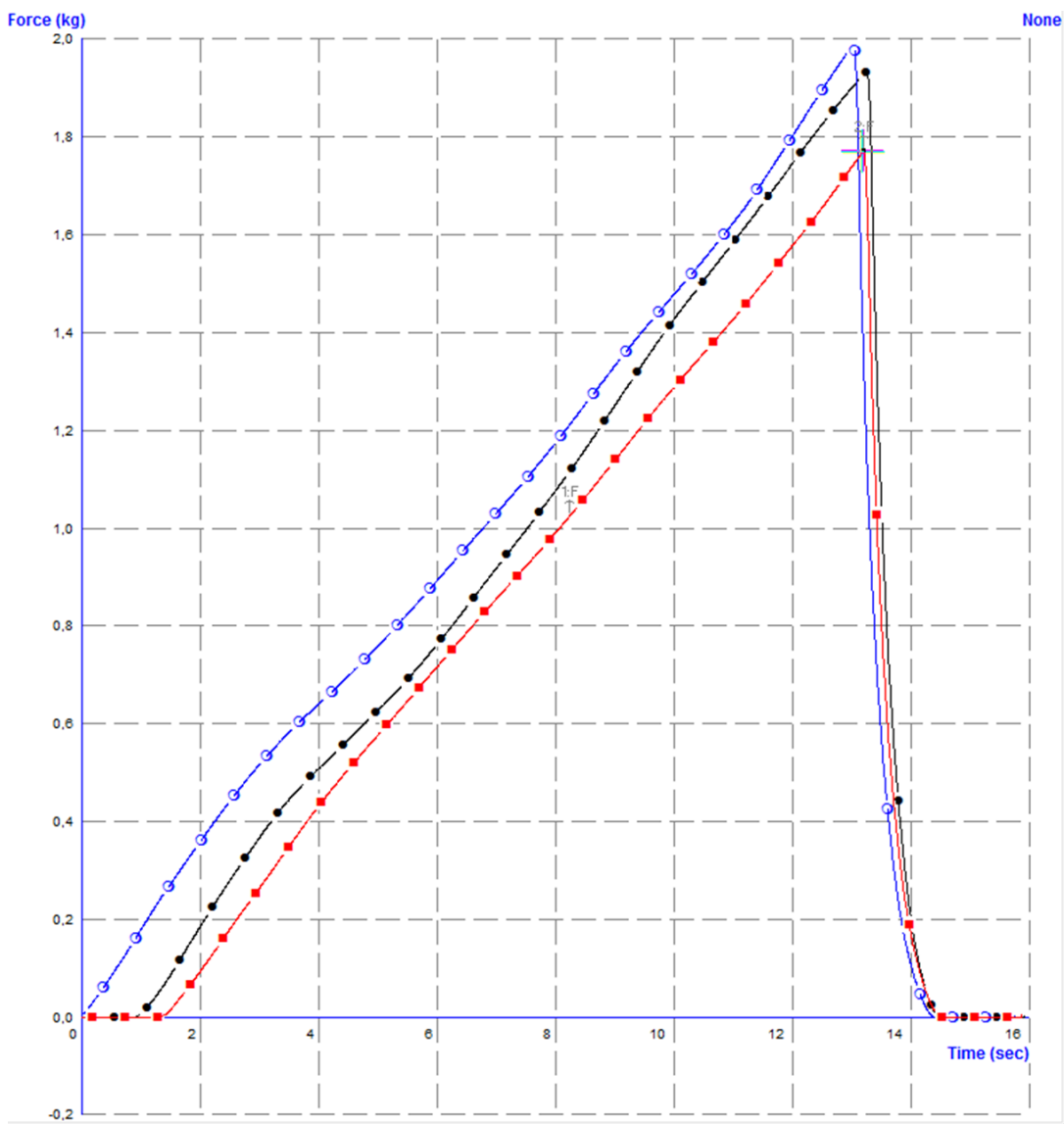
Kaurajauho 1 10 % (1 vrk)

Test ID	Batch		Force 1 (g)	Force 2 (kg)
Start Batch 4.1.2019	4.1.2019			
kaurajauho1_10%_30min1	4.1.2019		1062,761	1,651
kaurajauho1_10%_30min2	4.1.2019		954,412	1,574
kaurajauho1_10%_30min3	4.1.2019		1041,207	1,702
End Batch 4.1.2019	4.1.2019			
Average:	4.1.2019 (F)		1019,46	1,642



