

Johanna Tiitto

# Alfa-amylaasientsyymiaktiivisuuden vaikutus ruis- ja vehnäjauholeivontaan

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Bio- ja elintarviketekniikka

Insinöörityö

29.11.2017

|   |  |
|---|--|
| Tekijä(t)<br>Otsikko  | Johanna Tiitto<br>Alfa-amylaasientsyymiaktiivisuuden vaikutus ruis- ja vehnä-<br>jauholeivontaan |
| Sivumäärä<br>Aika   | 55 sivua + 4 liitettä<br>29.11.2017  |
| Tutkinto  | Insinööri (AMK)  |
| Koulutusohjelma   | Bio- ja elintarviketekniikka   |
| Suuntautumisvaihtoehto  | Elintarviketekniikka   |
| Ohjaaja(t)  | Ohjaava opettaja Pia-Tuulia Laine<br>Tuotekehityisleipuri Tommi Lönnqvist Helsingin Mylly        |
| <p>Vehnä- ja ruisleivän laatuun vaikuttavia tekijöitä on useita; jauhoissa käytetyn viljan kasvatolosuhteista aina leivontatekniikkaan. Tämän insinöörityön tavoitteena on selvittää ruis- ja vehnäjauhoissa luontaisestikin olevan alfa-amylaasientsyymien vaikutus leivontaan ja valmiin leivän rakenteeseen.</p> <p>Koeleivonnoissa tutkittiin jauhojen sakoluvun vaikutusta leivän vehnä- ja ruisleivontaan. Vehnäjauhojen sakoluvut koeleivonnoissa olivat 360, 227 ja 99. Ruisleivonnassa käytettiin sakoluvuiltaan 302, 157 ja 89 jauhoja. Ruisleivonnassa tutkittiin, vaikuttaako alfa-amylaasientsyymi juuritaikinan (raskin) pH:n laskun nopeuteen. Ennakkoon tiedettiin, että korkea entsyymiaktiivisuus nopeuttaa jauhoissa olevan tärkkelyksen pilkkoutumista pienemmiksi sokerimolekyyleiksi hiivan ja muiden mikrobien käyttöön. Ennakkotietojen perusteella korkea entsyymiaktiivisuus nopeuttaisi raskin happamoitumista, kun sokerit ovat nopeammin mikrobien käytössä.</p> <p>Koeleivonnoista saatujen valmiiden leipien aistinvaraiset ominaisuudet olivat yhteneväiset kirjallisuusselvityksen kanssa. Hapatetun ruisleivän ja vehnäleivän leivonnassa sakoluvun laskeminen vaikutti heikentävästi valmiin leivän laatuun ja rakenteeseen aistinvaraisissa tutkimuksissa. Sakoluvun vaikutuksesta raskin pH:n alenemiseen tämä koe ei antanut selkeää tulosta. Raskituslämpötilan ja sakoluvun yhteisvaikutuksella sen sijaan oli merkitseviä vaikutuksia valmiiden leipien tilavuuteen (p-arvo=0,000689) ja paistohäviöön (p-arvo=0,00424) sekä pH:n alenemiseen raskissa (p-arvo=4,371x10<sup>-6</sup>). Vehnäjauholeivonnassa sakoluvun muuttaminen vaikutti leipien paistohäviöön ja tilavuuden muutokseen p-arvo jäi näissä hieman alle merkitsevyysrajan 0,05.</p> |  |
| Avainsanat  | sakoluku, raski, pH, rakenne ja tilavuus   |

|  |   |
|--|---|
| Author(s)<br>Title   | Johanna Tiitto<br>Effects of alpha-amylase enzyme on wheat and rye baking quality |
| Number of Pages<br>Date  | 55 pages + 4 appendices<br>29 November 2017                                       |
| Degree   | Bachelor of Engineering   |
| Degree Programme   | Biotechnology and Food Engineering  |
| Specialisation option  | Food technology   |
| Instructor(s)  | Pia-Tuulia Laine, Principal Lecturer<br>Tommi Lönnqvist, Helsinki Mills           |
| <p>The purpose of this thesis was to study the effects of alpha-amylase enzyme on the baking process and bread structure. Alpha-amylase is an enzyme that is naturally found in wheat and rye grain.</p> <p>Amylase enzymes break the starch in grains to smaller sugar molecules. Smaller sugars are easier for the embryo to utilize for growing to a new plant. The exact concentration of alpha-amylase enzyme varies between each grain or flour batch. These enzymes also display different levels of activity depending on the circumstances. The primary factors are weather conditions during dry-down and the artificial drying method used. The moisture content in grains increases enzyme activity. Heavy rains prevent crops from drying properly. In the worst case, the grains start to germinate before harvest.</p> <p>A number of baking tests were performed to study the effect of higher enzyme activity on bread structure, bread volume and baking loss. For rye bread it was also tested whether alpha-amylase enzyme alters the rate at which the acidity of sourdough decreases. On the basis of the background literature study, it was known that high enzyme activity catalyses the break-down of starch into smaller sugars. Sourdough baking utilizes the byproducts of microbe metabolism. High enzyme activity thus makes the sourdough acidity decrease faster, because the sugars are available faster for microbes to use. The sourdough tests were performed by varying both enzyme activity and sourdough temperature.</p> <p>The baking test bread qualities were consistent with literary review in the sensory examination. A low falling number had a negative effect on the quality and structure of rye bread and wheat bread. However, this study did not provide a clear result regarding the connection of the falling number to the rate of acidity decrease in sourdough.</p> <p>For rye baking, the combined effect of sourdough temperature and low falling number had statistically significant effects on bread volume, baking loss and rate of acidity decrease in sourdough. For wheat baking, a low falling number had significant effects on both baking and bread volume.</p> |   |
| Keywords   | Alpha-amylase enzyme, sourdough, baking process, structure                        |

# Sisällys

## Lyhenteet

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | Johdanto  | 1  |
| 2     | Viljan jyvien laatu   | 2  |
| 2.1   | Laadun seuranta   | 2  |
| 2.2   | Viljan jyvän rakenne  | 3  |
| 2.3   | Viljan jyvien itäneisyys  | 3  |
| 2.4   | Viljan vastaanotto myllyssä                                     | 4  |
| 2.5   | Viljan laatutekijät   | 4  |
| 2.5.1 | Roska- ja rikkapitoisuus  | 4  |
| 2.5.2 | Kosteus- ja proteiinipitoisuus sekä hehtolitraino               | 5  |
| 2.5.3 | Hasberg Falling number eli sakoluku                             | 5  |
| 2.5.4 | Sakuluvun määrittäminen   | 6  |
| 2.5.5 | Gluteenipitoisuus eli sitkon määrä                              | 8  |
| 2.5.6 | Tärkkelys   | 8  |
| 2.5.7 | Entsyymien vaikutus tärkkelyksen liisteröitymiseen              | 9  |
| 2.5.8 | Tärkkelyksen liisteröitymisen mittaaminen amylograph-laitteella | 9  |
| 2.5.9 | Tärkkelyksen liisteröitymisen vaikutus leivonnassa              | 11 |
| 3     | Viljan jauhatusprosessi myllyssä                                | 12 |
| 3.1   | Jauhatuksen valinta   | 12 |
| 3.2   | Jyvien puhdistus ja seulonta                                    | 12 |
| 3.3   | Jyvien kastelu  | 12 |
| 3.4   | Vehnän jauhatus   | 13 |
| 3.5   | Jauhojen seulonta   | 15 |
| 3.6   | Rukiin jauhatus   | 16 |
| 4     | Vehnäjauhojen laadun merkitys leivonnassa                       | 17 |
| 4.1   | Vehnäleivonta   | 17 |
| 4.2   | Vedensidonta  | 17 |
| 4.2.1 | Taikinasekoituskestävyys ja muodostumisaika                     | 18 |
| 4.2.2 | Venyvyysvastus ja venyvyys                                      | 19 |
| 4.2.3 | Askorbiinihapon vaikutus  | 20 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 4.2.4 | Tuhkapitoisuus  | 21 |
| 5     | Ruisleivonta  | 22 |
| 5.1   | Hapattamisen merkitys ruisleivonnassa                                       | 22 |
| 5.2   | Ruisleivonnann vaiheet  | 22 |
| 5.3   | Raskin valmistus  | 23 |
| 5.4   | Mikrobien merkitys raskinleivonnassa  | 24 |
| 5.5   | Raskin merkitys ruisleivän rakenteeseen                                     | 26 |
| 6     | Materiaalit ja menetelmät   | 28 |
| 6.1   | Näytteet  | 28 |
| 6.2   | Laatutekijöiden analysointi jauhoista                                       | 29 |
| 6.3   | Laitteet ja menetelmät leivontakokeissa                                     | 30 |
| 7     | Tulokset ja tulosten analysointi  | 34 |
| 7.1   | Jauhojen analyysitulokset   | 34 |
| 7.2   | Vehnäleipien leivontatulokset   | 39 |
| 7.3   | Ruisleipien aistinvarainen arviointi  | 45 |
| 7.4   | Ruisleipien mittaustulokset   | 47 |
| 7.4.1 | Raskituslämpötilan ja sakoluvun vaikutus ruisleivän tilavuuteen             | 47 |
| 7.4.2 | Raskituslämpötilan ja sakoluvun vaikutus raskin pH:n muutoksiin             | 48 |
| 7.4.3 | Raskituslämpötila ja sakoluvun vaikutus paistohäviöön ja leivän kuivumiseen | 49 |
| 7.5   | Erillinen raskin pH:n mittauskoe  | 51 |
| 8     | Loppupäätelmät  | 54 |
|       | Lähteet   | 56 |
|       | Liitteet  |    |
|       | Liite 1. Ohramallasentsyymin spesifikaatio                                  |    |
|       | Liite 2. Ranskanleivän leivontaohje   |    |
|       | Liite 3. Ruisleivän leivontaohje  |    |
|       | Liite 4. R-Studioon regressioanalyysien tulokset                            |    |

## Lyhenteet

AU Amylograph Units (Viskositeetti)

BU Brabender Unit (Brabender yksikkö)

PMY Pesäkkeen muodostava yksikkö

## 1 Johdanto

Insinööri työ toteutettiin Helsingin Mylly Oy toiveista. Tutkimus ja leivonta suoritettiin Järvenpäässä sijaitsevassa toimipisteessä. Koeleivonnat suoritettiin myllyn yhteydessä olevassa koeleipomossa ja jauhoanalyysit myllyn laboratoriossa.

Helsingin Mylly jalostaa pääasiallisesti kotimaista viljaa erilaisiksi viljatuotteiksi leipomoille, kuluttajille, suurtalouksille ja teollisuuteen. Pääraaka-aineena jalostuksessa on kotimainen vilja. Tuotevalikoimiin kuuluu jauhojen lisäksi mm. jauhoseokset, hiutaleet, myslit ja muros.

Sakoluku kertoo viljan itäneisyydestä. Itäneessä viljan jyvässä sakoluku on alhainen, mikä kertoo korkeasta alfa-amylaasientsyymien aktiivisuudesta. Alfa-amylaasientsyymi pilkkoo jyvässä ja taikinassa olevaa tärkkelystä pienemmiksi sokereiksi ja aiheuttaa tärkkelyksen liisteröitymistä paiston aikana. Ruisleivonnassa voidaan käyttää sakoluvultaan alhaisempaa viljaa, koska raskin sisältämät hapot ja alhainen pH vähentävät alfa-amylaasientsyymien toimintaa. Liian korkea entsyymiaktiivisuus paiston aikana aiheuttaa valmiiseen leipään märän ja sienimäisen rakenteen. Raskin happamuutta seurataan ennen leivontaa pH-mittareilla, jotta onnistunut leivonta saavutetaan. [1, s. 25.]

Leivän leivonta voidaan jakaa useaan eri menetelmään, joita ovat esimerkiksi yleisesti käytetty suoraleivonta ja hapanleivonta. Hapanleivonnassa käytetään perinteisesti juuri-taikinaa toiselta nimeltään siemenraskia, joka on otettu talteen edellisestä raskista. Raskinsiemenestä valmistetaan uusi löysä raski, jonka annetaan käydä lämpimässä 12–18 tuntia. Raskin valmistukseen käytetään juuritaikinaa eli raskin siementä 2–30% kokonaisuudesta sekä vettä ja ruisjauhoa. Hyvin käynyt raski sisältää noin  $10^{8-9}$  pmy/g maitohappobakteereja ja  $10^{7-8}$  pmy/g hiivoja. Taikinan hapattamisen hyötyjä ovat happaman leivän maun lisäksi, leivän säilyvyyden, ravintoarvon, tilavuuden ja rakenteen parantuminen sekä taikinan käsiteltävyyden parantuminen. [1, s. 36.] Taikinan hapattamisessa tärkeässä osassa ovat raskin sisältämät bakteerit, jotka tuottavat orgaanisia happoja ja hiivat, jotka tuottavat hiilidioksidia. Historiallisesta näkökulmasta tämä on mahdollistanut leivän valmistuksen, ennen perinteisen leivinhiivan tuntemista. [2, s. 91.]

Työn tarkoituksena oli tutkia ruis- ja vehnäjauhojen leivontaominaisuuksia, kun niiden sakolukua lasketaan entsyymiohramaltaalla. Tutkimus jaettiin kahteen osa-alueeseen.

1. Ruisleivonnassa selvitettiin, vaikuttaako jauhojen sakoluvun muuttuminen raskituksen happanemisen nopeuteen, kun muuttuvina tekijöinä oli sakoluvun (302, 157 ja 89) lisäksi raskituslämpötila (36 °C, 30 °C ja 22 °C). Valmiista ruisleivistä tutkittiin, miten raskin happamuus (pH 3,7–4,0) ja raskituslämpötila vaikuttivat valmiin leivän rakenteeseen, tilavuuteen ja paistohäviöön. Lisäksi haluttiin tutkia erillisellä raskituskokeella, miten raskin pH muutoksia 8 tunnin aikana, kun muuttuvina tekijöinä on sakoluku (302, 157 ja 89) ja lämpötila (38 °C, 33 °C ja 22 °C).
2. Vehnäleivonnassa haluttiin selvittää vaikuttaako sakoluvun muuttaminen ranskanleivän rakenteeseen, tilavuuteen ja paistohäviöön. Vehnäleivonnassa käytettiin vehnäjauhoja, joiden sakoluvut olivat 360, 227 ja 99.

Sakoluku on tärkeä laatukriteeri, mutta muillakin jauhojen laatuominaisuuksilla (tuhka, proteiinipitoisuus, vedensidonta, sitkonmäärä ja tuhkapitoisuus) on merkitystä leivonnan onnistumisen kannalta. Insinööriyön toisena tavoitteena oli myös tehdä kirjallisuusselvitys muiden laatutekijöiden ja jauhatuksen vaikutuksesta jauhojen laatuun ja leivottavuuteen.

## **2 Viljan jyvien laatu**

### **2.1 Laadun seuranta**

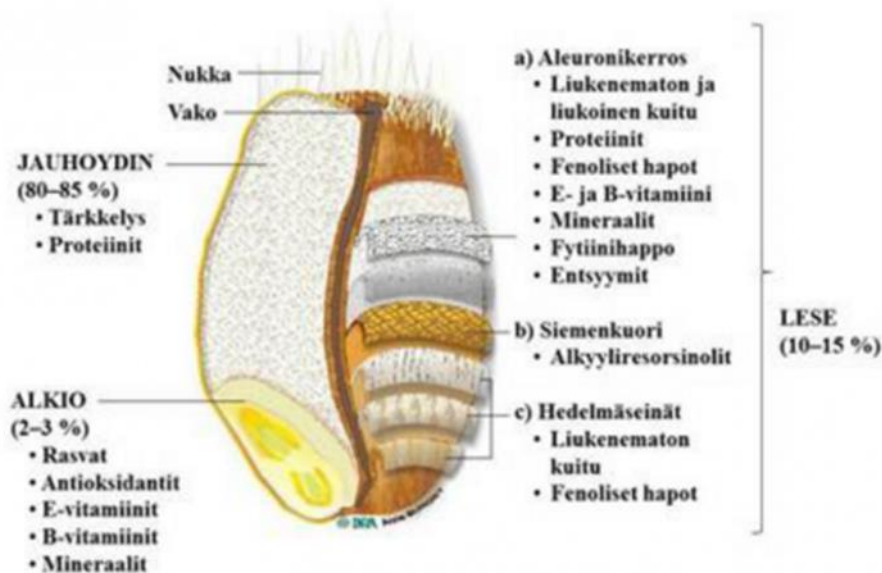
Viljan ostohinta sovitaan kaupallisten myllyjen osalta myyjän ja ostajan välillä. [3.] Tämän lisäksi viljan laatua seuraa Eviran viljalaboratorio, joka tekee kotimaisen viljasadon laatureurantatutkimuksia. Eviran viljalaboratorio toimii akkreditoituna laboratoriona ja noudattaa standardin SFS-EN ISO/IEC 17025 mukaista laatujärjestelmää. Eviran viljalaboratoriossa tehdään viralliset analyysit viljanäytteistä. [4.]

Laadun seurannan tärkein tehtävä on varmistaa ja dokumentoida käyttötarkoitukseen tulevien viljaerien laatu. Laadun seuranta ja dokumentointi lisäävät kustannustehokkuutta ja tuottavuutta viljan jalostusketjun toiminnassa. Tärkeimmät käyttöarvoon liittyvät laatukriteerit ovat hehtolitraino, entsyymiaktiivisuus eli sakoluku, proteiinipitoisuus, sitkopitoisuus sekä sitkon laatu, Zeleny-luku ja rikkapitoisuus. [5.] Laadun seurannalla varmistetaan myös kuluttajien ja tuotantoeläinten terveys ja hyvinvointi, seuraamalla viljakasvien haitta-aineita ja hometoksiinien määrää. [6.]



## 2.2 Viljan jyvän rakenne

Viljan jyvä koostuu kolmesta yhtenäisestä osasta, jotka ovat kuorikerrokset(lese), endospermi (jauhoedin) ja alkio (kuva 1.).



Kuva 1 Jyvän rakenne [7.]

## 2.3 Viljan jyvien itäneisyys

Viljan jyvä sisältää pääasiallisesti tärkkelystä, jonka osuus jyvästä on n. 60–70 %. Tärkkelyksen tehtävänä on olla energiavarastona jyvän itäessä ja uuden kasvin tuottamisessa. Itämisen mahdollistaa jyvässä oleva alfa-amylaasientsyymi, joka hajottaa jyvän tärkkelyksen sokereiksi, mikäli olosuhteet itämiselle ovat oikeat. Alfa-amylaasi on myös osallisena tärkkelyksen synteesissä sokereista tärkkelykseksi. Pelloilla viljatähkät ovat säiden armoilla ja viileä sekä sateinen kesä heikentää jyvien tuuleentumista. Tuuleentuminen tarkoittaa viljan laadussa jyvien kypsymistä. Mikäli tuuleentuminen on heikkoa, niiden ns. vihreä alfa-amylaasitaso jää korkeaksi. Vihreä alfa-amylaasi on osallisena tärkkelyksen synteesissä. Mikäli tuuleentuminen onnistuu hyvin ja sateet eivät häiritse, alfa-amylaasin pitoisuus vähenee lähes olemattomiin. Hyvän tuuleentumisen voi pilata sadekuurot ennen sadonkorjuuta. Kosteuden lisääntymisen johdosta jyvä alkaa itää tähkässä. Itäminen alkaa biokemiallisella tapahtumalla, jossa jyvässä oleva alfa-amylaasi aktivoituu. Tämä prosessi voi lähteä käyntiin hyvinkin nopeasti kosteuden lisääntyessä.

Jyvistä ei aluksi näy ulospäin, että alfa-amylaasitasot ovat nousseet korkealle tasolle ja itämisprosessi on käynnissä. Tällaisia jyviä kutsutaan piiloitäneiksi. Pitkälle itäneet jyvät voi tunnistaa silmämääräisesti muuttuneesta väristä ja jyvän alkion rikkoutumisesta. [8, s. 36–38.]

## 2.4 Viljan vastaanotto myllyssä

Jyvien laatu on ensisijaisen tärkeää laadukkaan jauhon valmistuksessa. Itäneistä tai muulla tavoin heikkolaatuisista jyvistä ei ole mahdollista valmistaa laadukasta jauhoa. Vastaanottotarkistus on erittäin tärkeää tehdä jokaiselle vastaanotetulle erälle. Mikäli jyvien laatu on valmiiksi heikkoa, ei jauhatusprosessissa saada sitä paranemaan. Sakoluku on parametri, joka määrittää ensisijaisesti jyväerien sekoituksen jauhatusvaiheessa. Jyväerien sekoittamisella saadaan mahdollisimman tasalaatuista jauhoa.

Jyvistä otetaan edustava näyte erän saapuessa myllylle. Jyväerä hinnoitellaan laatukriteereiden mukaan, joita ovat: rikka- ja roskapitoisuus, kosteus, sakoluku, proteiinipitoisuus, sitkonmäärä ja hehtolitraino. Lisäksi näytteitä tutkitaan aistinvaraisesti. Haju ja värimuunnokset kertovat heikosta laadusta ja viljoissa esiintyvistä taudeista. [9, s. 80–88.]

## 2.5 Viljan laatutekijät

### 2.5.1 Roska- ja rikkapitoisuus

Menetelmää varten on olemassa pieni käsiseula, jonka raot päästä jyviä pienemmät roskat ja pienet sekä kuivuneet jyvät lävitse. Näytettä punnitaan määritystä varten 100 g. Seulan läpi menneet siemenet, kuivuneet jyvät ja roskat erotellaan ja punnitaan. Lisäksi erotellaan isommat roskat, itäneet ja vieraat jyvät, jotka ovat jääneet seulan päälle. Roska- ja rikkapitoisuus ja itäneet sekä rikkoutuneet jyvät vaikuttavat erän hinnoitteluun ja voivat olla erän hylkäämisperuste. [9, s. 85–87.]

### 2.5.2 Kosteus- ja proteiinipitoisuus sekä hehtolitrapaino

Nykyaikaisissa suuremmissa myllyissä on käytössä hyvin nopea ja helppokäyttöinen viljan analyysi laite Infratec 1241 Grain Analyser (kuva 2), jonka toiminta perustuu infrapuna-amenetelmään NIT (near-infratec transmitter technology). Laite kuumentaa pisteittäin näytettä neljästä kohdasta ja toistaa tämän 4 kertaa. Tuloksien keskiarvosta laite laskee viljan jyvistä kosteuden, hehtolitrapainon ja proteiinipitoisuuden. Jauhetusta näytteestä tuote analysoi luotettavasti kosteuden, tuhkapitoisuuden ja proteiinimäärän. Luotettava analysointi vaatii laitteen kalibrointia säännöllisin väliajoin tunnetulla näytteellä. [10.]



Kuva 2 Infratec 1241 Grain Analyser. Viljan analyysilaitte, jota käytetään kosteuden, proteiinipitoisuuden, hehtolitrapainon ja tuhkan mittaukseen. [10.]

### 2.5.3 Hasberg Falling number eli sakoluku

Sakoluku kertoo jyvän itämisasteesta. Sakoluku vaihtelee 60–400 välillä. Vehnäjyvissä tavoitellaan leivän leivonnassa sakolukua 230–280. Vehnäjauhon sakoluku on myös

merkittävä lakritsan valmistuksessa, jossa käytetään korkean 300–400 sakoluvun vehnäjauhoja. Ruisleivän leivonnassa sakoluvuksi riittää 110–140. Matalan sakoluvun ruisjauhoja, joiden sakoluku on 60–80, käytetään mämmin valmistuksessa ja korkean yli 140 sakoluvun ruisjauhoja voidaan käyttää näkkileivän valmistuksessa. [1, s. 23.]

Matala sakoluku kertoo, että jyvä on itänyt. Itäneessä jyvässä alfa-amylaasiaktiivisuus on suuri. Alfa-amylaasi on entsyymi, joka hajottaa jyvässä olevaa tärkkelystä pienemmiksi sokereiksi maltoosiksi ja dekstriiniksi jyvän omiin tarpeisiin itämisprosessissa [17, s. 147]. Liikaksi itänyt jyvä on ongelmallinen leivonnassa, koska nopea tärkkelyksen hajoaminen paiston aikana tekee leivän sisuksesta kostean. Kosteus leivän sisällä johtuu siitä, ettei kaikki vesi pääse sitoutumaan tärkkelykseen taikinan muodostumisen aikana ja sitoutumaton vesi jää vapaaksi leivän sisälle. [1, s. 23; 11.]

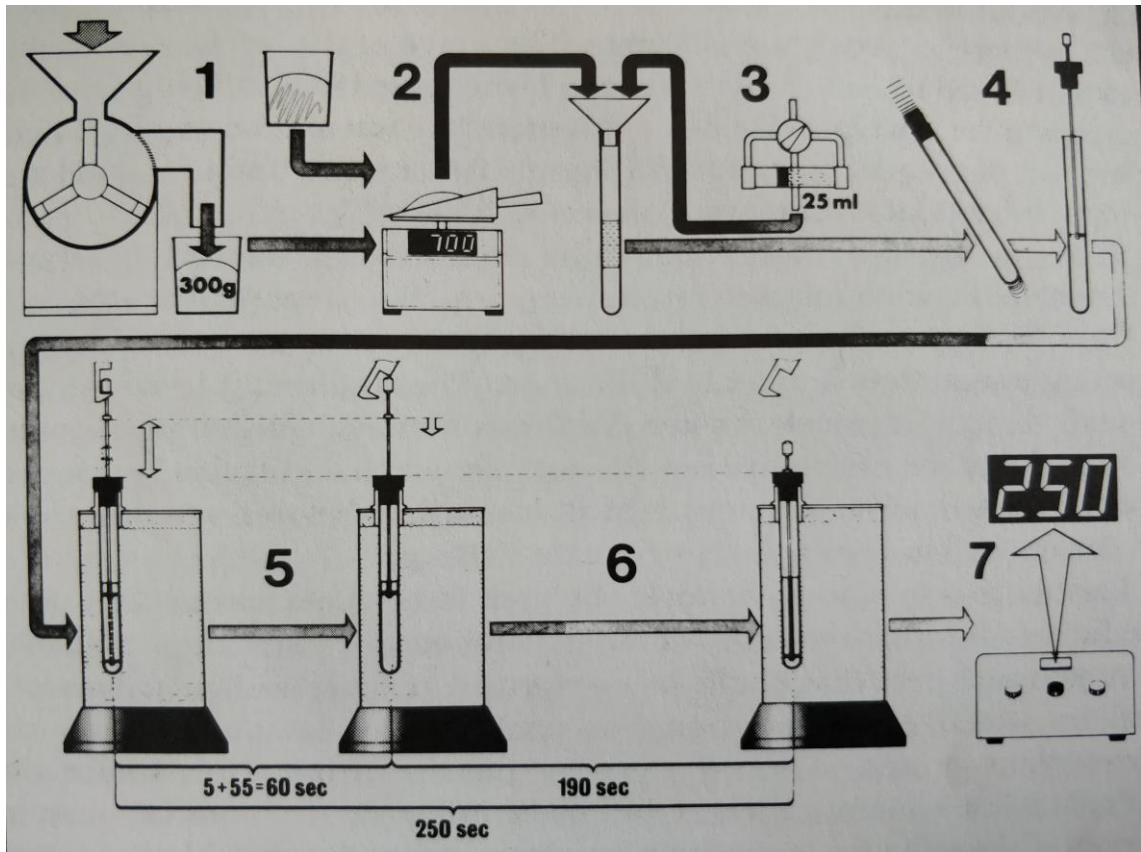
#### 2.5.4 Sakoluvun määrittäminen

Sakolukutesti mittaa jyvän alfa-amylaasin aktiivisuuden. Testi antaa eri tuloksen riippuen siitä, onko näytteenä kokonaisena jauhettu jyvä vai endospermistä tehty valkoinen jauho. Jyvän kuoriosan poistaminen jauhannassa vähentää alfa-amylaasin määrää, koska jyvän endospermin ja lesekerrosten välissä sijaitsevassa aleuronikerroksessa alfa-amylaasin määrä on suurimmillaan. [12, s. 24.]

Sakoluvun määrittäystä ennen jyvien tai jauhon kosteuspitoisuus on määritettävä perinteisellä lämpökappimenetelmällä, jossa käytetään ICC-Standardi No.110/1. Kosteuspitoisuutta määritettäessä kokonaiset jyvät jauhetaan pienellä myllyllä. Menetelmässä jyväerästä otetusta edustavasta näytteestä punnitaan 300g näyte, joka jauhetaan pienellä myllyllä laboratorioissa. [13.]

Määrittäystä varten kuva (kuva 3.) jauhoja punnitaan kosteuspitoisuuden mukaan +/- 7g ja sekoitetaan suspensioksi koeputkessa 25 ml:aan vettä. Sekoittamisen jälkeen näyte on asetettava nopeasti sakolukulaitteeseen, jotta näyte ei pääse kerrostumaan. Sakolukulaitteessa näytettä lämmitetään aluksi 5 s kuumassa vesihauteessa, jossa veden lämpötila on lähellä kiehumispistettä. Tämän jälkeen laitteessa oleva mäntä sekoittaa suspensiota 55 sekunnin ajan nopealla ylös-alas suuntautuvalla liikkeellä. Mäntä jää sekoituksen jälkeen ylä-asentoon. Lämpötilan noustessa koeputkessa alkaa suspensiossa oleva tärkkelyksen hajoaminen maltoosiksi ja dekstriiniksi. Tärkkelyksen hajoaminen tekee puuromaisesta massasta löysää ja lietemäistä. Putoamis aika mitataan sekunteina, joka on

myös sakoluku. Putoamisaikaan kuuluu myös alussa oleva 60 s. kestävä lämmitys ja sekoittamisaika. Mitä suurempi määrä alfa-amylaasin määrä näytteessä on, sen nopeammin mäntä putoaa alas. Putoamisaikaa mitataan sekunteina. Yksikköä sekunti ei käytetä tulosten tarkastelussa, vaan sakoluvuksi ilmoitetaan pelkkä numero. [1, s. 23.]



Kuva 3 Sakoluvun määrittäminen. Kuvassa määritetään jyväterästä tehdystä jauhosta tai myllystä otetusta jauhonäytteestä sakoluvun määrittämenetelmän mukaisesti (Falling Number). 1. näytteen käsittely, 2. mittaminen, 3. valmistus, 4. sekoittaminen, 5. kuumennus, 6. vaikutusaika 7. tulos. [25, s. 137.]

Alfa-amylaasin entsyymien toiminta aktivoituu 55–60°C:ssa. [14, s. 65.] Alfa-amylaasi inaktivoituu noin 80 °C:ssa. [15, s. 107.] Inaktivoitumisen aiheuttaa alfa-amylaasientsyymien denaturoituminen. Denaturoitunut entsyymi ei enää pilko tärkkelystä pienemmiksi sokereiksi. Entsyymien denaturoituminen alkaa viljalajista riippuen jo 75 °C:ssa. Sakoluvun mittauksen luotettavuus heikkenee näytteen ylittäessä sakoluvun 350, koska alfa-amylaasi on alkanut denaturoitua liian kuumassa näytteessä. Denaturoitunut alfa-amylaasi tekee näytteestä hyytelömäisempää, jolloin mäntä laskeutuminen hidastuu ja tämän vuoksi sakoluku voi olla virheellisesti liian suuri. [14, s. 300.]

### 2.5.5 Gluteenipitoisuus eli sitkon määrä

Gluteenipitoisuus määrittämistä käytetään vehnäjauhon laatua analysoitaessa. Gluteenipitoisuuden määrittämistä varten punnitaan tarkalleen 10 g jauhoja, joihin imeytetään 4,8 ml suolapitoista vettä, jonka natriumkloridipitoisuus on 2 %. Suola stabiloi gluteiinin rakenteen. Gluteiinin määrittämiseen käytetään pientä sekoituskonetta (kuva 4), joka valmistaa ensin taikinan 10 g jauhosta ja 4,8 ml suolavedestä. Tämän jälkeen laite pesee taikinasta tärkkelyksen pois vedellä. Pesun jälkeen taikinasta poistetaan vesi pienellä lingolla eli sentrifugilla. Näyte punnitaan veden poistamisen jälkeen ja tulos on jauhon gluteenipitoisuus. [16.] Mikäli jauhoerää on kuivattu liian kuumassa, vehnän gluteeni on saattanut kokonaan tai osittain denaturoitua. Tämä saattaa aiheuttaa gluteenirakenteen katkeiluja, ja pahimmassa tapauksessa näytteestä ei pysty lainkaan määrittämään sitkon määrää. Sitkon väri ja rakenne voi vaihdella eri vilja lajikkeiden mukaan, mutta yleisesti voidaan sanoa, että sileä ja vaaleaharmaa väri kertoo hyvästä leipävehnästä. [14, s. 300.]



Kuva 4 Laite gluteenin pesemiseen jauhosta. [16.]

### 2.5.6 Tärkkelys

Jauho koostuu suurimmaksi osaksi tärkkelyksestä. Tärkkelyksen laatuun vaikuttaa olennaisesti jauhannan laatu ja se kuinka hyvin jyvän rakenne on saatu rikottua. Mikäli jauhannassa ei ole saatu riittävästi rikottua tärkkelyksen rakennetta, entsyymit eivät pääse tehokkaasti pilkkomaan tärkkelystä pienemmiksi sokereiksi. Leivän leipomisen kannalta on erittäin tärkeää, että hiivalla on riittävästi sokereita käytettävissä. Sokerit ovat välttämättömiä hiivan metaboliassa, joka taas on välttämätöntä taikinan fermentoitumiseen eli

kaasunmuodostumiseen. Jauhot joiden tärkkelys on rikottu tahallisesti liian pieneksi, soveltuvat parhaiten kakku- ja keksijauhoksi. [18, s. 25–26.]

### 2.5.7 Entsyymien vaikutus tärkkelyksen liisteröitymiseen

Tärkeimmät tärkkelystä hajottavat entsyymit viljatuotteissa ovat alfa- ja beta-amylaasit. Alfa-amylaasi esiintyy pieninä pitoisuuksina terveessä ja hyvin tuuleentuneessa viljassa ja niistä jauhetuissa tuotteissa. Amylaaseja muodostuu jyvässä runsaasti viljan itäessä. Beta-amylaasia esiintyy tavallisesti huomattavia määriä hyvälaatuisessakin viljassa ja määrä kasvaa jonkin verran itäessä. Alfa-amylaasi pilkkoo viljassa olevaa tärkkelystä pienemmiksi sokereiksi. Alfa-amylaasin lisäys jauhoihin maltaan, sienien tai bakteerien avulla parantaa kuoren väriä sekä lisää erityisesti vähän sokeria sisältävien taikinoiden tilavuutta kaasuntuotannon kasvaessa. Alfa-amylaasi pienentää liisteröityneen tärkkelyksen viskositeettia nesteyttämällä sitä ja viskositeetin muutosta voidaan seurata amylograph-laitteella. [26, s. 105.]

### 2.5.8 Tärkkelyksen liisteröitymisen mittaus amylograph-laitteella

Tärkkelyksen laatua voi mitata amylograph-E-laitteella (kuva 5). Laitteen toiminta perustuu tasaiseen kuumennukseen ja viskositeetin muuttumiseen. Laite piirtää amylogrammin viskositeetin muuttumisesta lämpötilan ja ajan mukaan (kuva 5). Laitteessa olevaan kulhoon tehdään suspensio vedestä ja jauhoista kosteuspitoisuuden mukaan laitteen valmistajan ohjeen mukaisesti. Laite lämmittää ja sekoittaa suspensiota samanaikaisesti. Sekoittimen pyörimisnopeuden vastus mittaa viskositeetin muutosta. Amylogrammi kertoo, missä pisteessä tärkkelyksen kiteet hajoavat ja tärkkelysjyväset alkavat turvota. Tämä muuttaa suspension viskositeettia. Mikäli tärkkelys on alun perin mekaanisesti hajotettu pienemmäksi tai entsyymiaktiivisuus on korkeampi, liisteröityminen alkaa aikaisemmin alemmassa lämpötilassa ja viskositeetin aiheuttama huippu (kuva 5) amylogrammissa ei tule yhtä korkeaksi. [18, s. 26.]

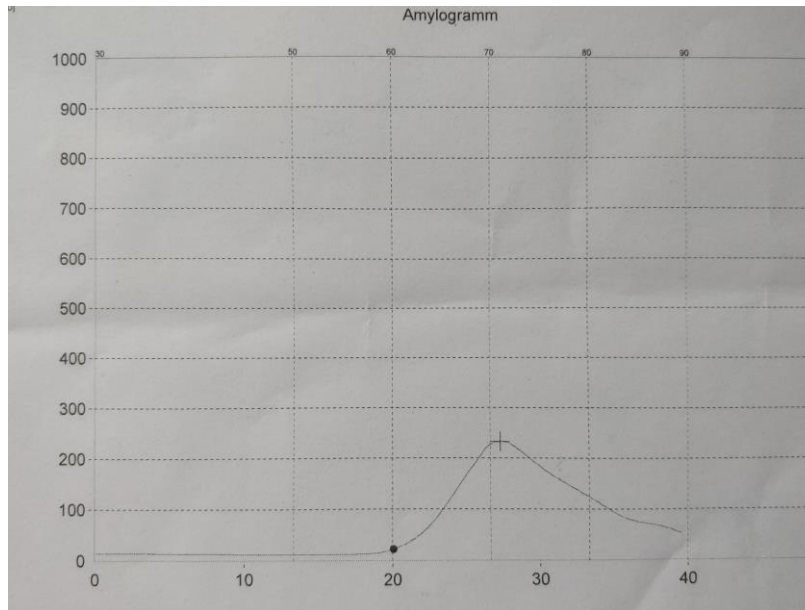
Amylograph-laite ei yksinomaan mittaa alfa-amylaasiaktiivisuutta vaan alfa- ja beeta-amylaasien yhteisvaikutusta. Beeta-amylaasin läsnäololla ei ole suurta merkitystä, kun jauhoihin lisätään esim. maltaalla lisää alfa-amylaasia, mutta beta-amylaasin läsnäololla on suuri merkitys, kun jauhoissa on vähäisiä määriä alfa-amylaasia. Maltaista ja baktee-

reista peräisin olevat alfa-amylaasit ovat erittäin lämpöstabiileja, kun taas sienistä peräisin olevat alfa-amylaasit ovat erittäin herkkiä lämpömuutoksille ja niiden aktiivisuutta ei pysty mittaamaan luotettavasti amylograph-laitteella (kuva 5). [26, s. 106.]



Kuva 5 Amylograph-E-laite, jolla voidaan mitata jauhojen tärkkelyksen liisteröitymistä. Näyte sekoitetaan standardin mukaisesti erillisessä astiassa. Näyte kaadetaan laitteessa olevaan kulhoon ja kuvassa oleva sekoitin pudotetaan astiaan. Sekoitin pyöriin kulhossa ja mittaa näytteen viskositeetin. Sekoittimen keskellä on myös lämpötila-anturi, joka mittaa suspension lämpötilan.





Kuva 6 Amylogrammi, joka kuvaa viskositeettia ajan ja lämpötilan suhteen. Aika on kuvaajan alareunassa, lämpötila yläreunassa sekä viskositeetti vasemmalla. Näytteenä on käytetty vehnä jauhoa, johon on lisätty ohramallaista, joka lisää entsyymiaktiivisuutta.

### 2.5.9 Tärkkelyksen liisteröitymisen vaikutus leivonnassa

Tärkkelyksen liisteröityminen alkaa noin 60 °C:ssa. Aluksi tärkkelys jyvät sitovat vapaata vettä taikinasta. Liisteröitynyt tärkkelys on lopulta itsekantava ja valtaa ympäröivistä proteiineista puoliläpäiseviä solukalvoja, joilla on hyvä kaasunpidätyskyky. Kaasunpidätyskyky on olennaisessa osassa leivän rakennetta, mutta tärkkelys antaa leivälle sisäisen lujuuden. Mikäli vapaata vettä ei ole taikinassa riittävästi, tärkkelys ei pääse kokonaan liisteröitymään. Liian alhainen vapaan veden määrä aiheuttaa paistonaikana sen, että proteiinien solukalvoilta siirtyy vettä tärkkelyksen käyttöön, ja tämä heikentää sitkon kaasunpidätyskykyä. Tärkkelyksellä on merkittävä vedenpidätyskyky leivän valmistuksessa. Tärkkelyksen liisteröitymiseen paistamisen aikana vaikuttavat jauhanassa tulleet vaurioitumiset tärkkelyksen rakenteeseen ja jauhon entsyymiaktiivisuus. [14, s. 133.]

### 3 Viljan jauhatusprosessi myllyssä

#### 3.1 Jauhatuksen valinta

Myllyissä viljan jauhatusprosessi määräytyy viljalajin ja haluttujen jauhotuotteiden mukaan. Eri viljalajien jauhatusmenetelmissä on eroavaisuuksia, ja tässä työssä tarkastellaan vehnän ja rukiin jauhatusprosessin vaihteita. Jauhatusprosessissa pyritään valmistamaan mahdollisimman paljon jauhoa erottamalla jauhoedin (endospermi) kuorikerroksista. Jauhatusprosessi on nykyaikaisissa myllyissä pitkälle automatisoitu.

#### 3.2 Jyvien puhdistus ja seulonta

Varastointisiloista vilja johdetaan seulakoneille puhdistettavaksi. Viljan puhdistusnopeus Helsingin Myllyssä on noin 7000 kg/h. Tämä esikäsittelyvaihe on suunniteltu poistamaan monenlaisia epäpuhtauksia. Seulontalaitteet käyttävät viittä eri erotusmenetelmää seulonnoissa. Nämä ovat koko, ominaispaino, muoto, väri sekä ilmanvastus. [14, s. 302–303.] Myllyistä riippuen laitteisto voi olla monivaiheinen, tai myllyssä voi olla hankittuna nykyaikainen puhdistus seulontakone, joka hoitaa koko puhdistusprosessin.

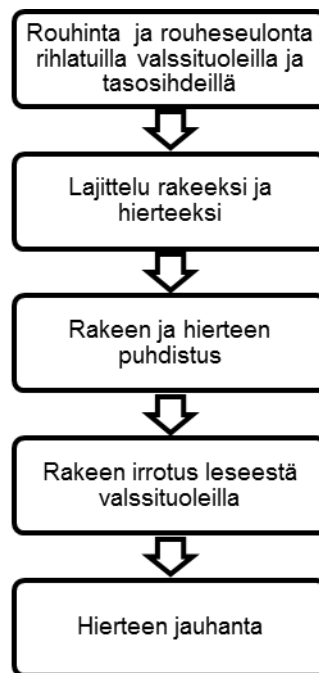
#### 3.3 Jyvien kastelu

Viimeinen vaihe ennen jauhamista on jyvien kastelu. Vettä lisätään kastelussa sen verran, että jyvien kosteuspitoisuus on kastelun jälkeen 15–17 %. Haluttuun kosteuteen vaikuttaa viljalaji ja alkuperämaa. Kovan vehnän ominaisuus on endospermin kristallinen rakenne, joka rikkoutuu jauhatuksessa isoiksi paloiksi. [17, s. 258.] Pehmeän vehnän rakenne on taas amorfinen ja tämän vuoksi endospermi murenee helpommin pieniksi partikkeleiksi. Kotimaista vehnää seisotetaan kastelun jälkeen 12 h. Erittäin kovaa ulkomaista vehnää voidaan joutua seisottamaan kastelun jälkeen jopa 72 h. Rukiin jyviä kastellaan 4 h. Kasteluun käytetty vesimäärä ja aika vaihtelevat viljatyypin ja lajin välillä. [14, s. 304.]

Kosteuttaminen on erittäin tärkeä vaihe ennen jauhantaa, etteivät endospermi ja lesekerrokset hajoa liian pieniksi palasiksi jauhatuksessa. Tällöin kaikkea lesettä ei saada erotettua jauhoista riittävän tehokkaasti, vaan jauhoista tulee pilkullista ja liian tuhkapitoista.

Riittävästi kostutetusta jyvistä lesekerrokset irtoavat helpommin ja suurempina leseinä, koska kastelu on turvottanut jyvää kokonaisuudessa. Kostunut endospermi leikkaantuu tai murenee jauhatusvaiheessa myös tasalaatuisesti. Liiallinen kastelu vaikeuttaa endospermin irrottamista leseestä, koska endospermi on tällöin kiinnittynyt leseeseen tiukemmin [17, s. 259–261.] Väärin kastellut jyvät voivat olla syynä koko jauhatusprosessin epäonnistumiseen. Nykyaikaisessa myllyssä käytetään automatisoitua kastelujärjestelmää, joka annostelee vettä jyvien kosteuspitoisuuden mukaan juuri oikean määrän. Kosteuspitoisuus laskee jauhatusvaiheessa, koska jyvien jauhanta valssituoleilla muodostaa lämpöä. Jauhon kosteuspitoisuus on jauhannan jälkeen 13–14 %. [14, s. 304.]

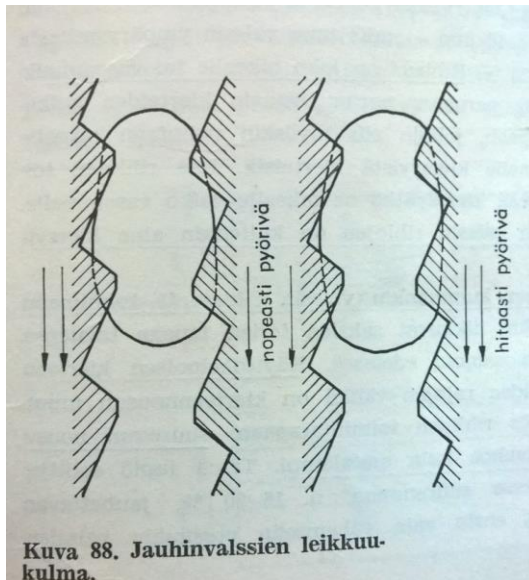
### 3.4 Vehnän jauhatus



Kuva 7 Viljan jauhatusprosessi yksinkertaistettuna

Jauhatuksen työvaiheet on esitetty kuvassa 7. Uudenaikaisissa myllyissä jauhatus suoritetaan valssituoleilla. Valssituoli koostuu kahden toistensa päälle asetetuista teräksisestä umpinaisesta sylinteristä. Valssin pinta on joko sileä tai rihlattu. Sileät valssit hiefontavat ainoastaan hankaamalla tai puristamalla. Rihlatut valssit leikkaavat jyvän rikki. Rihlojen kolmiomaiset terät eivät ole akselin suuntaisesti vaan muodostavat terävän kulman (kuva 8). Vastakkaisten valssien rihlat osittavat vastakkaisiin suuntiin, ja näin niiden leikkaustapa on saksimainen. Valssit pyöriävät erisuuntiin ja niiden nopeus erot ovat 2:1.

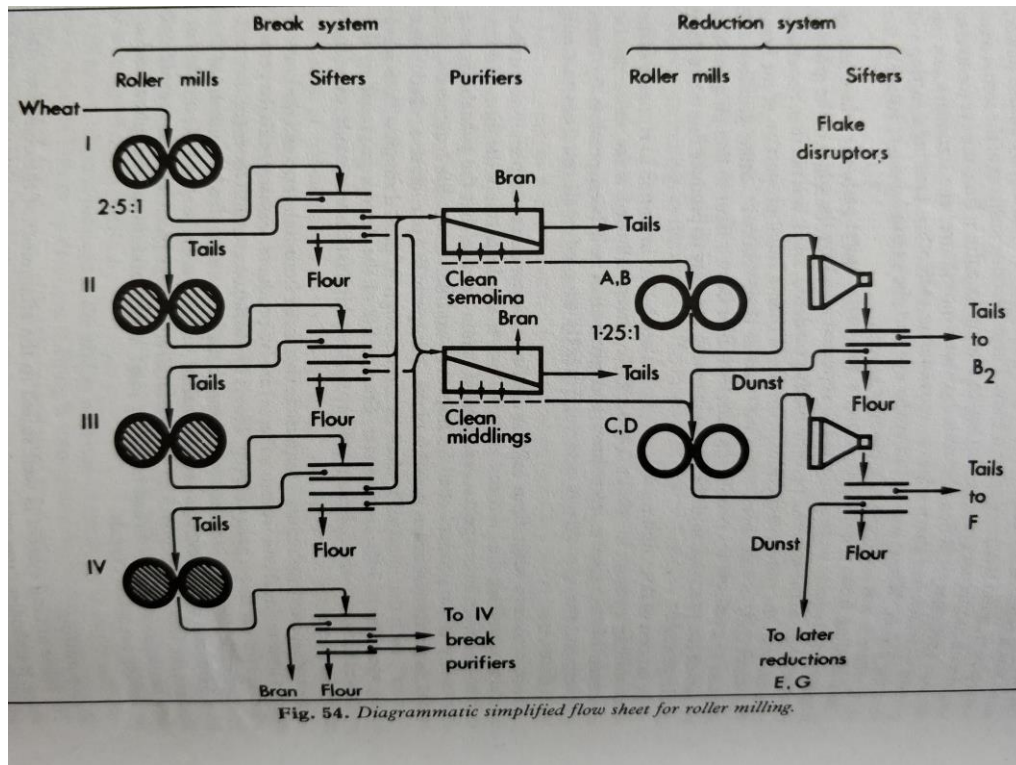
Toinen valsseista on kiinnitetty pysyvästi valssituoliin, toista valssia sen sijaan pystyy liikuttamaan, jolloin valssien etäisyyttä voi säätää. Valssien yläpuolella on vielä karkeasti rihlatut syöttövalssit, joiden tarkoituksena on syöttää tasaisesti jauhattava vilja valssituolien väliin. [14, s. 305–306.]