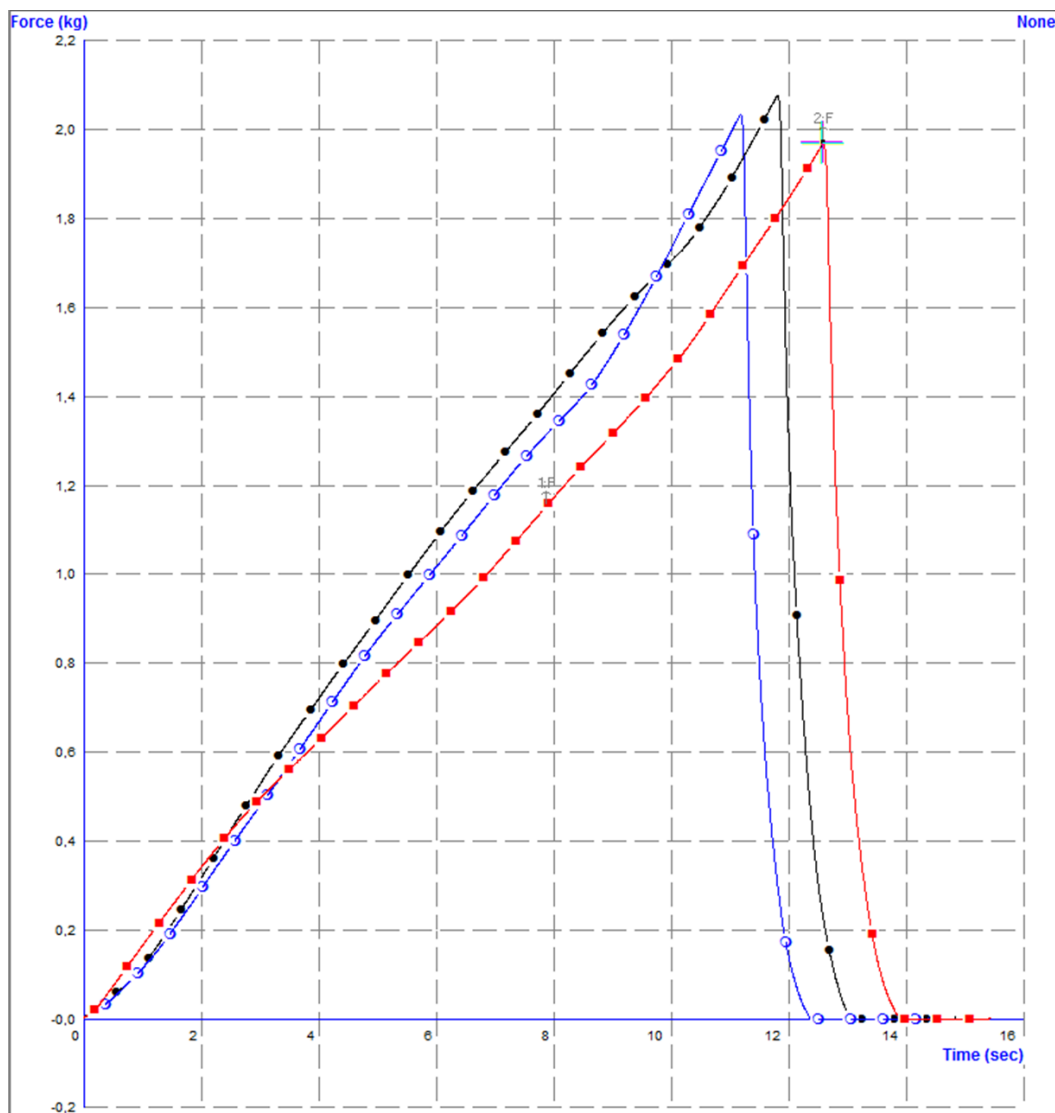
Kaurajauho 1 10 % (4 vrk)

Test ID	Batch		Force 1 (g)	Force 2 (kg)
Start Batch 07.01.2019	7.1.2019			
Kaurajauho1_10%30min1	7.1.2019		1124,738	1,935
Kaurajauho1_10%30min2	7.1.2019		1197,555	1,992
Kaurajauho1_10%30min3	7.1.2019		1026,812	1,773
End Batch 07.01.2019	7.1.2019			
Average:	07.01.2019 (F)		1116,368	1,9



Kaurajauho 1 20 % (1 vrk)

Test ID	Batch		Force 1 (g)	Force 2 (kg)
Start Batch 4.1.2019	4.1.2019			
Kaurajauho1_20%_30min1	4.1.2019		1308,117	2,081
Kaurajauho1_20%_30min2	4.1.2019		1179,736	2,037
Kaurajauho1_20%_30min3	4.1.2019		1153,914	1,973
End Batch 4.1.2019	4.1.2019			
Average:	4.1.2019 (F)		1213,922	2,031



Kaurajauho 1 20 % (4 vrk)

Test ID	Batch		Force 1 (g)	Force 2 (kg)
Start Batch 07.01.2019	7.1.2019			
Kaurajauho1_20%30min1	7.1.2019		1521,607	2,527
Kaurajauho1_20%30min2	7.1.2019		1677,81	2,916
Kaurajauho1_20%30min3	7.1.2019		1463,274	2,417
End Batch 07.01.2019	7.1.2019			
Average:	07.01.2019 (F)		1554,23	2,62