Kuva 8 Poikkileikkaus rihlavalssien leikkukulmasta. [10, s. 249.]

Jauhatuksen työvaiheita suoritetaan viljalajista tai halutusta tuotteesta riippuen 1–6 valssiparilla. Useampivaiheisessa rouhinnassa jyvää rikotaan vähitellen yhä pienemmäksi ja tämä tekee käsittelystä hellavaraisempaa, jolloin leseosa saadaan pysymään ehjempänä ja jauho-osasta saadaan valkoisempaa. [14, s. 305–308.]

Jokaisesta valssiparista rakeet ja hierteet johdetaan puhdistettavaksi, sekä jauhot kulkeutuvat tasoseuloille lajiteltaviksi, jossa niistä saadaan eroteltua jauholaadut erilleen. Rakeet ja hierteet kulkeutuvat takaisin hienonnettavaksi valssille ja seulottaviksi (kuva 9). Ensimmäiseltä jauhatusvalssilta eli rouhevalssilta saadaan noin 3 % jauhoista, kun vastaavasti ruisjauhatuksessa tämä saanto on 25 %. Seuraavissa valssituoleissa valssit ovat jonkin verran hienommin rihlattuja ja joka vaiheessa lähempänä toisiaan. Jauhatuksen alkuvaiheessa saatu jauho on ladultaan parhainta ja sen tuhkapitoisuus on 0,45–0,55 %. Viimeisissä valssituoleissa rouheista ja leseistä irtoava jauho on kaikkein heikkolaatuisinta, koska se sijaitsee jyvässä lesekerrosten vieressä. Tämä on niin sanottua jälkijauhoa, jonka tuhkapitoisuus on suurempaa. Viimeisessä puhdistusvaiheessa saatujen jauhon tuhkapitoisuus on 0,9–1,8 % ja näiden jauhojen leivontalaatu heikkoa. Jälkijauho menee myllyiltä eläinrehuksi. [14, s. 306–307.]

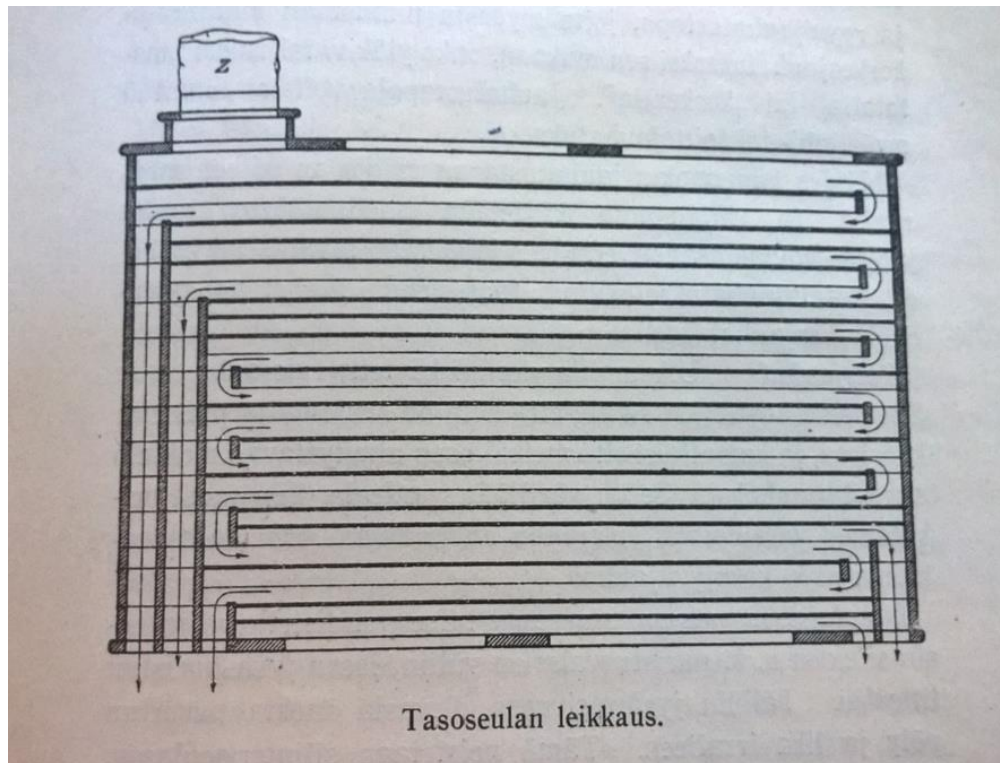


Kuva 9 Yksinkertaisen jauhprosessin kaaviokuva. [19, s.140.]

Vehnäjauhon yksinkertaisessa jauhatuksen kaaviokuvassa (kuva 9) on havainnollistettu jauhatusta. Jyvät kulkevat karkeapintaisten valssituolien (*Roller mills*) kautta sihdeille ja osa jauhatuksesta jatkaa sihtikaappien (*Sifters*) jälkeen lisäjauhatukseen tai puhdistukseen (*Purifiers*). Jauhatuksen alussa vehnän jyvistä erotetaan mannaryyni (*semolina*). Jauhatuksen alkuvaiheessa tasoseuloilta ohjataan myös lese pois. Seuraavassa vaiheessa vehnäjauhoa jauhetaan hienommaksi (*Reduction system*). Hienontamisessa valssituolit ovat sileäpintaista ja niiden nopeus on hitaampi kuin ensimmäisten valssituolien. Hienontamisen jälkeen jauhoja seulotaan sihtikaapeissa ja liian karkeiden jauhojen hienontamista jatketaan seuraavilla valssipareilla. [19, s. 140–143.]

### 3.5 Jauhojen seulonta

Jauhojen seulonta tapahtuu tasoseuloilla sihtikaapeissa. Eri karkeusasteiset jauhot tulevat valssituoleilta tasoseuloille. Jokaisen valssituolin jälkeen on oma tasoseula, jossa on eri tiheysasteiset seulat. Tasoseulojen sijainti sihtikaapissa on esitetty kuvassa 10. Tasoseulan koostuu kaksipuolisesta rakenteesta, jonka toisella puolella on nailonista tehty kangas ja alapuolella harva metalliristikko. [14, s. 307–308.]



Kuva 10 Tasoseulan rakenne sihtikaapissa [20, s. 167.]

Sihtikaappia pyörittää epäkeskopyörä ja toimintaa tasapainottaa vastapaino. Sihtikaappi tekee ympyrän muotoista liikettä. Seulottava jauhatustuote tulee sihtikaappiin tasoseulalle ylimpänä olevalle seulalle, joka erottaa karkeimman osan. Tämän seulan alla on useampia eri tiheysasteisia seuloja, jotka seuloivat eri tarkoituksiin sopivia jauhoja. Jokaisen seulan alla on peltinen pohja, jolle seulottu jauho kerääntyy. Näiltä peltisiltä pohjilta jauhot kulkeutuvat pyörivän liikkeen ja harjasten tai eräänlaisten kiekkojen avustamana eteenpäin prosessissa, joko lisäjauhatukseen, jauhosiiloihin tai lese- ja rehusiiloihin. [14, s. 307–309; 17, s. 155–157.]

### 3.6 Rukiin jauhatus

Suomessa valmistetaan pääasiallisesti ruisjauhoa, joka sisältää jyvän kaikki jyvän osat. Tätä jauhoa kutsutaan kokojyvä- eli täysjauhoksi. Ruisjauhatuksessa jyvät jauhetaan rihlatuilla valsseilla ja hienonnetaan vasaramyllyssä, jossa leseosat menevät pienemmiksi. Rukiin jauhatusprosessi on yksinkertaisempi kuin vehnäjauhon. Täysjyväruisjauhoa ei seulota kuten vehnäjauhoa, vaan sen karkeusaste seulotaan seuloilla, joista sopiva karkeusaste menee lävitse. [1, s. 24.]

Rukiin jauhatustuotteita ovat myös ruissihtijauho ja ruislestyjauho. Ruislestyjauho on rukiin endospermistä tehtyä jauhoa ja ruissihtijauho sisältää endospermin lisäksi hienoksi jauhettua kuorikerrosta. [1, s. 24.]

## 4 Vehnäjauhojen laadun merkitys leivonnassa

### 4.1 Vehnäleivonta

Vehnätaikinan valmistamisessa on useita tekijöitä, jotka vaikuttavat taikinan muodostumiseen ja hyvään lopputulokseen leivonnassa. Taikinan sekoittamisella halutaan saada aikaan veden sitoutuminen jauhon komponentteihin. Jauhopartikkelien makromolekyylit proteiinit ja arabinoksytaanit sitovat vettä. Vettä täytyy olla tarpeeksi ja osan vedestä on jäättävä vapaaksi, jotta hiiva ja entsyymit toimivat. Sekoituksen aikana taikinaan kohdistuu leikkausvoimia, jolloin vesi pääsee sitoutumaan jauhopartikkelien monille pinnoille. Sekoittaminen saa aikaan sitkoproteiinien sitoutumisen ja yhteenliittymisen muodostaen sitkon eli gluteenin, josta muodostuu taikinan jatkuvan faasi. Sitkon optimaaliseen kehittymiseen tarvitaan riittävää sekoitusintensiiteettiä, jolloin sitkoproteiinit muodostavat taikinan kokonaiskonsistenssin huipputasoon. Liika sekoittaminen laskee konsistenssia. Sitkoverkoston muodostuessa taikinaan sekoittaminen aikana myös ilman sitoutuu taikinaan pieniksi kaasurakkuloiksi. Nämä kaasurakkulat toimivat nukleaatiokohtina, joihin hiivan muodostaman hiilidioksidin purkautuu. [21, s. 30–32.]

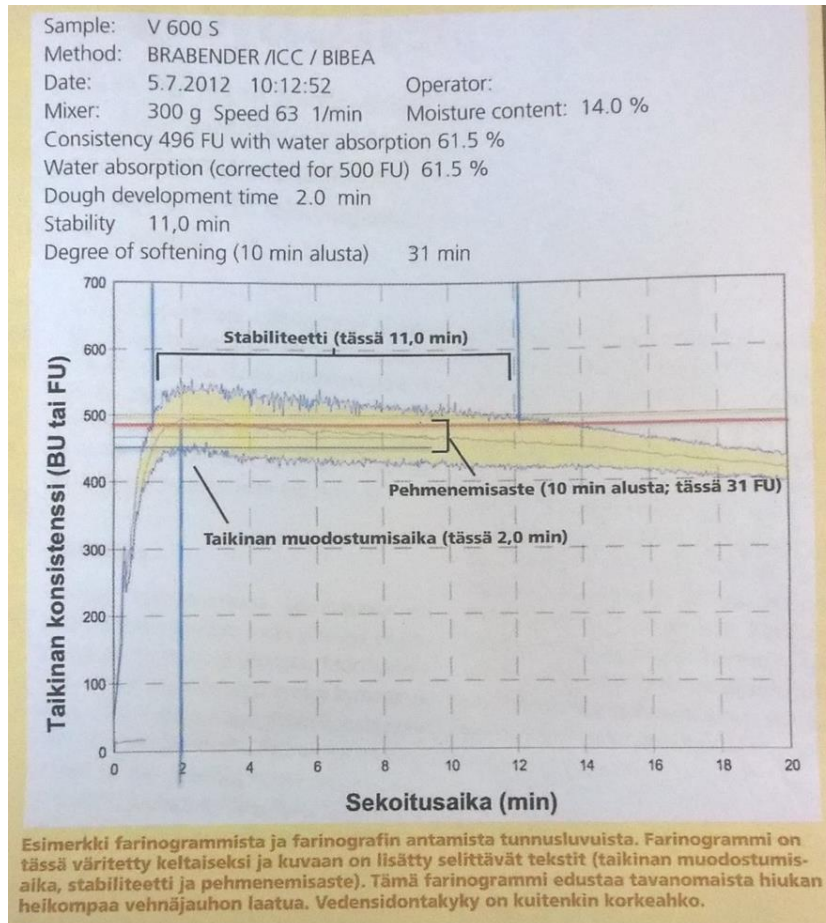
### 4.2 Vedensidonta

Jauhojen vedensidonta on tärkeä tieto leipurille. Mikäli vedensidonnassa on suuria muutoksia jauhoerien välillä, tuottaa se ongelmia taikinan käsittelyssä. Jauhojen vedensidontan kasvaminen tekee taikinasta kovempaa ja veden sidonnan laskeminen tekee taikinasta tarttuvaisempaa.

Jauhojen vedensidonta määritetään farinografilla. Menetelmällä haetaan kokeilemalla vesimäärä, jolla saadaan taikinan maksimikonsistentiksi 500 BU (Brabender-yksikköä). Maksimikonsistentti on käyrän ylin kohta keskikohdalta mitattuna (kuva 11). Vedensidonta ilmoitetaan prosentteina jauhon painosta. Vedensidonta eli absorptio on tyypilli-



sesti 60 %:n tuntumassa. Tämä tarkoittaa taikinan valmistamisen kannalta, että esimerkiksi vedensidonnann ollessa 62 %, 1 kg:en jauhoa pitää lisätä 0,62 l vettä. Tällä tavoin taikinasta saadaan konsistenssiltaan leivontakelpoinen taikina. [1, s. 22.]



Kuva 11 Esimerkkikuva farinogrammista [1. s.22] Farinogrammin muodostamasta käyrästä voi päätellä jauhojen suorituskyvystä leivonnassa.

#### 4.2.1 Taikinan sekoituskestävyys ja muodostumisaika

Stabiiliteetillä eli sekoituskestävyydellä tarkoitetaan aikaa, jonka käyrä pysyy halutun, tässä (kuva 11) tapauksessa 500 BU:in yläpuolella. Mikäli käyrä laskee nopeasti, on kyseessä heikko jauho. Heikoissa jauhoissa on alhainen proteiinipitoisuus ja sitko venyvää ja sitko heikkenee nopeasti sekoituksen aikana. [1. s. 20–22]

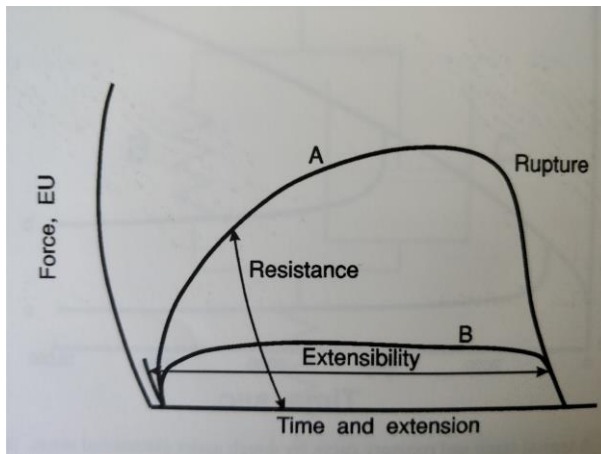
Taikinan pehmeneminen, josta käytetään myös tässä yhteydessä yleisesti ilmaisua konsistenssi, tarkoitetaan taikinan paksuutta, jäähmyyttä, kiinteyttä tai virtaavuutta. Tämä voidaan mitata halutessa 10 min sekoituksen alusta tai 12 min käyrän korkeimman kohdan



saavuttamisen jälkeen. Tämä matka on keskimmäisen käyrän korkeimman kohdan ja halutun ajankohdan välinen erotus korkeudesta. Pieni pehmenemisluku kertoo, ettei taikinan konsistenssi muutu pitkässäkään sekoituksessa. Suuri luku esimerkiksi 100 BU kertoo nopeasti löystyvistä taikinasta, tällöin myös taikinan stabiilitetti on huono. [12, s. 22–24; 14, s. 324–326.]

#### 4.2.2 Venyvyysvastus ja venyvyys

Tässä analyysissä taikina valmistetaan vakio-olosuhteissa käyttäen farinografia. Taikinaan lisätään suolaa 2 %, joka on tyypillinen määrä leipätaikinoissa. Suolan lisäys vaikuttaa taikinassa olevan gluteeniverkostoon supistamalla ja vahvistamalla tämän rakennetta. Ilman suolaa valmistettu taikina on pehmeämpi ja tahmeampi kuin normaali taikina. [18, s. 110.] Menetelmässä valmistetaan jauhoista, vedestä ja suolasta taikina, joka vastaa normaalia vehnätaikinaa. Venyvyyttä testataan yleisesti 45 min :n lepoajan jälkeen, mutta esim. raskitusleivonnassa menetelmässä voidaan käyttää 90 ja 135 min :n lepoaikoja kuvaamaan taikinan venyvyyttä ja vastusta. [14, s. 325.] Laite piirtää käyrän eli ekstensogrammin (kuva 12), jonka korkeus kertoo venymisen vastustamisen määrän ja pituus kertoo taikinan venyvyyden. Käyrän muoto kertoo jauhon vahvuuden. Menetelmää käytetään myllyissä kertomaan askorbiinihapon lisäyksen tarvetta. [1, s. 23.]

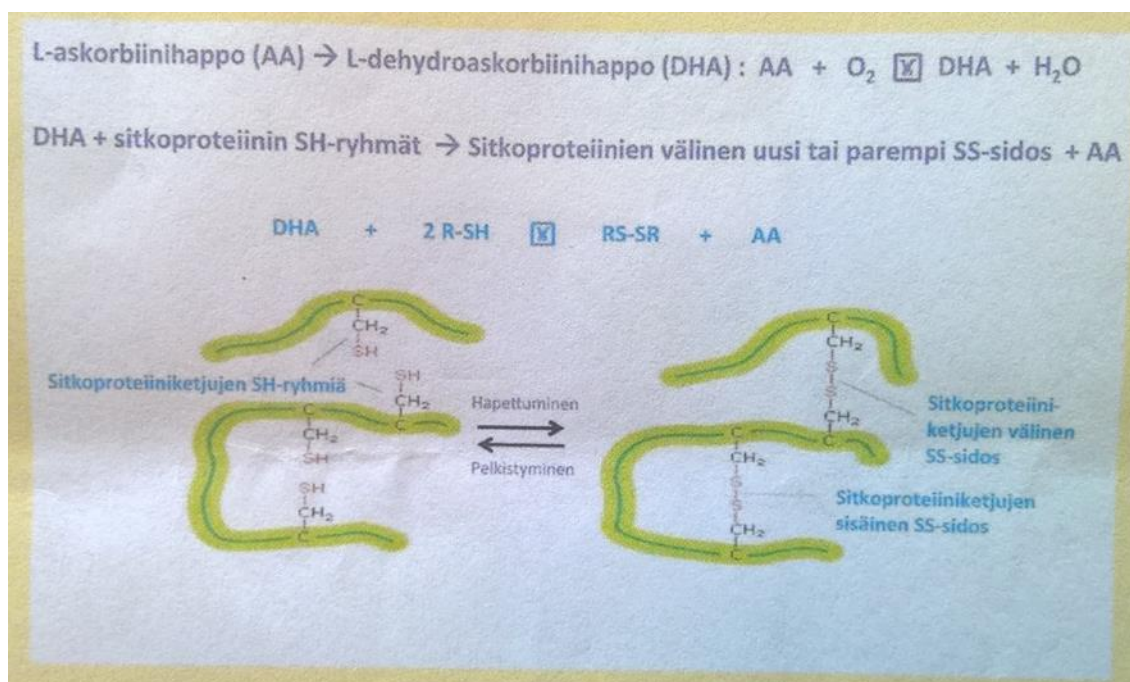


Kuva 12 Ekstensogrammit leivontaominaisuuksiltaan erilaisille taikinoille. A:n kaltainen käyrä muodostuu hyvän leivontaominaisuuksien kaltaiselle jauholle. B-käyrä taas kuvaa huonoa elastisuutta ja heikkoalaa- tuista leivontaominaisuuksia. [14, s. 286.]

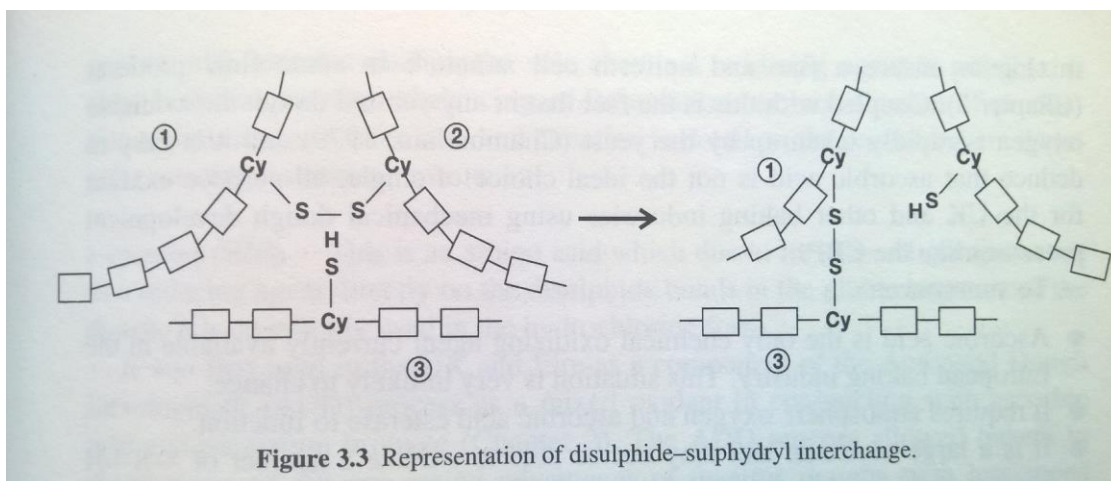
#### 4.2.3 Askorbiinihapon vaikutus

Askorbiinihappo (E 300) tunnetaan myös C-vitamiinina. Jauhoihin lisättyinä askorbiinihappo toimii jauhonparanteena. Valmiissa leivässä sillä ei ole kuitenkaan merkitystä ihmiselle C-vitamiinin saannin kannalta, koska se hajoaa taikinassa ja paistossa.

Askorbiinihapon merkitys taikinanmuodostuksessa on hapetus-pelkistysreaktioissa. Tämä reaktio tapahtuu taikinaa vaivatesa gluteeniverkoston rakentuessa taikinaan. Askorbiinihapon vaikutus on entsyymien ohjaamaa ja reaktion tapahtumiseen tarvitaan happea. Vaihto on havainnollistettu (kuvissa 13 ja 14). Reaktiota kutsutaan disulfidivaihdoksi. Tapahtumassa sitkoproteiinien -S-H-ryhmistä (tioliryhmistä) syntyy disulfididoksia -S-S- sidoksia. Reaktioita tapahtuu gluteenirakenteen sisällä ja molekyylien välillä. -S-H-ryhmät ja askorbiinihapon hapettunut muoto DHA (dehydroaskorbiinihappo) ovat hyvin reaktiivisia ja vaihtoreaktioita eli pelkistymistä ja hapettumista Tioli ja disulfidi välillä tapahtuu taikinaa vaivatesa (kuva 13). Tioli-ryhmien muuttuminen disulfidi-sidoksiksi tuottaa vakaamman, vahvemman ja joustavamman gluteeniverkoston, joka pystyy laajentumaan rikkoutumatta kaasukuplien nopean kasvun aikana uunipaistossa. Disulfididosten muodostumista tai vaihtoreaktioita tapahtuu jonkin verran sekoituksen alussa, mutta parhaiten nopealla spiraalisekoituksella, jolloin happi pääsee hyvin taikinan joukkoon. [1, s. 25.]



Kuva 13 Askorbiinihapon osallistuminen hapetus-pelkistysreaktioon [1, s. 25.]



Kuva 14 kuvaus disulfidi ja tioliryhmän vaihdosta sitkoproteiinien välillä [14, s 57]

Sekoituksen voimakkuudella ja kestolla on yhteisvaikutuksia askorbiinihapon kanssa. Näiden yhteisvaikutukset muodostavat vahvemman taikinän ja tilavuudeltaan suuremman leivän. Askorbiinihappoa lisätään yleisesti valkoiseen vehnäjauhoon 10–40 g / 1000 kg. Hiivaleipävehnäjauhoon lisätään enemmän askorbiinihappoa. Askorbiinihapon liisäykseen vaikuttavia tekijöitä on jauhon säilytysaika ja -paikka ennen leivontaa, koska jauhossa tapahtuu hapettumista säilytyksessä ja paineistetussa jauhonsiirrossa. Mikäli jauho ei sisällä lisättyä askorbiinihappoa ja jauhon heikko laatu sitä vaatii, voidaan tätä lisätä taikinän tekovaiheessa. [1, s. 25; 14, s. 55–59.]

#### 4.2.4 Tuhkapitoisuus

Tuhkapitoisuus on merkityksellinen jauhojen laatuksiteeri ja tämä ilmoitetaan joko prosentteina jauhosta tai laatuksiluokkina. Yleismaailmallisesti jauhojen myynnin hintaluokkina käytetään laatuksiluokkia 00, 0 ja 1 (taulukko 1). [14, s. 321.]

Taulukko 1 Jauhojen luokittelu tuhkapitoisuuden mukaan [14, s. 321.]

| laatuksiluokka | Tuhkapitoisuus % |
|----------------|------------------|
| 00             | < 0,5            |
| 0              | <0,65            |
| 1              | >0,8             |

Korkea tuhkapitoisuus tarkoittaa, että jauhoissa on paljon lese- ja muiden kuorikerrosten osuuksia. Tämä vaikuttaa valmiin leivän väriin ja makuun. Kuoriosat sisältävät paljon

alfa-amylaasientsyymiä, joka laskee jauhojen sakolukua. Korkea tuhkapitoisuus vaikuttaa leivän ravitsemukselliseen arvoon, mutta leipätilavuus pienenee tuhkapitoisuuden kasvaessa. [12, s. 24.] Jauhotyyppejen tuhkapitoisuus on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2 Eri jauhotyyppejen tuhkapitoisuuksia [12, s. 24.]

| jauhotyyppi            | Tuhkapitoisuus % |
|------------------------|------------------|
| ydinvehnäjauho         | < 0,55           |
| Puolikarkea vehnäjauho | 0,55-0,75        |
| hiivaleipäjauho        | 1,21-1,7         |
| grahamjauho            | >1,7             |
| Karkea vehnäjauho      | <0,65            |
| ruisjauho              | > 1,4            |
| sihtiruisjauho         | <1,4             |
| lestyruisjauho         | < 0,8            |

## 5 Ruisleivonta

### 5.1 Hapattamisen merkitys ruisleivonnassa

Perinteisessä ruisleivonnassa käytetään hapattamista parantamaan täysjyväruisleivän leivonta ominaisuuksia ja ravintoarvoja. Hapatetussa ruisleivässä voidaan käyttää myös alhaisen sakoluvun ruisjauhoja. Taikinan hapattamisella on pitkä historia. Hapattamista käytettiin ennen nykyisen leivinhiivan löytämistä ja teollista valmistusta parantamaan leivän rakennetta eli tekemään siitä pehmeämpää ja helpommin syötävää. Hapan ruisleipä valmistetaan raski-menetelmällä, jossa osa taikinasta muodostuu raskista, joka sisältää paljon mikrobeja, sekä lisätystä ruisjauhosta, vedestä, suolasta ja hiivasta. [23, s. 34.]

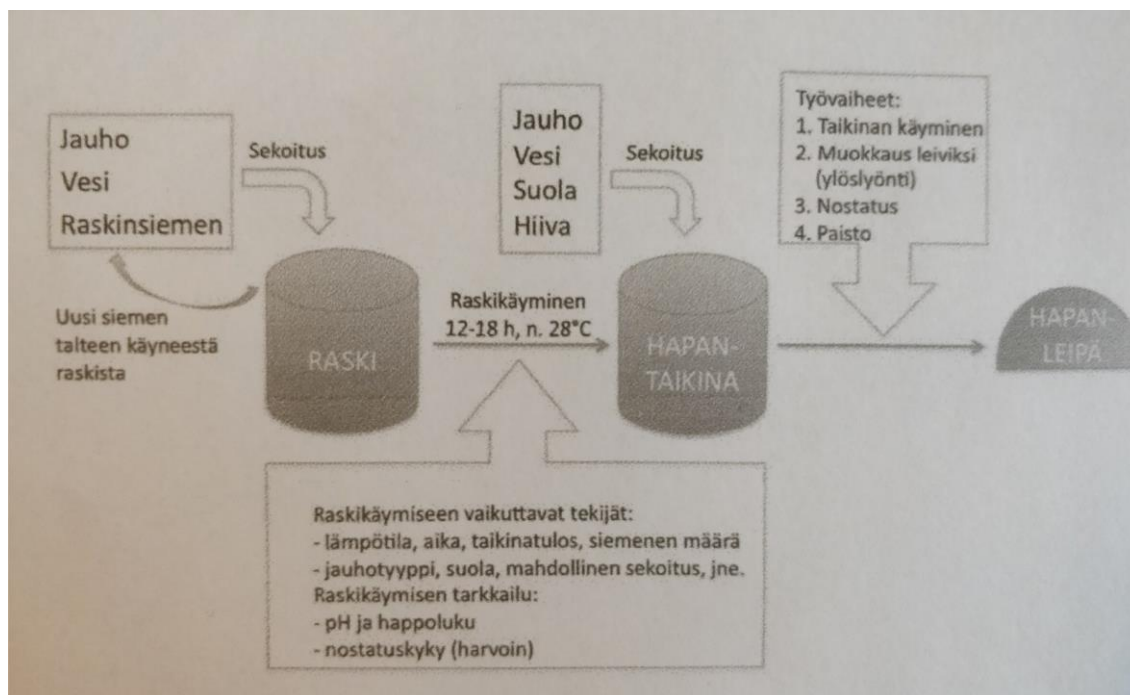
### 5.2 Ruisleivonnan vaiheet

Raskitusmenetelmällä tehdyn leivonnan vaiheet voidaan jakaa 7 eri vaiheeseen (kuva 15), jotka ovat

1. raskin sekoitus
2. raskikäyminen
3. taikinan valmistus
4. taikinan käyminen
5. leivän muotoilu eli ylöslyöminen

6. leivän nostatus

7. paisto.



Kuva 15 Raskista valmistetun hapanleivän vaiheet kaaviona [23, s. 34.]

### 5.3 Raskin valmistus

Ruisleivontaan kuuluu olennaisesti juuritaikinan eli raskin valmistus. Suomessa juuritaikinaista käytetään yleisesti nimitystä raski. Raski valmistetaan sekoittamalla edellisestä ruisleivän leivonnasta sivuun otetusta raskinsiemenestä, vedestä ja ruisjauhosta löysä taikina (kuva 15). Raskin siementä käytetään leipomokohtaisesti 5–30 % raskin kokonaismäärästä. Siemenraski on lähes poikkeuksetta Suomessa leipomon omaa raskia. Ulkomailla yleisesti käytetyt raskinsiemenet eli starterit eivät ole saaneet suurta suosiota Suomessa. Suurin syy on todennäköisesti jatkuva ruisleivän valmistus leipomoissa, jolloin raskinsiemenen ottaminen edellisestä leivonnasta on suhteellisen helppoa ja tämä tulee myös edullisemmaksi kuin erikseen ostettu raskin siemen. Suomessa omalla raskinsiemenellä ja talon omalla ruisleivällä on myös mainenäkökulma, jota halutaan käyttää markkinoinnissa. [23, s. 34.]

Siemenraski sisältää  $10^{8-9}$  pmy/g maitohappobakteereja ja  $10^{7-8}$  pmy/g hiivoja. Raskileivonnassa hyödynnetään taikinassa olevien mikrobien, maitohappobakteerien sekä hii-vojen aineenvaihdunnan sivutuotteita. Raskin annetaan happamoitua lämpimässä esi-

merkiksi 28 °C:ssa 12–18 tuntia. Tänä aikana raskissa olevat mikrobit lisääntyvät. Mikrobit tuottavat raskissa happoja, hiilidioksidia sekä aromiaineita. Raskin tilaa voidaan seurata aistinvaraisten menetelmien lisäksi pH- ja lämpömittarilla. Muita mahdollisia raskin tilan seurantamenetelmiä ovat happomäärän ja mikrobipitoisuuden tarkastelu. [23, s. 36.]

#### 5.4 Mikrobin merkitys raskinleivonnassa

Raskin käydessä siinä tapahtuu maitohappokäymistä ja alkoholikäymistä. Maitohappo- ja alkoholikäymisen aiheuttavat raskissa olevat maitohappobakteerit. Maitohappobakteerit fermentoivat jauhon sokereita maitohapoksi ja etikkahapoksi. Raskissa olevat maitohappobakteerit ovat yleisimmin laktobasilleja. Laktobasillit jaetaan metaboliaaltaan heterofermentatiivisiin ja homofermentatiivisiin. Heterofermentatiiviset maitohappobakteerit muodostavat maitohapon lisäksi etikkahappoa tai etanolia ja hiilidioksidia. Homofermentatiiviset maitohappobakteerit muodostavat hajonneesta tärkkelyksen glukoosista vain maitohappoa. [23, s. 37.]

Raskissa olevat luontaiset jauhoista ja ympäristöstä tulleet hiivat aiheuttavat alkoholikäymistä, joka tuottaa raskiin paljon hiilidioksidia. Hiivojen tuottama hiilidioksidi aiheuttaa raskin kuohumista ja taikinan nousemista. [23, s. 37.]

Raskin käymiseen vaikuttaa käymisolosuhteet, mikrobikannat sekä jauhojen ja veden suhde. Nämä tekijät vaikuttavat, paljonko maitohappoa ja etikkahappoa muodostuu ja mikä näiden suhde on. Raskin lämpötilaksi voidaan asettaa lisättävän veden avulla hiivoja ja heterofermentatiivia bakteereja suosiva lämpötila esim. 26–28 °C. Raskin lämpötila nousee mikrobimäärän kasvaessa. Liian korkea lämpötila 42 °C ja yli aiheuttaa hiivojen ja heterofermentatiivisten maitohappobakteerien kuolemisen. Korkeammassa lämpötilassa viihtyvät homofermentatiiviset maitohappobakteerit. Lämpötilan säätelyllä raskia hapatettaessa voidaan säädellä mikrobikantaa ja raskin happomääriä sekä maidon ja etikkahapon suhdetta. [23, s. 37–38.]

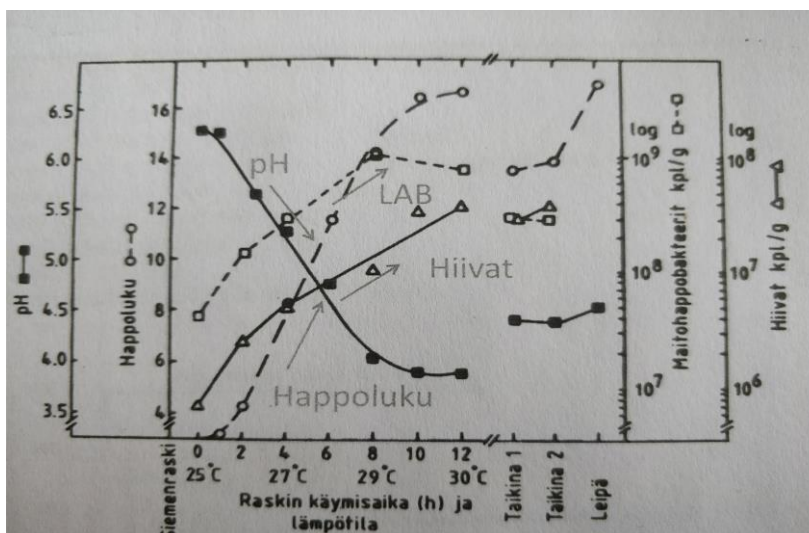
Raskiin muodostuu enemmän maitohappoa kuin etikkahappoa. Näiden happojen suhde ja hallinta raskissa ja ruisleivässä on tärkeässä osassa ruisleivänvalmistuksessa. Voimakkaasti happamassa leivässä maitohapon määrä on 0,8–1,0 % ja etikkahapon määrä 0,1–0,2 %. Voimakkaasti happaman leivän pH on 4,1–4,4. Liiallinen etikkahapon määrä

aiheuttaa väkevää makua ja aromia leipää, mutta sopivassa määrin etikkahappo antaa leivälle raikkaan maun, tuoksun ja estää leivän homehtumista sekä torjuu valmiin leivän rihmatautia. [23, s. 37.]

Happaman ruisleivän valmistuksessa tärkeintä saada raskin pH alenemaan 4.5 :n alapuolelle. pH:n ollessa alle 4,5 ruisjauhoissa oleva alfa-amylaasientsyymi ei kykene toimimaan. Tämän vuoksi ruisleivässä voidaan käyttää itänyttä ruista, jonka sakoluku voi olla jopa 70. Käytännön kokemus leipomoissa on osoittanut, että korkea alfa-amylaasientsyymipitoisuus ruisjauhoissa parantaa raskin hiivojen lisääntymistä, koska tärkkelyksen pienemmät sokerimolekyylit ovat nopeammin hiivojen käytettävissä. Alfa-amylaasin aktivisuus taikinassa aiheuttaa tärkkelyksen liiallista pilkkoontumista aina maltoosiksi asti. Hiiva taasen ei kykene käyttämään aineenvaihdunnassaan maltoosia vaan tarvitsee suurempia sokerimolekyylejä kuten mono- ja disakkarideja. Happamuuden lisääntyminen raskissa inhiboi alfa-amylaasientsyymien toimintaa. Tällöin kaikki sokerit eivät pilkkoudu liian pieniksi molekyyleiksi (maltoosi ja dekstriini) vaan hiiva kykenee käyttämään niitä aineenvaihdunnassaan. [2, s. 97–98]

Tyypillinen pH raskissa 12–18 h hapattamisen jälkeen on 3,7–3,9, ja valmiissa leivässä pH on tällöin 4,4–4,5. Raskissa tapahtuu spontaanista lämmön nousua fermentointiprosessin aikana, ellei prosessia säädellä ulkopuolisen jäähdytyksen avulla (kuva 16). Fermentointiprosessin aikana maitohappobakteerien määrä nousee maksimissaan  $10^9$  pmy/g ja hiivojen kokonaismäärä kasvaa  $10^7$ – $10^8$  pmy/g. Maitohappobakteerien lisääntyminen hidastuu ja kääntyy laskuun kun raskin pH laskee alle 4 :n. [2, s. 95.] Maitohappobakteerin ja hiivojen lisääntyminen on mahdollista niin kauan kunnes näiden kriittinen pH saavutetaan. [14, s. 332.]





Kuva 16 Teollisen ruisleivän valmistusprosessin mittaustuloksia. Kuvasta voi nähdä miten ruisraskin mikrobimäärät, pH happamuus ja lämpötila muuttuvat ajan suhteen [23, s. 37.]

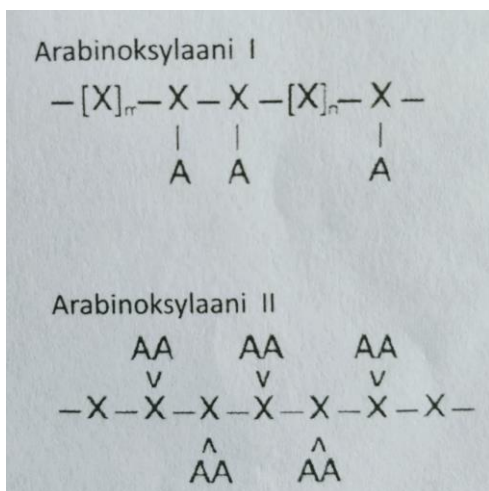
## 5.5 Raskin merkitys ruisleivän rakenteeseen

Rukiin proteiinirakenteet eroavat vehnän pääkomponenteista. Rukiin proteiinit eivät muodosta samanlaista sitkoa kuten vehnän gluteiini ja gliadiini. Vaikka vehnän ja rukiin proteiinit ovat hyvin samankaltaisia, pieni ero syntyy vehnän sitkoproteiinin rakenteessa, joka muodostaa veden kanssa viskoelastisen verkkorakenteen. Rukiin proteiinien heikkoon sitkon muodostukseen vaikuttaa erilainen aminohappokoostumus ja aminohappojärjestys. Rukiin sitkoproteiinit sisältävät enemmän kysteiniä ja vähemmän glutamiinia vehnän vastaaviin proteiineihin verrattuna. Nämä tekijät vaikuttavat proteiinien hydrofobisiin ominaisuuksiin. [24, s. 17.] Rukiin proteiineista vesiliukoisia raskituksen ansiosta on jopa 80 %, kun vehnäjauhon proteiineista vesiliukoisia on vastaavasti noin 10 %. [24, s. 18.]

Taikinaa sekoittaessa rukiin proteiinit eivät muodosta samankaltaista sitkoa kuin vehnä, joten taikinasta ei tule elastista ja koossapysyvää, vaan rakenne jää tarttuvaksi ja irtomaiseksi. Jotta rukiista pystytään leipomaan leipää, johtuu rukiin sisältämistä kuiduista eli pentosaaneista tarkemmin arabinoksyylaaneista. Pentosaaneja on erityisesti rukiin kuorikerroksissa. Raskituksessa ruisjauhon proteiinit ja pentosaanit osittain liukenevat ja hajoavat entsymaattisesti. Näihin reaktioihin vaikuttavat aika, lämpötila ja taikinan vesipitoisuus. [23, s. 35.]



Pentosaanit (kuidut) ovat polysakkarideja ja rukiissa erityisesti ksyloonisokeriketjuja. ja tarkemmin vielä arabinoksylaaneja. Täysjyväruisjauho sisältää 5–7 % pentosaaneja eli arabinoksylaaneja. Rukiinleivontaominaisuuksien kannalta arabinoksylaanin tärkein tehtävä on veden sitominen. Arabinoksylaani sitoo itseensä liuenneena vettä jopa kymmenkertaisesti oman painonsa verran. Osa arabinoksylaaneista liukenee hitaasti raskituksen ja leivonnan aikana. Näillä liukenevilla arabinoksylaaneilla on suotuisa vaikutus ruistaikin rakenteeseen. Liunneeseen arabinoksylaaniin yksikköön liittyy ferulahappo, jonka toiseen päähän kiinnittyy toinen arabinoksylaani (kuva 17). Näiden reaktioiden tuloksena syntyy leivonnan kannalta tärkeä verkosto, joka korvaa puuttuvan sitkon. [23, s. 35.] Arabinoksylaanien vedensidonnalla ja verkoston muodostumisella on myös positiivisia vaikutuksia hiilidioksidin karkaamiseen taikinan sisältä paistonaikana. Leivän kypsymisen aikana mekaanisesti tai entsymaattisesti hajonneet proteiinit ja vettä itseensä sitonut pentosaani (kuitu) sekä liukenemattomat kuoren osat liimautuvat yhteen. Tämä tiheä verkosto estää taikinassa olevan hiilidioksidin diffuusiota, jolloin leivän tilavuus saadaan kasvamaan. Lisäksi pentosaanien hyvä vedenpidätyskyky tekee leivästä pehmeää ja tuoreen tuntuista. [25, s. 208.]



Kuva 17 Arabinoksylaanin rakenne. Ylempään ksyloosiketjuun on liittyneenä yksi tai kaksi arabinoosisokeria. Arabinoosiin voi edelleen liittyä ferulahappo, joka puolestaan voi liittyä toiseen arabinoksylaanin ferulahappoon. Tällöin syntyy ruisleivän rakenteelle tärkeä verkosto. [23, s. 35.]

## 6 Materiaalit ja menetelmät

### 6.1 Näytteet

Kokeissa käytettiin mahdollisimman korkean sakoluvun puolikarkeaa vehnäjauhoa (näyte 7.3.2016, Helsingin Mylly Oy) ja täysjyväruisjauhoa näyte (13.4.2016, Helsingin Mylly Oy). Kokeessa käytetyn puolikarkean vehnäjauhon sakoluku oli 360 ja täysjyväruisjauhon sakoluku 302.

Jauhojen sakolukua laskettiin ohramallasuutteella (Laihian Mallas), jotta saataisiin saman jauhoerän jauhoihin kolme erilaista alfa-amylaasientsyymin pitoisuutta (Pitoisuudet olivat n. 0,001 % ja 0,004 %) Tällä pyrittiin pois sulkemaan muut muuttuvat tekijät, jotka vaikuttivat jauhojen leivontalaatuun. Ohramallasuutteen spesifikaatio löytyy liitteestä 1. Sakoluku mitattiin jauhonäytteistä useampaan kertaan, koska mittausten välillä on suurta hajontaa. Taulukossa 3 on mittaustulosten keskiarvot.

Taulukko 3 Koeleivonnoissa käytettyjen vehnäjauhojen ruisjauhojen sakoluvut

| <b>Puolikarkea vehnäjauho</b> | <b>Sakoluku</b> |
|-------------------------------|-----------------|
| Ilman lisättyä ohramallasta   | 360             |
| Lisätty ohramallasta          | 227             |
| Lisätty ohramallasta          | 99              |

| <b>Täysjyvä ruisjauho</b>   | <b>Sakoluku</b> |
|-----------------------------|-----------------|
| Ilman lisättyä ohramallasta | 302             |
| Lisätty ohramallasta        | 157             |
| Lisätty ohramallasta        | 89              |

## 6.2 Laatutekijöiden analysointi jauhoista

Jauhojen laatutekijät analysoitiin Helsingin Myllyn laboratoriossa.

Jauhojen kosteus: Analyysimenetelmänä käytettiin ICC standardiin nro 110/1. [26.] Laitteina Termarks TS4057 Oven, Gemini BV, Hollanti ja analyysivaaka Precisa 80A-200M, Sveitsi.

Sakoluvun määrittäminen: Analyysimenetelmänä käytettiin ICC-standardiin nro.107. [26.] Laitteina käytettiin Perten SHAKEMATIC 1095 ja Perten FALLINGNUMBER FN1900, Perten, Uusi-Seelanti.

Vedensidonnaisuuden määrittäminen: Analyysimenetelmänä käytettiin ICC-standardi nro 115/1. [26.] Laitteena Farinograph-AT, Mixer S300N, Brabender GmbH&CO.KG, Germany.

Venytysoireiden määrittäminen: Analyysimenetelmänä käytettiin ICC-standardi nro 114/1. [26.] Laitteena Extensograph-E, Brabender GmbH&CO.KG, Germany.

Tärkkelyksen liisteröityminen: Analyysimenetelmänä käytettiin ICC-standardi nro.126/1. [26.] Laitteena käytettiin Amylograph-E, Brabender GmbH&CO.KG, Germany.

Proteiinin määrittäminen: Määritettiin NIR-analyysilaitteella valmistajan ohjeen mukaisesti. [10.] Laite: Infratec 1241 Grain Analyzer, Foss, Tanska.

Märkägluteiinin määrittäminen: Analyysimenetelmänä käytettiin ICC-standardi nro. 155. [26.] Laitteina Glutomatic System 2200 ja Centrifuge 2015, Perten. Uusi-Seelanti

Tuhkapitoisuus: Analyysimenetelmänä käytettiin ICC - Standardi nro. 104/1.[26.] Laitteina Uuni Carbolite BWF1100, Usa. Analyysivaaka Precisa 80A-200M, Sveitsi.

### 6.3 Laitteet ja menetelmät leivontakokeissa

Koejärjestelyt ja leivontakokeet suoritettiin kuvien 18 ja 19 mukaisesti. Ennen leivontakokeita jauhojen sakolukua alennettiin lisäämällä isolla myllyn jauhosekoittimella entsyymiohramallasta jauhoeriin. Tämän jälkeen jauhojen laatuominaisuuksia tutkittiin laboratoriossa. Leivontakokeiden järjestys satunnaistettiin ja jaettiin useammalle päivälle, jotta saataisiin mahdollisimman luotettavia tuloksia. Koeleivontojen jälkeen tuotteita arvioitiin aistinvaraisesti ja mittaamalla niistä paistohäviöt ja tilavuudet. Mitatuista tuloksista tehtiin koesuunnittelun perusteella tilastollisia analyysejä ja havainnollistavia kuvaajia.

Leivonnoissa käytettiin resepteinä ja leivontaohjeina liitteissä 2 ja 3 olevia ohjeita. Taikinoiden kokoina käytettiin ruisleivonnassa 3,8 kg ja vehnäleivonnassa taikina valmistettiin 3 litraan vettä. Ruisleivonnan aikana raskin pH:n laskua seurattiin pH-mittarilla ennen taikinan valmistusta ja mitatut tulokset kirjattiin. Ruisleivonnoissa leivän raakapaino oli noin 900 g. Vehnäleivonnoissa ranskanleivän paino oli noin 450 g ja vuokaleipien paino oli 100 g. Leipien raakapainot mitattiin ennen muotoilua ja uudelleen tunnin päästä paiston jälkeen. Ruisleipien painohäviö mitattiin vielä uudelleen seuraavana päivänä.

Koeleivonnoissa käytetyt laitteet:

pH-mittari: Testo 206PH, Brandt Instruments SE&Co KGaA, Saksa

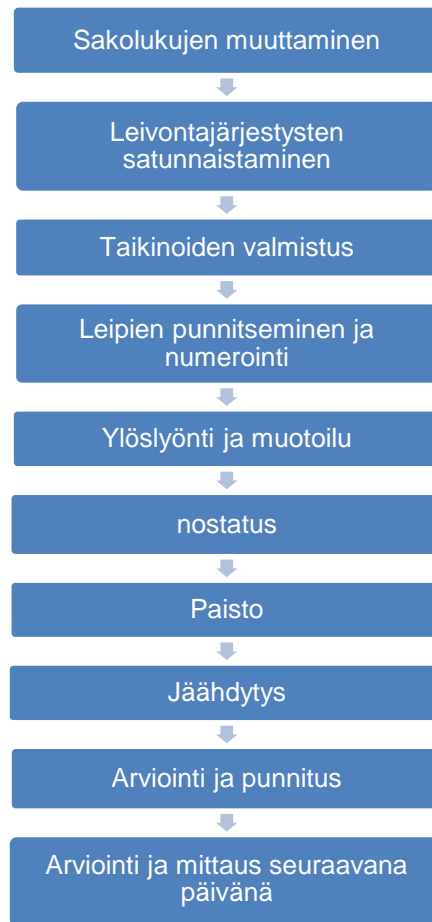
Koeleivonnoissa käytettyjen laitteiden nimet:

Taikinakoneet: spiraalitaikinakone Unimix M40, Italia.

Taikinakone: Yleiskone Hobart, USA.

Pinnavaunu-uuni: Luko 1PE 400V3N~, METOS, Suomi.

Vaihtolämpökaappi: Metos, Suomi.

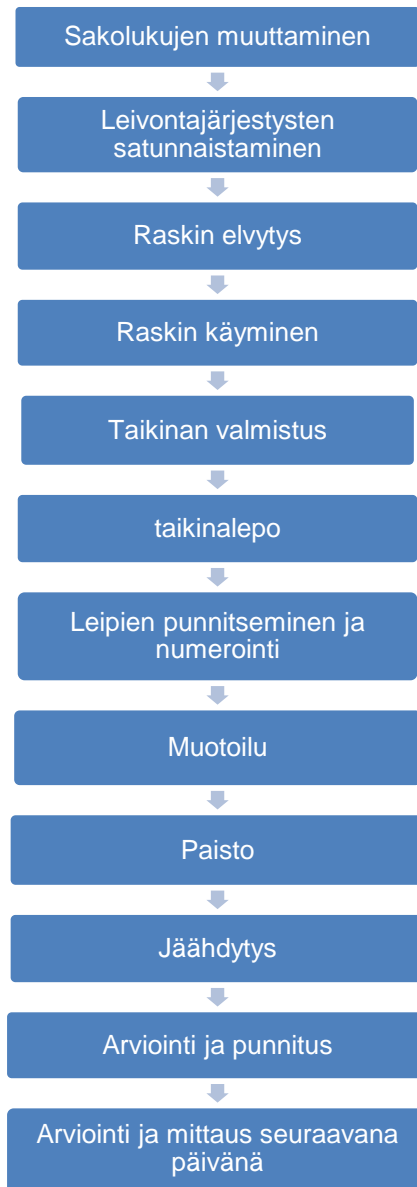


Kuva 18 Vehnäleipien koesuunnittelu ja prosessikaavio

Ranskanleipien koeleivonnat suoritettiin kolmen perättäisen päivän aikana. Koeleivontoje suunnittelu prosessikaavio on kuvattu kuvassa 18. Jokaisena leivontapäivänä leivottiin kolmen litran taikina kolmella jauholaadulla (sakoluku 360, 228 ja 99). Leivonta suoritettiin liitteenä 2 olevan ohjeen mukaisesti ja satunnaistetussa järjestyksessä. Arviointeja varten kaikista leivontaeristä otettiin sivuun satunnaiset kolme leipää ja erikseen tehty pieni vuokaleipä. Arviointeja varten leivät oli numeroitu ja punnittu tarkalleen ennen paistoa. Pienet vuokaleivät oli tarkalleen punnittu analyysivaa’alla tasan 100 g painoisiksi. ja ranskanleipien raakapaino oli noin 450g.

Paiston jälkeen leipien annettiin jäähtyä tunnin ajan ja leivät punnittiin tämän jälkeen. Pienten vuokaleipien tilavuus mitattiin seuraavana päivänä syrjäytysmenetelmällä, jossa tunnetusta tilavuudesta leipä syrjäytti mannaryynejä ja jäljelle jäänyt määrä mitattiin. Osa

satunnaisesti valituista leivistä halkaistiin tunnin päästä paistosta ja tarkasteltiin ja arvioitiin rakennetta aistivaraisesti. Arvioinnissa oli mukana Helsingin Myllyn tuotekehitysleipuri. Vehnäleivontojen paistohäviöiden mittaustuloksia analysoitiin varianssianalyysillä.



Kuva 19 Ruisleivonnan koesuunnittelu ja prosessikaavio

Kokeellinen osuus suoritettiin jakamalla leivonnat useammalle päivälle. Leivonnat suoritettiin 2 viikon aikana 6 eri päivänä. Ruisleipien leivonta toteutettiin kuvassa 19 olevan prosessikaavion mukaisesti. Ruisleipien leivonnassa muuttuvina tekijöinä oli ruisjauhon entsyymiaktiivisuuden (302, 157 ja 89) lisäksi raskituslämpötila (22 °C, 30 °C ja 36 °C) ja raskin pH. Ruisleivät valmistettiin liitteenä 3 olevan reseptin mukaisesti. Raskituksen

lopussa raskien pH mitattiin. Valmiista leivistä mitattiin tilavuus ja paistohäviö. Leivät laitettiin vuorokaudeksi paperipusseihin ja tämän jälkeen niistä mitattiin painohäviö uudelleen.

Koeleivonnat suunniteltiin koesuunnitelman  $2^N$  mukaisesti tekemällä rinnakkaisia ja toistokokeita, jotta koevirheiden mahdollisuus minimoitaisiin. Leivontakokeet satunnaistettiin. Leivontakokeiden mittaustuloksia analysoitiin regressioanalyysillä.

Regressioanalyysin avulla tutkitaan yhden tai useamman selittävän muuttujan vaikutusta selittävään muuttujaan. Tässä kokeessa tutkittiin siihen, vaikuttaako jauhojen sakoluku ja raskin pH valmiin leivän tilavuuteen ja paistohäviöön. Regressioanalyysin etu on, että sillä voidaan tutkia yhtä aikaa monen selittävän muuttujan vaikutusta selittävään muuttujaan. Tällöin tuloksen kertovat, mikä on yksittäisen selittävän muuttujan osuus silloin kuin muiden vaikuttavien tekijöiden vaikutus selittävään muuttujaan on otettu huomioon. Regressioanalyysin avulla voidaan tutkia, onko näiden kahden muuttujan välinen yhteys tilastollisesti merkitsevä. Lisäksi regressioanalyysi kertoo, kuinka vahva yhteys on, eli kuinka paljon vähenee, kun joku toinen kasvaa. Regressiosuora voidaan merkitä kaavaan seuraavasti  $y = a + bx$ . Kahden muuttuja regressioanalyysin kaava voidaan esittää seuraavasti:  $Y = a + b_1X_1 + B_2X_2$ . Kaavassa  $y$  on selittävän muuttujan arvo,  $a$  on vakiotekijä  $X$ :t ovat selittävät muuttujat ja  $b$ :t niiden regressiokerroimet.

Ruisleivontakokeiden lisäksi haluttiin tehdä erillinen raskituskoee, jossa mitattiin raskin pH:n muutosta tunnin välein, kun muuttuvina tekijöinä oli sakoluku (302, 157 ja 89) ja lämpötila (22 °C, 33 °C ja 38 °C). Tällä kokeella haluttiin selvittää, onko sakoluvulla merkitystä, raskin pH:n laskemisen nopeuteen.

## 7 Tulokset ja tulosten analysointi

### 7.1 Jauhojen analyysitulokset

Vehnä- ja ruisjauhoista mitatut analyysitulokset löytyvät taulukoista 4, 5 ja 6 sekä kuvista 20–23. Vehnäjauhoista tutkitaan sakoluvun, kosteuden ja tuhkan lisäksi proteiinipitoisuus, sitkonmäärä, vedensidonta ja taikinan venyvyysvastus, jotka ovat tärkeitä tietoja leipomoille. Vedensidonta vaikuttaa taikinan vedenmäärään ja venyvyysvastus leivän muotoon. Tässä tutkimuksessa tärkkelyksen liisteröityminen tehtiin myös vehnäjauholla, koska sen alfa-amylaasin määrää muutettiin voimakkaasti ohramallasuutteella ja haluttiin nähdä, miten tämä vaikuttaa vehnäjauhon tärkkelyksen liisteröitymiseen.

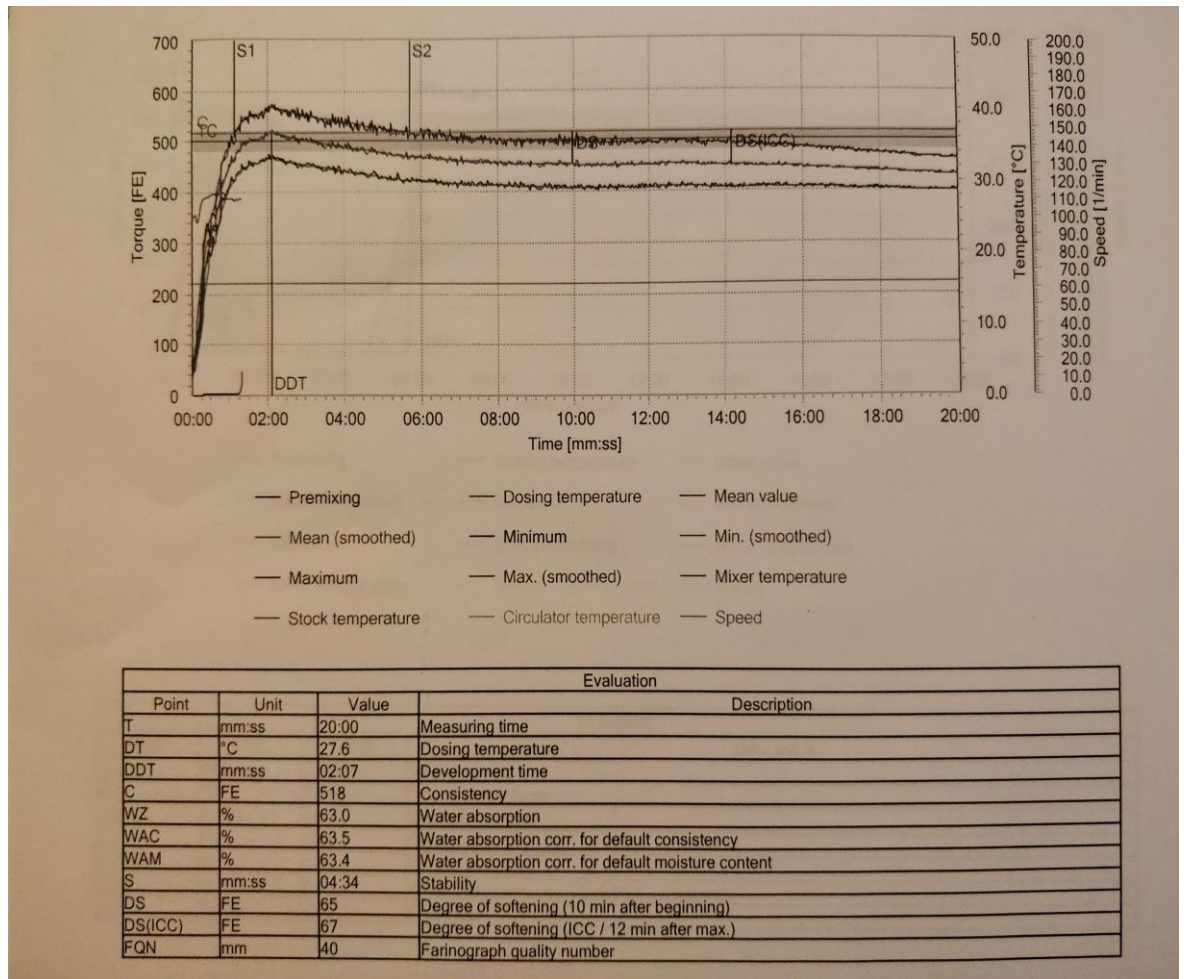
Taulukko 4 Vehnäjauhon laatutekijät. Farinogrammin ja Extensogrammin tulokset ovat kuvista 20 ja 22

|                            |      |
|----------------------------|------|
| kosteuspitoisuus %         | 13,9 |
| tuhkapitoisuus %           | 0,78 |
| sakoluku                   | 351  |
| proteiinipitoisuus %       | 13,2 |
| Kostea sitko %             | 28,5 |
| <b>Farinogrammi 20 min</b> |      |
| Vedensidontakyky %         | 63,5 |
| Taikinan pehmeneminen BU   | 67   |
| <b>Extensogrammi</b>       |      |
| Venyvyysvastus             | 357  |
| BU max                     | 586  |
| Pituus mm                  | 203  |

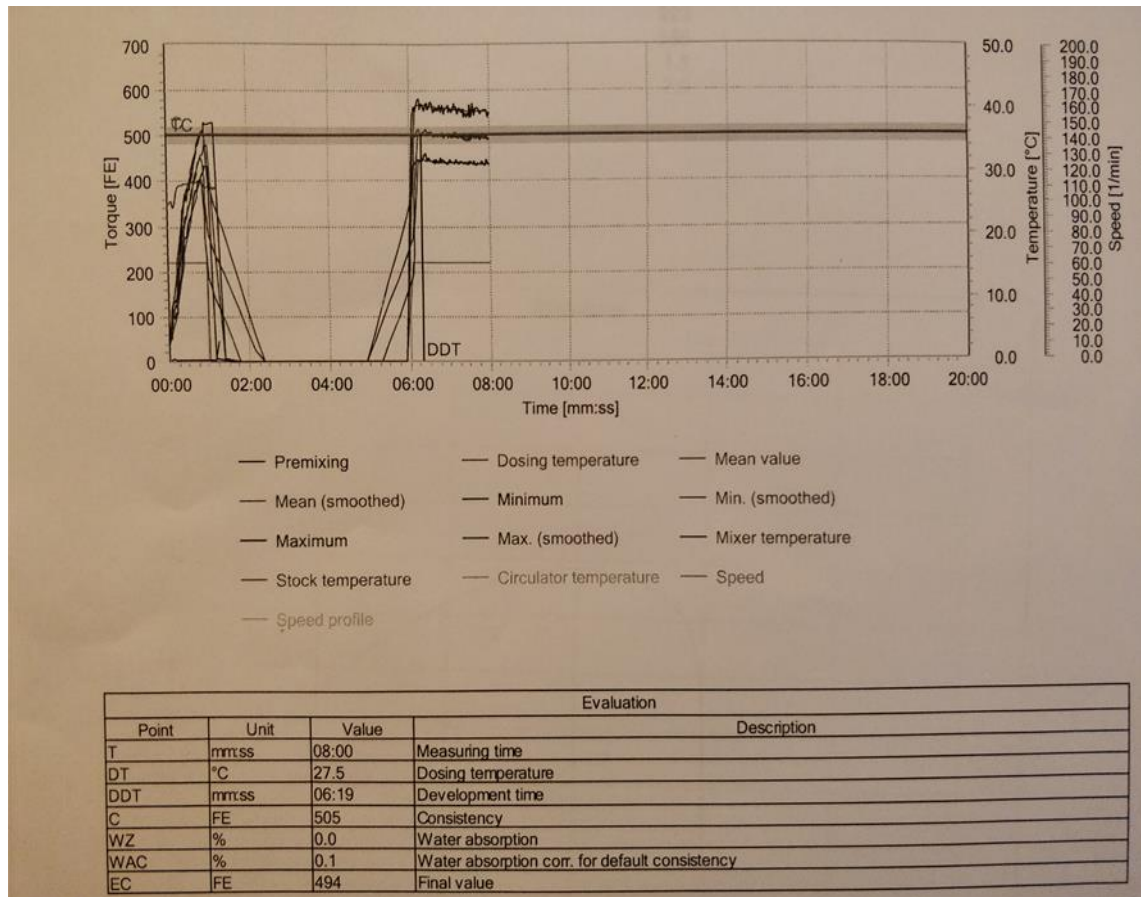
Taulukko 5 Ruisjauhon laatutekijät

|           |      |
|-----------|------|
| sakoluku  | 302  |
| kosteus % | 11,5 |
| tuhka %   | 1,71 |

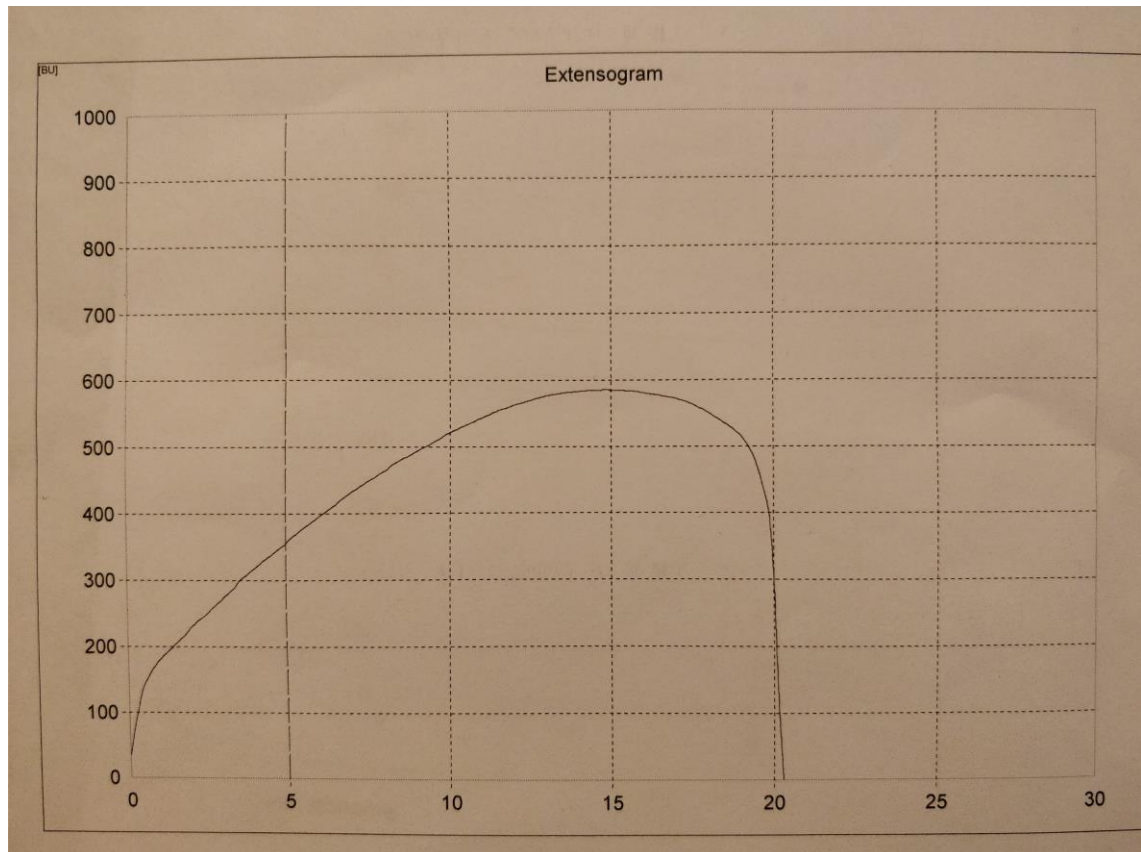




Kuva 20 Vehnäjauhon vedensidonta ja farinogrammi, joka kuvaa taikinan sekoituskestävyyttä. Kuvasta voidaan nähdä, että 6 minuutin kohdalla taikinan stabiilitetti alkaa laskea. Taikinan pehmenemisaste 10 min :n kohdalla voidaan nähdä taikinan konsistenssikäyrän ja 500 BU viivan välisestä erotuksesta.

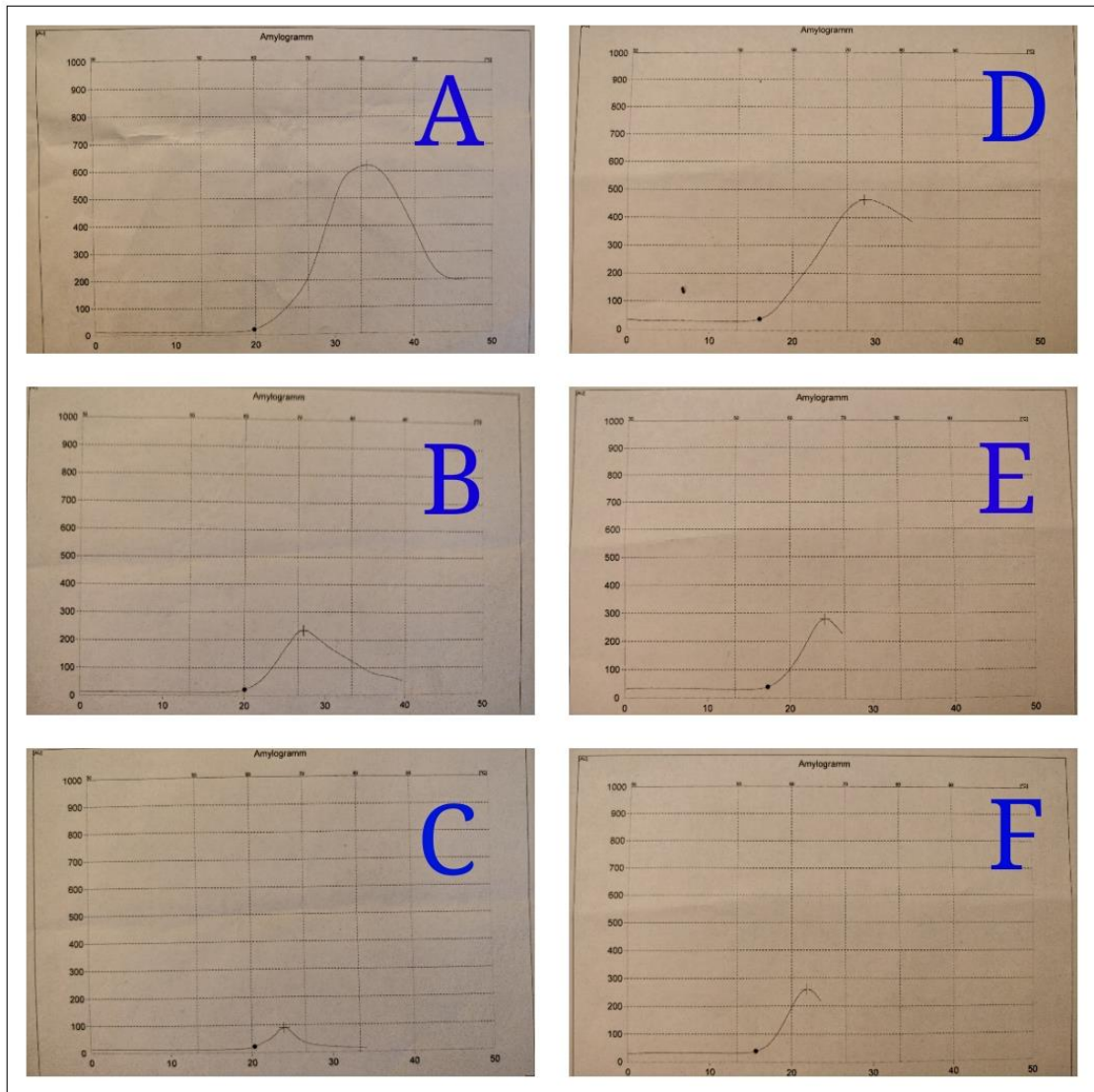


Kuva 21 Farinograph-AT-laitteella tehdyn suolapitoisen (2 %) taikinan farinogrammi. Taikina on tehty vedensidonta analyysin mittaustulosten mukaisesti. Tästä taikinasta tehdään venyvyysoaste Extensograph-E-laitteella. Taikinaan on titrattu suolavesi, jotta taikinan sitkorakenteen kemialliset sidokset vastaavat normaalia leipätaikinaa. Kuvasta voidaan nähdä, että sekoitusvaiheen jälkeen taikina lepää 5 min, jonka jälkeen taikinan sekoituskestävyyden tulos on 500 BU kohdalla.



Kuva 22 Extensograph-E-laitella tehty venyvyyssvastuskokeen käyrä. Käyrä kuvaa taikinan venyvyyttä ja venyvyyden vastustamista. Kokeessa käytetään 150 g taikinapalaa, joka lepää 45 min nostatuskaappiolosuhteissa laitteen sisällä. Tämän jälkeen taikinaa venytetään katkeamispisteeseen saakka. Käyrästä voi päätellä jauhoista tehdyn leivän muodon. Heikko jauho tekee matalan käyrän. Tämä käyrä kuvaa hyvää venyvyyssvastusta.

Vehnäjauhoista ja ruisjauhoista mitattiin entsyymiohramaltaan lisäyksen aiheuttama muutos tärkkelyksen liisteröitymiseen ja viskositeettiin. Amylogrammeista (kuva 23) voidaan todeta, että entsyymiaktiivisuuden lisäämisellä on merkittävä vaikutus tärkkelyksen liisteröitymisaikaan ja lämpötilaan. Entsyymiaktiivisuuden lisäys ohramallasuutteella laski näytteiden liisteröitymisen maksimi lämpötilaa ja laski näytteiden viskositeettia. Alfa-amylaasientsyymien lisääminen nopeuttaa tärkkelyksen pilkkoutumista pienemmiksi sokereiksi pilkkomaan tärkkelystä lämpötilan noustessa ja tämä vähentää liisteröitymisen aiheuttamaa seoksen viskositeettia. [26, s. 105.] Amylogrammien tulokset löytyvät taulukosta 6.



Kuva 23 Vehnä ja ruisjauhoista tutkittiin tärkkelyksen liisteröityminen Amylograph-E laitteella. Amylogrammien kuvaajissa vasemmalla on viskositeetti. Alareunassa on aika ja yläreunassa lämpötila. A-kuvassa on vehnä jauho sakoluku 360, B-kuvassa vehnä jauho sakoluku 227 ja C-kuvassa vehnä jauho sakoluku 99. Ruisjauhojen amylogrammit ovat: D-kuva sakoluku 302, E-kuva sakoluku 157 ja F-kuva sakoluku 89.

Taulukko 6 Jauhojen viskositeetin ja tärkkelyksen liisteröitymistulokset Amylograph-E-laitteella

| jauholaatu  | sakoluku | liisteröityminen<br>alkaa °C | liisteröitymi-<br>sen max °C | viskositeetti<br>max |
|-------------|----------|------------------------------|------------------------------|----------------------|
| vehnä jauho | 360      | 59,8                         | 81                           | 621 AU               |
| vehnä jauho | 227      | 60,1                         | 71                           | 233 AU               |
| vehnä jauho | 99       | 60,5                         | 66                           | 90 AU                |
| ruisjauho   | 302      | 54,1                         | 73,1                         | 465 AU               |
| ruisjauho   | 157      | 56                           | 66,4                         | 277 AU               |
| ruisjauho   | 89       | 53,5                         | 62,8                         | 259 AU               |



## 7.2 Vehnäleipien leivontatulokset

Ranskanleipiä ja pieniä vuokaleipiä arvioitiin aistinvaraisesti yhdessä Helsingin myllyn tuotekehitysleipurin kanssa. Leipien paistoväriä ja rakennetta sekä suutuntumaa arvioitiin vertailemalla niitä keskenään. Huomiot kirjattiin ylös.

Leipien ulkoiset eroavaisuudet näkyvät kuvissa 24, 25 ja 26. Ranskanleipien aistinvaraisia huomioita on eritelty taulukossa 7. Kuvista näkyy sakoluvun vaikutus leipien rakenteeseen. Matalan sakoluvun leivissä ilmataskut ovat selkeästi suuremmat, koska sitkorakenne on osittain romahtanut tärkkelyksen hajoamisen takia. Leipien suurempaa tilavuuteen on saattanut lisäksi vaikuttaa tärkkelyksen nopeampi pilkkoutuminen sokereiksi hiivan ravinnoksi. Hiivan aineenvaihdunnan nopeutuminen lisää hiilidioksidin tuotantoa taikinassa ja tämä nopeuttaa leivän tilavuuden kasvua [21, s. 32.]



Kuva 24 Sakoluvultaan erilaisten vehnäjauhoista tehtyjen vuokaleipien rakenne paiston jälkeen. Pällekkäin olevat leivät ovat vastakappaleita. Vasemmalla sakoluku 99, keskellä sakoluku 227 ja oikealla sakoluku 360.



Kuva 25 Ranskanleipien ulkonäkö, kun muuttuvana tekijänä on sakoluku. Vasemmalla sakoluku 99, keskellä 227 ja oikealla sakoluku 360



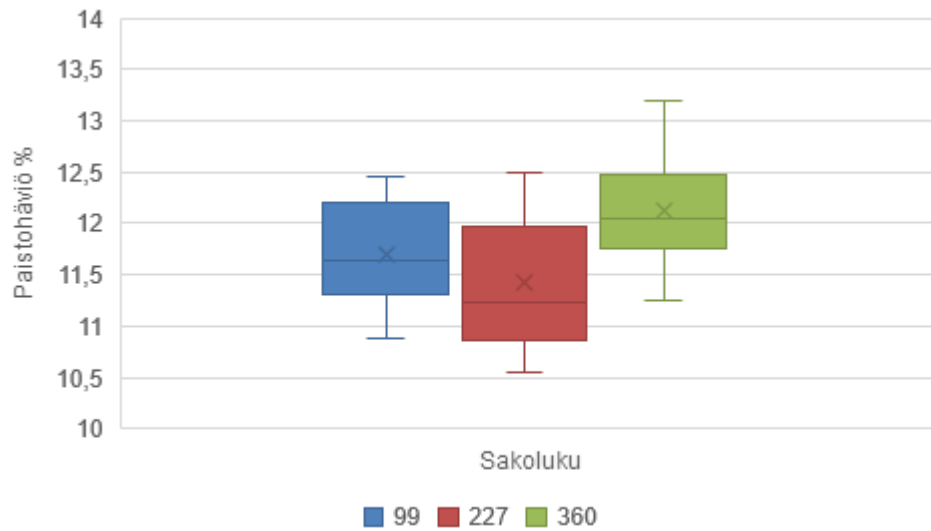
Kuva 26 Ranskanleipien rakenne, kun muuttuvana tekijänä on sakoluku. Vasemmalla sakoluku 99, keskellä 227 ja oikealla 360.

Taulukko 7 Vehnäjauhoista tehtyjen leipien aistin varaisia ominaisuuksia

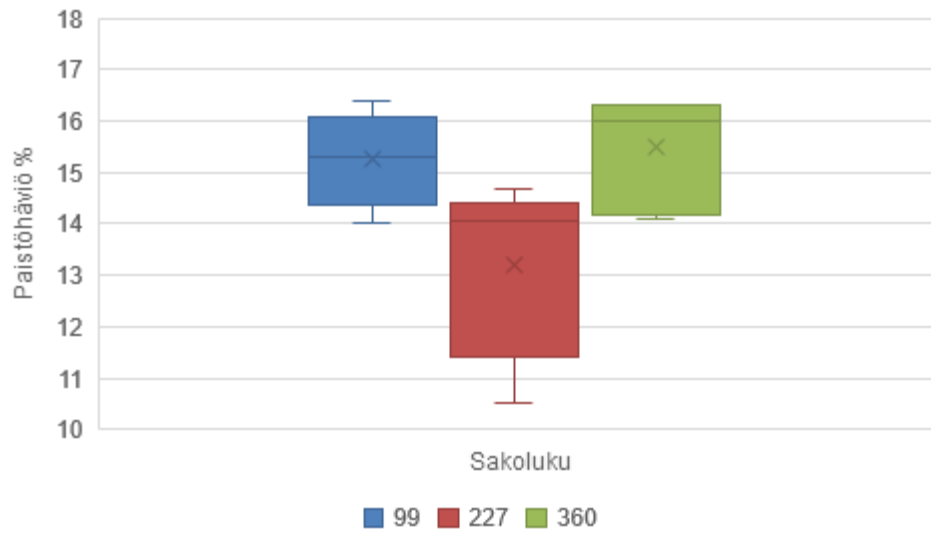
| Ranskanleipien ja vuokaleipien aistivaraisia huomioita |   |
|--|---|
| Sakoluku   | Rakenne   |
| 360  | Tasalaatuinen ja napakka.<br>Leivän suuntuntuma kuiva.<br>Ilmataskut samankokoisia, mutta pieniä  |
| 227  | Pehmeän oloinen<br>Helposti syötävä<br>Ilmakuplat erikokoisia, mutta kooltaan pieniä.   |
| 99   | Kosteaa, sienimäinen ja liisterimäinen.<br>Paljon suuria ilmataskuja.<br>Leivät tilavuudeltaan suurempia.<br>Paistoväri tummempi kuin muissa. |

Aistinvaraiset tulokset ovat linjassa kirjallisuusselvityksestä saatujen tietojen kanssa. Sakoluvultaan alhaisin vehnäjauho käyttäytyi oletetusti paistossa. Rakenteesta tuli märkä ja liisterimäinen. [1, s. 23.] Leipien sitkorakenne oli romahtanut paistossa ja ilmakuplista oli tullut suuria. Yllättävää oli sakoluvultaan pienimmän leivän suurempi tilavuus sekä ranskanleivässä, että vuokaleivässä. Suurempi tilavuus saattoi johtua tärkkelyksen nopeammasta pilkkoutumisesta glukoosiksi, jota hiiva käyttää ravintonaan. Hiiva tuottaa metaboliassa hiilidioksidia, joka vaikuttaa leivän tilavuuteen ja kuohkeuteen. [21, s. 32.] Askorbiinihapon vaikutuksesta tärkkelyksen romahtaminen saattoi olla vähäisempää, kuin oli odotettu. [1, s. 25.]

Ranskanleipien ja vuokaleipien paistohäviötä ja vuokaleipien tilavuutta on tarkasteltu alla box ja whiskers kuvaajissa (kuvat 27, 28 ja 29). Box and whiskers kuvaajassa kaikki tulokset ovat viiksien välissä ja tulosten keskiarvo on laatikon sisällä oleva rasti. Mittaus-tulosten mediaani on laatikon sisällä oleva poikkiviiva. Mikäli mittaustuloksissa olisi ollut tässä kokeessa poikkeavia tuloksia, ne olisivat olleet pieninä pisteinä viiksien ylä- tai alapuolella.

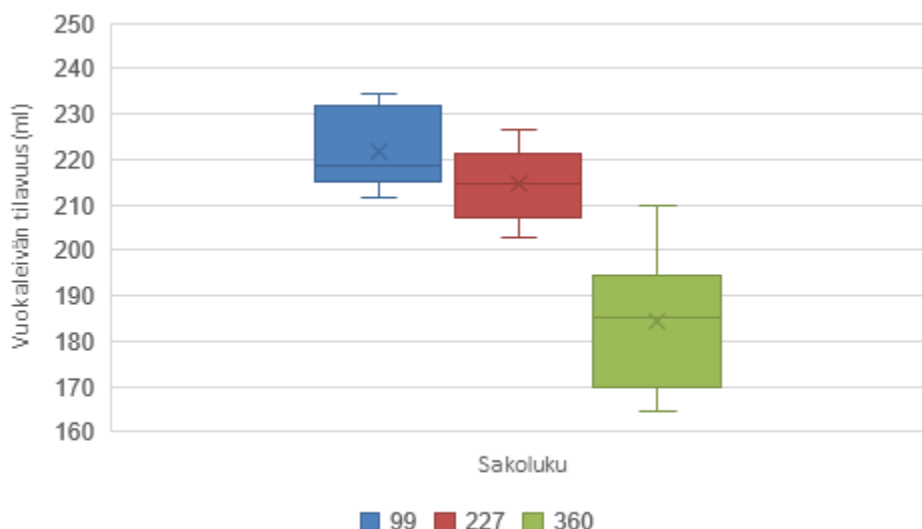


Kuva 27 Ranskanleipien paistohäviö sakoluvun mukaan. Kuvasta näkyy, että sakoluvulla on jonkin verran vaikutusta ja suurin paistohäviö oli sakoluvun 360 vehnä jauhoissa.



Kuva 28 Vuokaleipien paistohäviö sakoluvun mukaan. Kuvasta näkyy, että näytteiden välillä oli suurta hajontaa ja sakoluvun 227 vehnä jauhoissa oli pienin paistohäviö.





Kuva 29 Sakoluvun vaikutus vuokaleivän tilavuuteen. Mittauksessa vuokaleipien tilavuudessa oli selkeä ero sakoluvun 360 vehnä jauhoista tuli selkeästi tilavuudeltaan pienin vuokaleipä.

Kuvista 27 ja 28 voidaan todeta, että mittaustuloksissa on eroavaisuutta, kun muuttujana on sakoluku. Vuokaleipien paistohäviössä erot ovat suuremmat kuin ranskanleivässä. Vuokaleipien mittaustulosten suurempiin eroihin vaikuttaa todennäköisesti mitattujen leipien vähäisempi määrä. Paistohäviö on sakoluvun 227 ranskanleivissä ja vuokaleivissä pienin. Tämä tulos on yhdenmukainen kirjallisuuden selvitysten tulosten kanssa. Tärkkelysvästen hajotessa paistovaiheessa ne sitovat vettä itseensä. Liiallinen tärkkelysvästen hajoaminen sokereiksi taas heikentää leivän proteiinien ja tärkkelyksen sekä arabinoksyylaani välistä rakennetta ja veden haihtuminen leivän sisältä on helpompaa. Korkean sakoluvun jauhoissa tärkkelysväset hajoavat hitaammin paiston aikana ja tällöin niiden sitoma veden määrä on pienempi. Vapaa vesi joka ei ole sitoutunut tärkkelysväsiin, proteiineihin tai arabinoksyylaaneihin, pääsee haihtumaan paistossa leivästä ja leivästä tulee kuivempi. Sopivassa määrin tärkkelyksen rakenteen hajoaminen ja veden imeytyminen tärkkelysväsiin parantaa valmiin leivän ominaisuuksia. [21, s. 31.]

Ranskanleipien ja vuokaleipien paistohäviöiden eroavaisuuksia tutkittiin tarkemmin varianssianalyysillä. Varianssianalyysia käytetään, kun tutkitaan, eroavatko kahden tai useamman ryhmän keskiarvot tilastollisesti merkitsevästi toisistaan. Varianssianalyysissä haluttiin tutkia, onko paistohäviön mittaustuloksissa näytteiden välillä merkitseviä eroja. Näytteiden muuttuvana tekijänä oli sakoluku. 0-hypoteesina oli, että sakoluvulla ei ole vaikutusta paistohäviöön. Analyysien tarkemmat tulokset löytyvät edempänä. Varianssianalyysi antoi kummassakin testissä p-arvoksi alle 0,05. Merkitsevyysraja oli tässä ana-

lyysissä 0,05. Ranskanleivillä p-arvo oli 0,0499 ja vuokaleivillä p-arvo oli 0,0302. 0-hypoteesi voitiin hylätä ja todeta, että sakoluvulla on merkitystä, mutta merkitsevyys on tässä kokeessa hyvin pieni. Tämän kokeen perusteella vuokaleipien merkitsevyys oli suurempi, mutta sekin oli vain hieman merkitsevä. Vuokaleivillä oli enemmän vaihtelua näytteiden välillä. Tuloksien merkitsevyys, joka oli juuri alle merkitsevyysrajan, oli yllättävä. Aistinvaraisten analyysien perusteella olisi odottanut selkeämpää eroa näytteiden välillä. Tulokset olisivat saattaneet olla tarkemmat, mikäli koesuunnittelussa olisi ollut enemmän toistoja ja mitattuja näytteitä olisi ollut enemmän.

Ranskanleipien paistohäviöin tuloksista tehty varianssianalyysi:

Anova: yksisuuntainen

#### YHTEENVETO

| <i>Ryhmät</i> | <i>Lukumäärä</i> | <i>Summa</i> | <i>Kes-<br/>kiarvo</i> | <i>Varianssi</i> |
|---------------|------------------|--------------|------------------------|------------------|
| 99            | 9                | 105,3395     | 11,70439               | 0,282733         |
| 227           | 9                | 102,7747     | 11,41941               | 0,422523         |
| 360           | 9                | 109,209      | 12,13433               | 0,321724         |

#### ANOVA

| <i>Vaihtelun lähde</i> | <i>NS</i>   | <i>va</i> | <i>KN</i> | <i>F</i> | <i>P-arvo</i> | <i>F-kriittinen</i> |
|------------------------|-------------|-----------|-----------|----------|---------------|---------------------|
| Luokkien välissä       | 2,331528447 | 2         | 1,165764  | 3,405415 | 0,049899      | 3,40282611          |
| Ryhmissä               | 8,215838385 | 24        | 0,342327  |          |               |                     |
| Yhteensä               | 10,54736683 | 26        |           |          |               |                     |

$$\begin{aligned} \text{varianssikomponentit} \quad \sigma^2 + 5\sigma^2 &= 1,165764 \\ \sigma^2 &= 0,342327 \\ \sigma_T^2 &= \frac{1,165764 - 0,342327}{9} = 0,0915 \end{aligned}$$

$$\text{Standardimittausepävarmuus} \quad \sigma = \sqrt{0,342327} = 0,5851$$

$$\text{Heterogeenisyyttä kuvaava hajontakomponentti} \quad \sigma_{\text{näyte}} = \sqrt{0,0915} = 0,3024$$

$$\text{Kokonaisepävarmuus} = \sqrt{0,342327 + 0,0915} = 0,6767$$

Kokonaisepävarmuus 0,6767 poikkeaa vain vähän mittausepävarmuudesta 0,5851, joten voidaan näytteiden heterogeenisyyttä pitää lähes merkitsemättömänä.

100g:n vuokaleipien paistohäviöiden mittaustuloksista tehty varianssianalyysi:

Anova: yksisuuntainen

#### YHTEENVETO

| <i>Ryhmät</i> | <i>Luku-<br/>määrä</i> | <i>Summa</i> | <i>Kes-<br/>kiarvo</i> | <i>Varianssi</i> |
|---------------|------------------------|--------------|------------------------|------------------|
| 360           | 6                      | 92,9         | 15,48333               | 1,085667         |
| 227           | 6                      | 79,3         | 13,21667               | 2,913667         |
| 99            | 6                      | 79,3         | 13,21667               | 2,913667         |

#### ANOVA

| <i>Vaihtelun<br/>lähde</i> | <i>NS</i> | <i>va</i> | <i>KN</i> | <i>F</i> | <i>P-arvo</i> | <i>F-kriitti-<br/>nen</i> |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|---------------|---------------------------|
| Luokkien vä-<br>lissä      | 20,55111  | 2         | 10,27556  | 4,459231 | 0,030212      | 3,68232                   |
| Ryhmissä                   | 34,565    | 15        | 2,304333  |          |               |                           |
| Yhteensä                   | 55,11611  | 17        |           |          |               |                           |

$$\begin{aligned} \text{varianssikomponentit} \quad \sigma^2 + 5\sigma^2 &= 10,27556 \\ \sigma^2 &= 2,304333 \\ \sigma_T^2 &= \frac{10,27556 - 2,304333}{6} = 1,328 \end{aligned}$$

$$\text{Standardimittausepävarmuus } \sigma = \sqrt{2,304333} = 1,518$$

$$\text{Heterogeenisyyttä kuvaava hajontakomponentti } \sigma_{\text{näyte}} = \sqrt{1,518} = 1,232$$

$$\text{Kokonaisepävarmuus} = \sqrt{2,304333 + 1,328} = 2,846$$

Kokonaisepävarmuus 2,846 poikkeaa mittausepävarmuudesta 1,518 jonkin verran.

### 7.3 Ruisleipien aistinvarainen arviointi

Ruisleipien ulkoisia ja rakenteellisia ominaisuuksia arvioitiin paistamisen jälkeen. Aistinvaraiset arvioinnit löytyvät taulukosta 6. Valmiiden ruisleipien rakenne vastasi kirjallisuusselvityksestä saatuja tietoja. Matalan sakoluvun (89) ruisleipä oli kostea ja tiivis rakenteeltaan, koska leivän sisälle oli jäänyt paljon vapaata vettä. Korkea sakoluvun (302) ruisleivän rakenne oli erittäin mureneva ja kuiva jo heti tuoreeltaan. Leipien rakennetta ja ulkonäköä on esitetty kuvissa 24 ja 25.



Kuva 30 Halkileikkausprofiili ruisleivistä. Vasemmalla oleva leipä on valmistettu sakoluvun 302 jauhoista, keskellä oleva leipä sakoluvun 157 jauhoista ja oikealla oleva sakoluvun 89 jauhoista.



Kuva 31 Leipien ulkonäköerot, kun nostatusaika on ollut sama. Kuvassa vasemmalla sakoluku 302 ja oikealla sakoluku 89 sekä keskellä sakoluku 157.

Taulukko 8 Ruisleipien aistinvaraisia arvioita paiston jälkeen

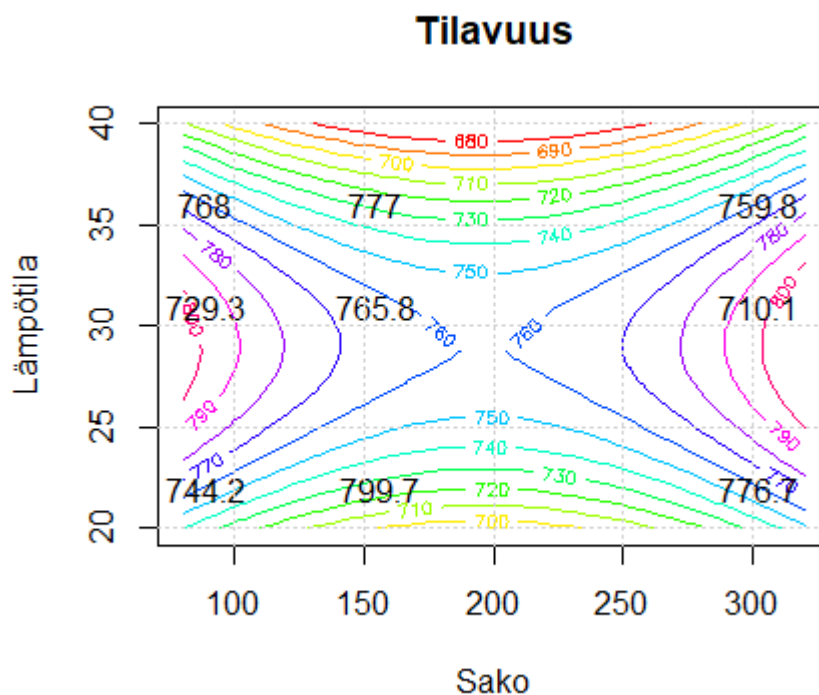
| sakoluku | ulkonäkö  | rakenne   | suutuntuma                                      |
|----------|---|---|---|
| 302      | Leipä jäi korkeaksi, ei laskeutunut toivotulla tavalla.             | Mureneva ja kuori irtosi sisuksesta                               | Kuiva ja murumainen                             |
| 157      | Leivän huippu laskeutui nopeitten nostatuksessa. Paistoväri tummin. | Helposti leikattava, koostumus pysyi kassassa leikatussa leivässä | Miellyttävä suutuntuma ja helposti pureskeltava |
| 89       | Leipä ei laskeutunut, vaan leivän päälle jäi pieni huippu           | Tiivis ja kostea. Kaasutaskut jäivät todella pieniksi             | Tahmea ja purkka-<br>mainen                     |

#### 7.4 Ruisleipien mittaustulokset

Koeleivontojen tuloksia tutkittiin regressioanalyysillä. Mitattuja tuloksia käsiteltiin ja analysoitiin R-studiossa.

##### 7.4.1 Raskituslämpötilan ja sakoluvun vaikutus ruisleivän tilavuuteen

Ensimmäiseksi tutkittiin, vaikuttaako sakoluku ja lämpötila valmiiden leipien tilavuuksiin, P-arvoksi saatiin 0,033, kun huomioitiin kaikki yhdysvaikutukset. Sakoluku itsessään ei ollut merkitsevä. Tarkemmat R-studion regressioanalyysien tulokset löytyvät liitteestä 4 ja sivulta 1. Kuvasta 32 näkee sakoluvun ja lämpötilan vaikutuksen valmiin leivän tilavuuteen. Kuvaan on merkitty erikseen numeroina mittausten keskiarvot. Kuvasta näkee, että raskituslämpötilan ollessa 30 °C leivän tilavuus on pienin, mutta sakoluvun muuttaminen kumpaakin suuntaan lisää leivän tilavuutta. Raskituslämpötilan muuttaminen 30 °C:sta kumpaakin suuntaan pienensi leivän tilavuutta kaikissa tapauksissa.

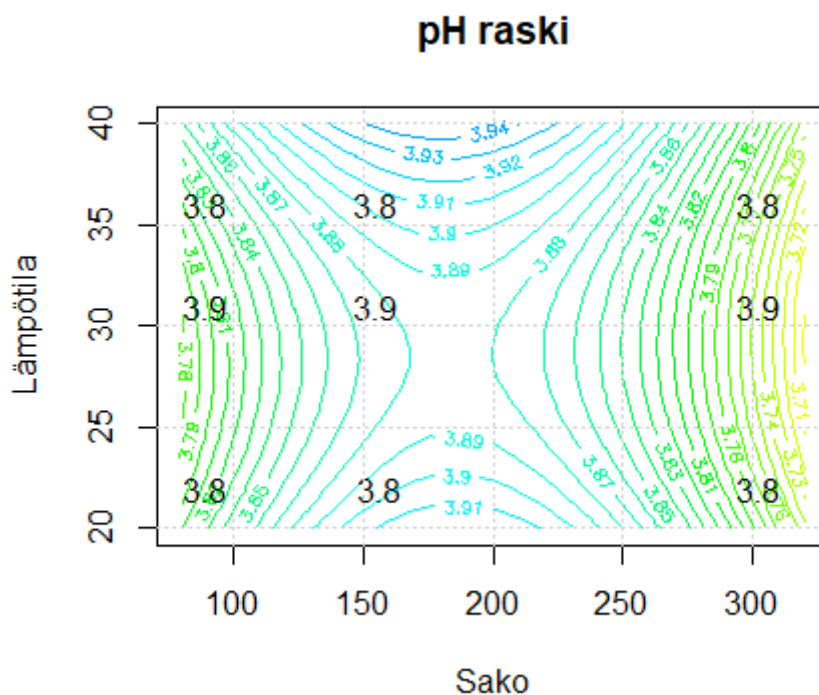


Kuva 32 Lämpötilan ja sakoluvun vaikutus valmiin leivän tilavuuteen

#### 7.4.2 Raskituslämpötilan ja sakoluvun vaikutus raskin pH:n muutoksiin

Mitatuista tuloksista analysointiin, vaikuttaako sakoluku ja lämpötila raskin pH:n mitattuihin tuloksiin, kun raskitus aika on 12 tuntia. R-Studiolla tehtiin regressioanalyysi kummankin muuttuja yhdysvaikutuksesta. Tulokseksi saatiin p-arvoksi  $2,2 \cdot 10^{-16}$ . Tulosten tarkemmassa tarkastelussa selviää, että tilastollisesti merkitsevä ero on vain lämpötilalla (liite 4 sivu 2).

Kuvassa 33 raskin pH:n muutosta voi tarkastella korkeuskäyrien muodosta, jotka muodostavat lähes satulapinnan. Mittausten keskiarvot on merkitty kuvaan. Kuvasta 33 muuttuvina tekijöinä on lämpötila ja sakoluku. Kuvasta näkee, että jauhojen sakoluvun ollessa 200, pH on korkeimmillaan 12 tunnin raskituksen jälkeen kaikissa lämpötiloissa.



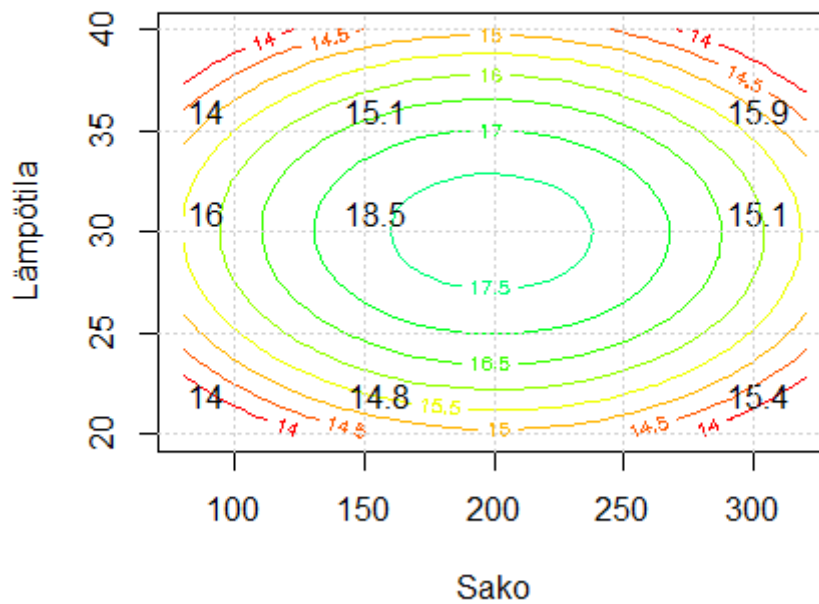
Kuva 33 kuvasta näkyy pH:n mittaustulokset ja vaihtelut 12 tunnin raskituksen jälkeen. Eroavaisuudet ovat todella pieniä, eikä kuvasta voi päätellä keskipistettä. Matalin pH on oikeassa laidassa.

#### 7.4.3 Raskituslämpötila ja sakoluvun vaikutus paistohäviöön ja leivän kuivumiseen

R-studiolla tehtiin regressioanalyysi raskituslämpötilan ja sakoluvun vaikutuksista paistohäviöön ja valmiin ruisleivän kuivumiseen. Muuttuvien tekijöiden yhteisvaikutuksella oli merkitsevyyttä paistohäviössä ja p-arvoksi tuli 0,004. 24 h :n jälkeen ruisleipien paistohäviön ja kosteuden haihtumisen yhteistuloksen p-arvoksi saatiin 0,00028. Kokonaishäviön muuttuvien tekijöiden yhteisvaikutus on merkitsevä. Tuloksien tarkemmassa tarkastelussa raskituslämpötila on merkitsevä, mutta sakoluku ei ollut merkitsevä. Tulokset löytyvät liitteestä 4 sivulta 2.

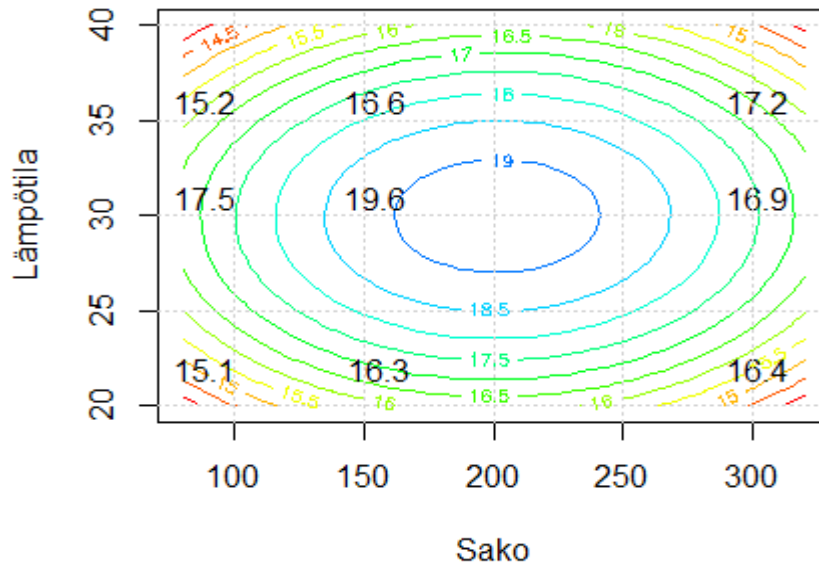
Kuvassa 34 ja 35 tarkastellaan valmiiden leipien paistohäviötä tunnin päästä paistosta ja 24 h kuluttua. Leipiä säilytettiin paistamisen ja jäähtymisen jälkeen 24 h ajan paperipussissa. Kuvista näkee, että suurimman paistohäviön keskipiste on 30 °C:ssa ja sakoluku 200 :n kohdalla. Kuvista 34 ja 35 näkee että suurin häviö on leivissä, jotka on valmistettu sakoluvun 157 ruisjauhoista.

### Häviö 1



Kuva 34 Kuvasta voidaan nähdä, miten sakoluku ja lämpötila vaikuttavat valmiin leivän paistohäviöön, kun leipä on punnittu 1 tunnin päästä paistosta. Suurin paisto häviö sijoittuu keskelle kuvaa, jolloin sakoluku on 200 ja raskituslämpötila 30 °C.

### Häviö 2



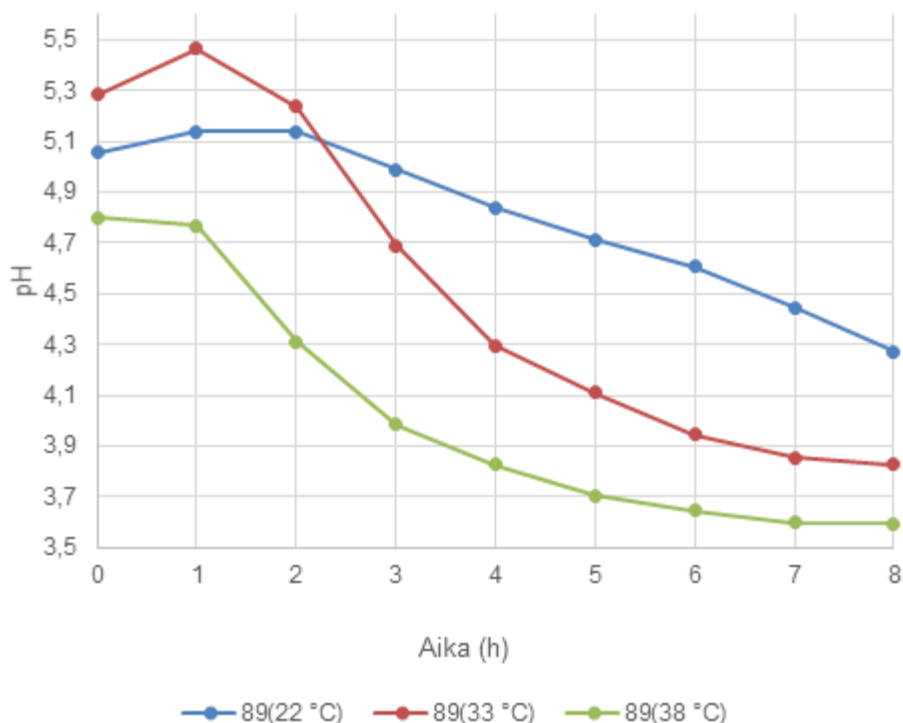
Kuva 35 Tässä kuvassa tarkastellaan leivän kokonaishäviötä 1 vrk jälkeen. Kokonaishäviö sisältää paistohäviön ja leivän kuivumisen 24 tunin jälkeen. Tästäkin kuvasta näkee että suurin häviö olisi sakoluvun 200 jauholla ja 30 °C:ssa. Pienin olisi sakoluvun jäädessä alle 100:n



## 7.5 Erillinen raskin pH:n mittauskoe

Leivontakokeiden lisäksi tehtiin erillinen koe, raskin pH:n muuttumisesta, kun muuttuva tekijänä on lämpötila ja sakoluku. Raskin pH:ta mitattiin tunnin välein digitaalisella pH-mittarilla. Mittaustuloksista piirettiin kuvaajat pH:n muuttumisesta ajan suhteen, joita tarkastellaan edempänä.

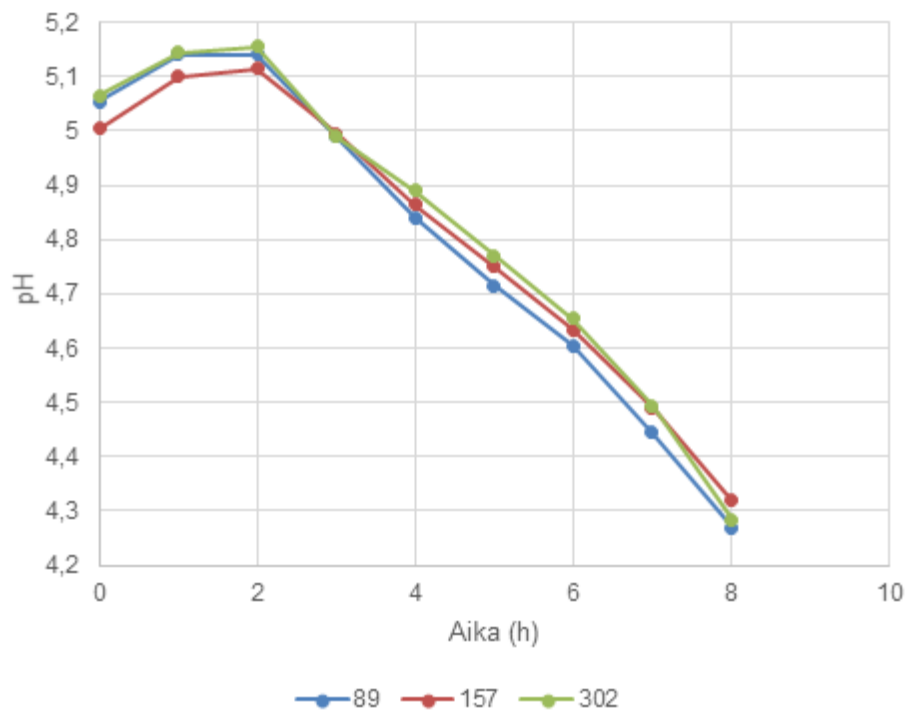
Kuvassa 31 on otettu lähemmäksi tarkasteluksi sakoluvun 89 ruisjauhoista tehdyn raskin happaneminen 8 h aikana, kun muuttuvana tekijänä on lämpötila. Käyristä näkyy, että lämpötilalla on selkeä vaikutus, raskin pH:n alenemiseen.



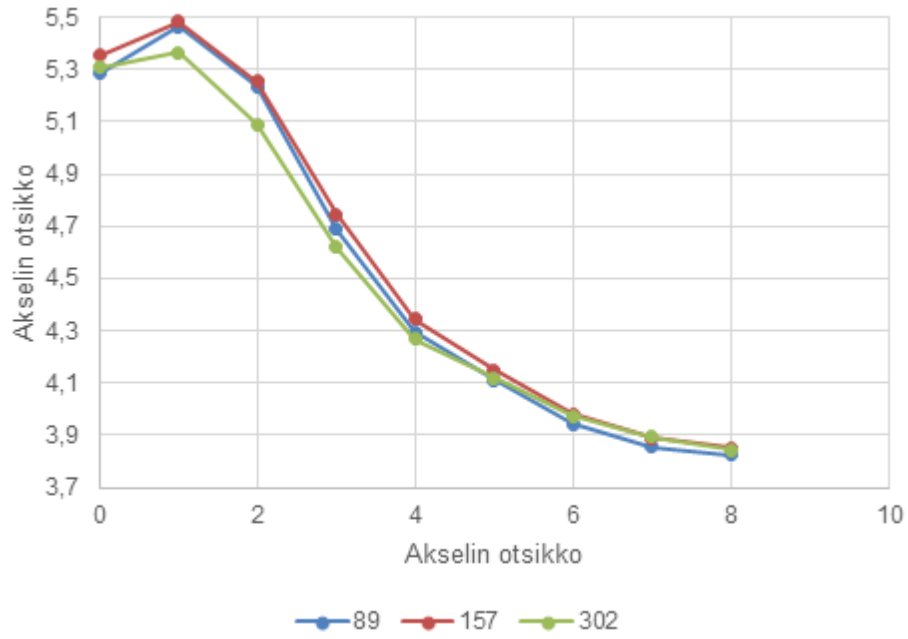
Kuva 36 Lämpötilan vaikutus sakoluvun 89 ruisjauhoista tehdyn raskin pH:n muutokseen, kun muuttuvana tekijänä on lämpötila. Vaikka raskien happamuus on lähtötilanteessa erilainen, pystytään kuvasta hyvin toteamaan, että korkempi lämpötila raskissa nopeuttaa pH:n laskua.

Raskien happamuuden kehityksessä kiinnostavin tekijä oli tässä kokeessa, sakoluvun vaikutus raskin happanemisnopeuteen. Näitä muutoksia on tarkasteltu kuvissa 34, 35 ja 36. Kuvista näkyy, että sakoluvulla ei ole suurta vaikutusta käyrien muotoon. Kaikissa kuvissa sakoluvun 89 ruisjauhoista tehtyjen raskien mittaustulokset ovat hiukan alhai-

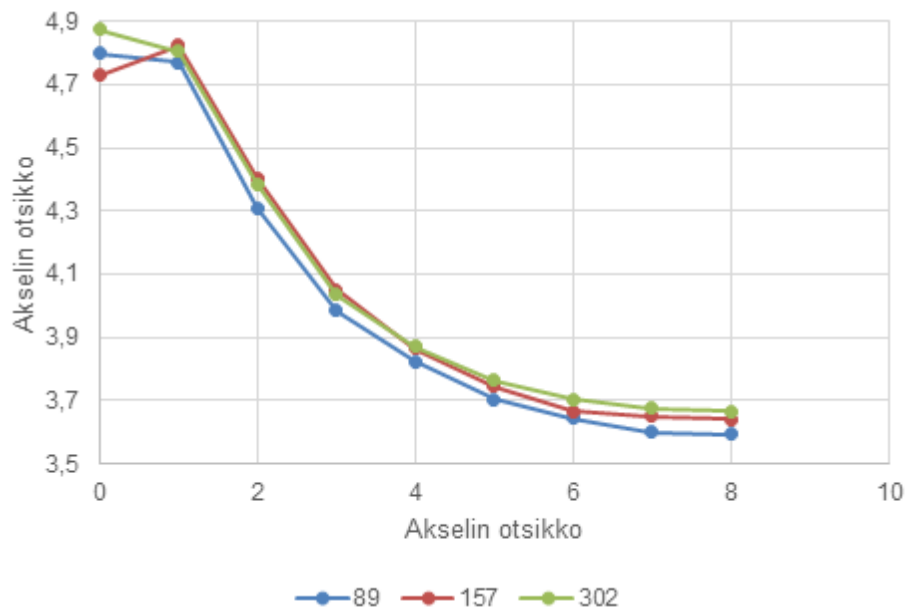
semmat viimeisimpien tuntien mittaustulosten osalta. Kuvassa 36 tarkastellaan eri lämpötiloissa sakoluvun 89 ruisjauhoista tehtyjen raskien pH:n muutoksia. Kuvasta näkyy selvästi, että raskituslämpötilalla on vaikutusta pH:n laskun nopeuteen. Kuvassa 39 tarkastellaan pH:n muutosta 38 °C raskituslämpötilassa. Tässä mittauskokeessa mittaustulokset ovat alhaisempia kaikissa mittauspisteissä. Tulokset ovat linjassa kirjallisuusselvityksen kanssa. Kuvaajat tukevat aikaisempia analyysyjä, että lämpötilalla on merkitystä raskin pH:n laskuun. Hiivojen ja mikrobien aineenvaihdunta ja lisääntyminen ovat nopeampia korkeammissa lämpötiloissa. [23, s. 37.] Pelkän matalamman sakoluvun vaikutus raskin pH:n nopeampaan alenemiseen ei tässä koejärjestelyssä antanut selkeää tulosta.



Kuva 37 Raskien pH:n muuttuminen 22 °C:ssa, kun tarkastellaan sakoluvun 89, 157 ja 302 ruisjauhoja



Kuva 38 Raskien pH:n muuttuminen 33 °C:ssa, kun tarkastellaan sakolukujen 89, 157 ja 302 ruisjauhoja



Kuva 39 Raskien pH:n muuttuminen 38 °C:ssa, kun tarkastellaan sakolukujen 89, 157 ja 302 ruisjauhoja

## 8 Loppupäätelmät

Sakoluvun vaikutuksia vehnäleivontaan tutkittiin vehnäjauhoilla, joiden sakoluvut olivat 360, 227 ja 99. Ranskanleivistä ja pienistä vuokaleivistä haluttiin tutkia vaikuttaako sakoluku leipien aistinvaraisiin ominaisuuksiin ja vaikuttaako sakoluvun muuttamien leivän paistohäviöön ja tilavuuteen. Vehnäleivontojen aistinvaraiset arvioinnit olivat kirjallisuus selvitysten mukaiset. Matalampi sakoluku teki leivän sisuksesta märän ja sitkorakenne osittain romahti. Korkean sakoluvun leivästä tuli rakenteeltaan tiivis, kuivempi ja leivän tilavuus jäi pienemmäksi. Vehnäleivonnoissa 0-hypoteesina oli, että sakoluvulla ei olisi vaikutusta leivän tilavuuteen ja paistohäviöön. 0-hypoteesi voitiin hylätä, koska p-arvo jäi alle 0,05, mutta merkitsevyys oli aivan merkitsevyysrajan alapuolella.

Ruisleivonnoissa tutkittiin sakoluvun 302, 157 ja 89 ruisjauhojen vaikutusta leivontaan ja valmiiseen leipään ja lisätutkimuksena tehtiin raskituskoee, jossa tutkittiin pH:n muuttamista. Tutkimuksissa haluttiin selvittää vaikuttaako sakoluku, lämpötila ja raskin pH valmiin leivän rakenteeseen, tilavuuteen ja paistohäviöön. Raskituskokeessa haluttiin selvittää vaikuttaako sakoluku ja lämpötila raskin pH:n laskun nopeuteen. Ruisleipiä tutkittiin aistinvaraisesti ja tilastollisin menetelmin regressioanalyysinä avulla. Aistinvaraisissa tutkimuksissa sakoluvun vaikutus leivän rakenteeseen oli kirjallisuus selvityksen mukainen. Matalan sakoluvun leivistä tuli märkiä ja tiiviitä. Korkean sakoluvun ruisjauhoista leivän rakenteesta tuli hajoava ja kuiva. Ruisleivonnassa 0-hypoteesina tutkimuksessa oli, että sakoluvulla, raskin pH:lla ja raskituslämpötilalla ei olisi vaikutusta leipien tilavuuteen ja paistohäviöön. Toisena 0-hypoteesina oli, että sakoluvulla ja lämpötilalla tai niiden yhteisvaikutuksella ei olisi vaikutusta raskin pH:n muutoksiin. 1-hypoteesina oli, että jokin muuttujista tai niiden yhteisvaikutus vaikuttaisi merkitsevästi tilavuuteen, paistohäviöön tai pH:n muutoksiin. Regressioanalyysien tuloksien perusteella voitiin kuitenkin hylätä 0-hypoteesi muuttuvien tekijöiden yhteisvaikutuksen osalta ja pelkän raskin lämpötilan osalta. Näiden p-arvot jäivät alle 0,05. Tässä tutkimuksessa pelkän sakoluvun vaikutus ei ollut merkitsevä, joten 0-hypoteesia ei hylätty.

Koejärjestelyjen laajentaminen olisi todennäköisesti antanut luotettavamman tuloksen ainakin vehnäjauhoista tehtyjen leivontojen osalta. Vehnäleivonnassa koejärjestely ja mitattujen leipien määrät olivat pienemmät kuin ruisleivonnoissa. Ruisleivonnassa mitaustulosten hajonta oli myöskin suurta, joten pohdittavaksi jäi, olisiko useampi leivontakerta eli toistojen määrä tarkentanut tulosta vehnä- ja ruisleivonnoissa.

Vehnäjauholeivonnassa olisi kannattanut valmistaa jauhoerä ilman askorbiinihappoa, koska askorbiinihappo parantaa jauhojen sitkorakennetta, ja tämä saattoi vaikuttaa merkittävästi matalan sakoluvun vehnäleivän odotettua parempaan leivontalaatuun.

pH-mittaustulokset sakoluvun vaikutuksesta raskin happanemiseen olivat sakoluvun osalta odotettua pienemmät. Lämpötilan vaikutus raskin käymiseen ja happanemiseen oli odotetun mukainen. Pohdittavaksi jäi, oliko tämä koejärjestely riittävä kuvaamaan raskissa tapahtuvia muutoksia. Koetta olisi voinut esimerkiksi laajentaa mittaamalla hiivojen ja mikrobien kokonaismäärää raskituksen alussa ja lopussa.

## Lähteet

- 1 Salovaara H. ja Tuukkanen K. Leipuri 8/2012, Suomen Leipuriliitto ry
- 2 Cereals Science and Technology in Sweden 1988. Edited by Nils-Georg Asp, Proceedings from an international symposium June 13<sup>th</sup>-16<sup>th</sup>, Sweden.
- 3 Viljan hankinta. Verkkodokumentti. Helsingin Mylly Oy <<http://www.helsingin-mylly.fi/viljan-hankinta/>> luettu 21.11.2017
- 4 Viljan laatu. Verkkodokumentti. Elintarviketurvallisuusvirasto Evira <<https://www.evira.fi/kasvit/viljely-ja-tuotanto/viljan-laatu/>> luettu 10.4.2017
- 5 Viljan laatutekijät. Verkkodokumentti. Elintarviketurvallisuusvirasto Evira<<https://www.evira.fi/kasvit/viljely-ja-tuotanto/viljan-laatu/laatutekijat/>>luettu 8.1.2017
- 6 Hietaniemi V., Koivisto T., Kaukoranta T., Parikka P., Kartio M., Sieviläinen E., Peltonen P. Viljojen turvallisuusseurantaa 15 vuotta 2015. Verkkodokumentti. Kehittyvä elintarvike <<http://kehittyvaelintarvike.fi/teemajutut/ke-1-2015-s-24-viljojen-turvallisuusseurantaa-15-vuotta>> luettu 8.1.17
- 7 Tietoa leivästä. Viljan jyvä. Verkkodokumentti. Leipätiedotus <<http://www.leipatiedotus.fi/tietoa-leivasta/vilja/viljan-jyva.html>> luettu 8.1.17
- 8 Salovaara H. Leipuri 6/2008. Suomen Leipuriliitto ry
- 9 Vilja-, jauho ja jauhatuserä 1966, Suomentanut Arne J.Aho. Alkuperäiset teokset, Getreide- und mehlkunde ja Vermahlungs- und betriebskunde. Kustannus Viljaika, Kokemäki
- 10 Infratec 1241 Grain Analyser. Verkkodokumentti. Foss <<http://www.foss.dk/industry-solution/products/infratec-1241/>> luettu 10.4.2017
- 11 Sakoluku. Verkkodokumentti. Elintarviketurvallisuusvirasto Evira <<https://www.evira.fi/kasvit/viljely-ja-tuotanto/viljan-laatu/laatutekijat/sakoluku/>> luettu 11.4.2017
- 12 Kulhonmäki, Salovaara. Laatuleipää käsikirja leipureille 1985. Helsingin yliopisto. Leipomoalan edistämissäatiö
- 13 International Association for Cereal Chemistry (ICC)- ICC-Standard No.110/1 1976. Verkkodokumentti. Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO <<http://www.fao.org/docrep/x5036e/x5036E14.HTM>> luettu 15.10.2017

- 14 Cauvain P., Young L.S, Technology of breadmaking 1998, Springer
- 15 Chemistry and Physics of Baking 1985, Edited by Blanshard J.M.V, Frazier P.J., Galliard T, The Royal Society of Chemistry Burlington House, London.
- 16 The Gluten Index Method. Verkkodokumentti. Perten <<https://www.perten.com/Products/Glutomatic/The-Gluten-Index-method/>> luettu 11.4.2017
- 17 Posner E. S., Hibbs A. N., Wheat Flour Milling American Association of Cereal Chemists 1999, Inc, Second printing
- 18 Matz, Cereal Technology 1970, The Avi Publishing Co. Inc.
- 19 The Master Bakers' Book of Breadmaking 1985, Technical editing and co-ordinating by Brown J. Edited and published for National Association of Mater Bakers, Confectioners and Caterers
- 20 Leipurin käsikirja 1929, Kulutusosuuskuntien keskusliitto
- 21 Salovaara H. Leipuri 3/2013. Suomen Leipuriliitto ry
- 22 Kulhonmäki, Salovaara, Laatuleipää käsikirja leipureille 1985, Helsingin yliopisto, Leipomoalan edistämissäatiö
- 23 Salovaara H. ja Tuukkanen K. Leipuri 6/2012. Suomen Leipuriliitto ry
- 24 Pro-Gradu tutkielma, Kristiina Aitkoski, Rukiin proteolyysi raskituksen aikana 2002. Helsingin yliopisto. EKT-sarja 1263
- 25 Y. Pomeranz, Modern Cereal Science and Technology, 1987, VHC Publishers, Inc
- 26 ICC -Standard methods. Verkkodokumentti. International Association for Cereal Science and Technology <[https://www.icc.or.at/standard\\_methods](https://www.icc.or.at/standard_methods)> luettu 18.11.2017

## Ohramallasuutteen spesifikaatio

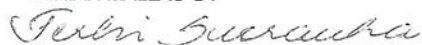
## LAIHIAN MALLAS

## ENTSYYMIOHRAMALLAS

|                |   |           |
|----------------|---|-----------|
| Kuvaus         | Jauhemainen suomalaisesta ohrasta valmistettu entsyymiaktiivinen tuote. Entsyymiohramallas on väriltään vaalea ja maultaan mieto. |           |
| Aineosat       | Ohra (alkuperämaa Suomi)  |           |
| Käyttökohteet  | Leivän ja mämmin valmistus. Entsyymiohramallas käytetään pääosin laskemaan jauhojen sakolukua.                                    |           |
| Tuoteanalyysi  | Kosteus, %  | max 9     |
|                | Väri, EBCU  | 3 - 8     |
|                | Diastaattinen voima, WK   | 350 - 500 |
|                | pH  | 5,5 - 6,5 |
| Ravintosisältö | Energia, kJ/100 g   | 1486      |
|                | Proteiini, g/100 g  | 12,1      |
|                | Rasva, g/100 g  | 2,8       |
|                | -josta tyydyttyneitä rasvahappoja, g/100 g  | 0,6       |
|                | Hiihihydraatti, g/100 g   | 63,5      |
|                | Kokonaissokeri, g/100 g   | 7,8       |
|                | Tuhka, g/100 g  | 2,1       |
|                | Ravintokuitu, g/100 g   | 12,1      |
|                | Natrium, g/100 g  | 0,003     |
| Pakkaus        | 25 kg paperisäkki   |           |
| Varastointi    | Kuivassa ja viileässä   |           |
| Säilyvyysaika  | 18 kk   |           |

Laihia 22.7.2016

LAIHIAN MALLAS OY



Terhi Suorauha



## Ranskanleivän työohje koeleivonnassa

### Perusresepti ranskanleipä

|            |       |
|------------|-------|
| Vesi       | 1000g |
| Sokeri     | 30g   |
| Suola      | 30g   |
| Kuivahiiva | 20g   |
| Vehnäjauho | 1750g |

Tämän reseptin ohjeessa jauhojen veden sidonta on 0,57 %, joten vehnäjauhon veden sidonta on otettava huomioon raaka-aineita punnittaessa.

Koetaikinan koko on 3 litraa jolloin taikinaominaisuudet tulevat parhaiten esiin.

Taikinan lämpötilan pitää olla vakiona 27 °C :tta, jolloin taikinoiden eroavaisuudet eri leivontojen välillä olisi paremmin havaittavissa.

Ennen leivontaa on hyvä tehdä aistinvarainen arvostelu koejauhoille, jolloin tulee esiin jauhoissa mahdolliset homeet ja kostumisen johdosta myös jauhon tunkkaantuminen.

### Työjärjestys

Mittaa leivonnassa tarvittavat raaka-aineet valmiiksi teräskulhoihin.

Mittaa vesi taikinakulhoon ja ota samalla huomioon jauhon vedensidonta.

Murena hiiva ja sekoita.

Laita sekoittimen ajastin päälle 2+8 min, 2 min hitaalla ja 8 min nopealla ja annostelee muut mitatut raaka-aineet sekoitusastiaan.

Tarkkaile taikinan muodostumista ja sitkon kehittymistä taikinassa.

Taikinan valmistuttua nosta taikina jauhotetulle leivinpöydälle ja peitä taikina muovilla sekä laita ajasti päälle (10 min taikinanlepo).

Paloittele taikinasta 1 kpl 100 g:n pala ja lopusta taikinasta 450 g paloja.

100 g pala pyöritetään huolellisesti pyöreäksi ja laitetaan huolellisesti voideltuun paistovuokaan kohoamaan. 450 g:n palat pyöritellään huolellisesti ja ladotaan kahdelle vanerilevyille ja peitetään muovilla sekä annetaan kohota 10 min.

Palakohotuksen jälkeen taikina palat laitetaan pitkärullaajaan, joka on säädetty ranskanleivälle sopivaksi. Pitkärullaajan jälkeen muotoillut leivät laitetaan leivinpellille 3kpl / pelti.

Leivinpellit laitetaan kohotuskaappiin, joka on laitettu päälle 30 min ennen leivontaa.

Kohotuskaapin säädöt 38–40°C:tta ja kosteus 85 %. Leipien kohotusaika 60 min

Kohonneet leivät otetaan kaapista ja annetaan hetki kuivahtaa, jolloin leipien leikkaaminen onnistuu. Ranskanleipään tehdä viillot terävällä veitsellä kello 10 asennossa sopivaan syvyyteen koko leivän pituudelta. Huomio ranskanleivän rullaussuunta (oikealle) ennen viillon tekemistä.

Pienet vuokaleivät laitetaan paistopinnan alaosaan.

Paistopinna työnnetään uuniin, joka on laitettu lämpiämään tuntia aikaisemmin. Paistolämpötilan termostaatti säädetään uunissa 220 °C :seen. Paistouunin ovi suljetaan ja annetaan leiville höyrytys nappia painamalla. Höyrytys uunissa on säädetty antamaan alkuhöyryä 18 sekuntia, jonka jälkeen uunin ajastin pitää uunin pysähdyksissä 1 min ajan, jonka jälkeen uuni lähtee käyntiin. 2 min kuluttua annetaan lisähöyrytys 6 sekuntia, ajastinta apuna käyttäen, jonka jälkeen uuni on taas pysähdyksissä 1 min ajan. Uuni lähtee käyntiin tämän jälkeen. Ajastimeen laitetaan paistoajaksi 18 min.

Paiston jälkeen leivät jäähdytetään ja analysoidaan leikkaamalla muutama leipä keskeltä poikki ja pienessä vuoassa oleva leipä halkaistaan korkeussuunnassa. Leivän rakenne arvioidaan raporttiin, johon myös tehdään arviointi taikinan käyttäytymisestä koko leivontaprosessin aikana.

Leivistä otetaan kuva poikkileikkauksesta, joka yhdistetään raporttiin.

## Ruisleivän valmistus

### Raskin elvytys, jos tuoretta raskia ei ole käytössä

Pakkasesta otettu raski on elvytettävä ennen käyttöä. Raski elvytetään lisäämällä siihen ruisjauhoja vettä 1:2 suhteella ja annetaan elpyä esimerkiksi 12 tuntia lämpimässä. Ensimmäinen leivonta suoraan pakkasesta otetulla raskilla ei tule yleisesti onnistumaan yhtä hyvin kuin tuoreella raskilla, koska osa bakteereista on kuollut pakastuksessa.

## Leivonta

### 1.vaihe

Siemenraski 500g

vesi 1000g

ruisjauho 500g

Annetaan käydä huoneen lämmössä tai lämpökaapissa esim 28 °C :ssa 12 tuntia. Tarkistetaan pH (Tavoiteltu on 3,7–4,0 välillä).

### 2. vaihe raskin ”ruokkiminen”

Raskiin lisätään

Vesi 666g

Ruisjauho 333g

Annetaan käydä huoneen lämmössä tai lämpimässä nostatuskaapissa 2 tuntia. Tarkistetaan tarvittaessa pH.

Raskista otetaan sivuun seuraavaa leivontaa varten 500g. Raski säilytetään suljetussa astiassa, joko jääkaapissa tai pakastamisessa, mikäli leivonta ei tapahdu seuraavana päivänä.

### 3. Taikinan valmistus

Raski 2500g

Ruisjauhoa 1250g

Hiivaa 40g

Suolaa 40g

Taikinaa sekoitetaan nopealla sekoitusnopeudella 4 min ajan taikinakoneessa lapa-sekoittimella.

Taikinan annetaan levätä 1 tunti lämpimässä joko huoneenlämmössä tai nostatuskaapissa, jonka lämpötila on esim. 28°C:tta

Taikina nostetaan hyvin jauhotetulle leivinpöydälle. Taikinassa punnitaan 950g paloja, jotka muotoillaan runsaan ruisjauhon avulla kartion muotoon ja annetaan nousta huoneen lämmössä 1 tunnin ajan.

Ruisleipä on valmis paistoon, kun kartion muoto on laskeutunut ja leivän pinta on tasainen.

Ruisleivät paistetaan 220° C:ssa 45 min ajan. Paiston alussa höyryä annetaan 45 sekuntia ja höyryn poisto asetetaan uunissa 0 sekuntiin. Eli höyrypellit ovat kiinni koko paiston ajan.

Ruisleivät jäähdytetään hyvin ennen arviointia ja leikkaamista.

## R-Studiolla tehtyjä regressioanalyysientuloksia ruisleivonnän mittaustuloksista

### Sakoluvun ja Lämpötilan vaikutus tilavuuteen

#### Malli 1 tilavuus

Call:

$y \sim \text{Sako} + I(T^2) + I(\text{Sako}^2)$

Residuals:

| 1       | 2      | 3     | 4     | 5       | 6     | 7      |
|---------|--------|-------|-------|---------|-------|--------|
| -14.843 | 6.006  | 8.968 | 8.901 | -15.573 | 6.568 | 15.886 |
| 8       | 9      |       |       |         |       |        |
| -14.907 | -1.006 |       |       |         |       |        |

Coefficients:

|                    | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t )     |
|--------------------|----------|------------|---------|--------------|
| (Intercept)        | 759.7992 | 13.5581    | 56.040  | 3.42e-08 *** |
| Sako               | 0.8768   | 6.2642     | 0.140   | 0.8941       |
| $I(T^2)$           | 38.9348  | 11.8169    | 3.295   | 0.0216 *     |
| $I(\text{Sako}^2)$ | -38.8077 | 12.9835    | -2.989  | 0.0305 *     |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 15.34 on 5 degrees of freedom  
 Multiple R-squared: 0.8009, Adjusted R-squared: 0.6814  
 F-statistic: 6.703 on 3 and 5 DF, p-value: 0.03338

#### Malli 2 tilavuus

Call:

$y \sim T + \text{Sako} + I(T^2) + I(T * \text{Sako}) + I(\text{Sako}^2)$

Residuals:

| Min     | 1Q     | Median | 3Q     | Max    |
|---------|--------|--------|--------|--------|
| -48.528 | -9.852 | -0.561 | 11.590 | 50.857 |

Coefficients:

|                      | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t )     |
|----------------------|----------|------------|---------|--------------|
| (Intercept)          | 760.648  | 11.865     | 64.107  | < 2e-16 ***  |
| T                    | -3.736   | 5.489      | -0.681  | 0.501240     |
| Sako                 | 1.789    | 5.464      | 0.327   | 0.745653     |
| $I(T^2)$             | 38.120   | 10.380     | 3.672   | 0.000931 *** |
| $I(T * \text{Sako})$ | -9.564   | 6.412      | -1.492  | 0.146222     |
| $I(\text{Sako}^2)$   | -38.735  | 11.253     | -3.442  | 0.001721 **  |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 26.6 on 30 degrees of freedom  
 Multiple R-squared: 0.4934, Adjusted R-squared: 0.4089  
 F-statistic: 5.843 on 5 and 30 DF, p-value: 0.000698

**Sakoluvun ja lämpötilan vaikutus paistohäviöön****Häviö1 malli 1**

Call:

$$y \sim T + Sako + I(T^2) + I(T * Sako) + I(Sako^2)$$

Residuals:

| Min      | 1Q       | Median   | 3Q      | Max     |
|----------|----------|----------|---------|---------|
| -2.09254 | -0.70695 | -0.00581 | 0.48938 | 2.72298 |

Coefficients:

|             | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t ) |     |
|-------------|----------|------------|---------|----------|-----|
| (Intercept) | 17.70661 | 0.56980    | 31.075  | < 2e-16  | *** |
| T           | 0.12477  | 0.26357    | 0.473   | 0.63937  |     |
| Sako        | 0.40800  | 0.26240    | 1.555   | 0.13046  |     |
| I(T^2)      | -1.78166 | 0.49848    | -3.574  | 0.00121  | **  |
| I(T * Sako) | -0.05076 | 0.30790    | -0.165  | 0.87015  |     |
| I(Sako^2)   | -1.41310 | 0.54038    | -2.615  | 0.01383  | *   |

---  
Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.277 on 30 degrees of freedom  
 Multiple R-squared: 0.4206, Adjusted R-squared: 0.3241  
 F-statistic: 4.356 on 5 and 30 DF, p-value: 0.00424

**Häviö 1 malli 2**

Call:

$$y \sim Sako + I(T^2) + I(Sako^2)$$

Residuals:

| 1        | 2        | 3        | 4       | 5        | 6        |
|----------|----------|----------|---------|----------|----------|
| -0.14824 | 0.22672  | -0.09362 | 1.24431 | -0.47715 | -0.75512 |
| 7        | 8        | 9        |         |          |          |
| 0.50997  | -1.47103 | 0.96416  |         |          |          |

Coefficients:

|             | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t ) |     |
|-------------|----------|------------|---------|----------|-----|
| (Intercept) | 17.7459  | 0.9502     | 18.677  | 8.1e-06  | *** |
| Sako        | 0.4026   | 0.4390     | 0.917   | 0.401    |     |
| I(T^2)      | -1.8224  | 0.8281     | -2.201  | 0.079    | .   |
| I(Sako^2)   | -1.4119  | 0.9099     | -1.552  | 0.181    |     |

---  
Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.075 on 5 degrees of freedom  
 Multiple R-squared: 0.6026, Adjusted R-squared: 0.3642  
 F-statistic: 2.528 on 3 and 5 DF, p-value: 0.1713

## Sakoluvun ja lämpötilan vaikutus paistohäviöön ja 24 tunnin aikaiseen kosteuden haihtumiseen

### Malli 1 häviö2

Call:

$y \sim T + \text{Sako} + I(T^2) + I(T * \text{Sako}) + I(\text{Sako}^2)$

Residuals:

| Min     | 1Q      | Median  | 3Q     | Max    |
|---------|---------|---------|--------|--------|
| -2.1087 | -0.4592 | -0.1155 | 0.4784 | 2.7309 |

Coefficients:

|                       | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t )     |
|-----------------------|----------|------------|---------|--------------|
| (Intercept)           | 19.23660 | 0.50848    | 37.832  | < 2e-16 ***  |
| T                     | 0.21051  | 0.23521    | 0.895   | 0.377912     |
| Sako                  | 0.42461  | 0.23416    | 1.813   | 0.079798 .   |
| I(T <sup>2</sup> )    | -1.96374 | 0.44483    | -4.415  | 0.000121 *** |
| I(T * Sako)           | 0.05091  | 0.27476    | 0.185   | 0.854256     |
| I(Sako <sup>2</sup> ) | -1.50835 | 0.48222    | -3.128  | 0.003897 **  |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.14 on 30 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.5256, Adjusted R-squared: 0.4465

F-statistic: 6.646 on 5 and 30 DF, p-value: 0.0002834

### Malli 2 häviö2

Call:

$y \sim \text{Sako} + I(T^2) + I(\text{Sako}^2)$

Residuals:

| 1       | 2      | 3       | 4      | 5       | 6       | 7      |
|---------|--------|---------|--------|---------|---------|--------|
| -0.2011 | 0.3310 | -0.1422 | 0.8716 | -0.2441 | -0.6177 | 0.2064 |
| 8       | 9      |         |        |         |         |        |
| -1.2026 | 0.9987 |         |        |         |         |        |

Coefficients:

|                       | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t )     |
|-----------------------|----------|------------|---------|--------------|
| (Intercept)           | 19.2989  | 0.7761     | 24.867  | 1.96e-06 *** |
| Sako                  | 0.4287   | 0.3586     | 1.196   | 0.2855       |
| I(T <sup>2</sup> )    | -2.0274  | 0.6764     | -2.997  | 0.0302 *     |
| I(Sako <sup>2</sup> ) | -1.5059  | 0.7432     | -2.026  | 0.0986 .     |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.8783 on 5 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.7319, Adjusted R-squared: 0.5711

F-statistic: 4.551 on 3 and 5 DF, p-value: 0.06811

## Sakoluvun ja lämpötilan vaikutus raskin pH:n muutoksiin

### Malli 1 PH1

Call:

$y \sim T + \text{Sako} + I(T^2) + I(T * \text{Sako}) + I(\text{Sako}^2)$

Residuals:

|  | Min       | 1Q        | Median   | 3Q       | Max      |
|--|-----------|-----------|----------|----------|----------|
|  | -0.071020 | -0.030239 | 0.001771 | 0.023631 | 0.081576 |

Coefficients:

|                       | Estimate  | Std. Error | t value | Pr(> t ) |     |
|-----------------------|-----------|------------|---------|----------|-----|
| (Intercept)           | 3.881171  | 0.018196   | 213.294 | < 2e-16  | *** |
| T                     | -0.025161 | 0.008417   | -2.989  | 0.00554  | **  |
| Sako                  | 0.002502  | 0.008380   | 0.299   | 0.76732  |     |
| I(T <sup>2</sup> )    | -0.111546 | 0.015919   | -7.007  | 8.7e-08  | *** |
| I(T * Sako)           | -0.004209 | 0.009833   | -0.428  | 0.67164  |     |
| I(Sako <sup>2</sup> ) | 0.024872  | 0.017257   | 1.441   | 0.15987  |     |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.04079 on 30 degrees of freedom  
 Multiple R-squared: 0.6474, Adjusted R-squared: 0.5886  
 F-statistic: 11.02 on 5 and 30 DF, p-value: 4.371e-06

### Malli 2 PH1

Call:

$y \sim T + I(T^2) + I(\text{Sako}^2)$

Residuals:

|  | 1         | 2         | 3         | 4         | 5        | 6        |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
|  | -0.016597 | 0.025186  | -0.014814 | -0.007873 | 0.004627 | 0.003194 |
|  | 7         | 8         | 9         |           |          |          |
|  | 0.013403  | -0.017314 | 0.010186  |           |          |          |

Coefficients:

|                       | Estimate  | Std. Error | t value | Pr(> t ) |     |
|-----------------------|-----------|------------|---------|----------|-----|
| (Intercept)           | 3.880201  | 0.016600   | 233.749 | 2.72e-11 | *** |
| T                     | -0.024642 | 0.007759   | -3.176  | 0.024652 | *   |
| I(T <sup>2</sup> )    | -0.111528 | 0.014834   | -7.518  | 0.000659 | *** |
| I(Sako <sup>2</sup> ) | 0.025783  | 0.015708   | 1.641   | 0.161637 |     |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.01901 on 5 degrees of freedom  
 Multiple R-squared: 0.9266, Adjusted R-squared: 0.8826  
 F-statistic: 21.05 on 3 and 5 DF, p-value: 0.002892



## Sakoluvun ja lämpötilan vaikutus elvytetyn raskin pH:n muutoksiin

### Malli 1 pH2

Call:

$y \sim T + \text{Sako} + I(T^2) + I(T * \text{Sako}) + I(\text{Sako}^2)$

Residuals:

|  | Min       | 1Q        | Median    | 3Q       | Max      |
|--|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
|  | -0.115255 | -0.042094 | -0.003481 | 0.047554 | 0.122323 |

Coefficients:

|             | Estimate   | Std. Error | t value | Pr(> t )     |
|-------------|------------|------------|---------|--------------|
| (Intercept) | 4.0977644  | 0.0280658  | 146.006 | < 2e-16 ***  |
| T           | -0.0069237 | 0.0129824  | -0.533  | 0.598        |
| Sako        | 0.0005324  | 0.0129248  | 0.041   | 0.967        |
| I(T^2)      | -0.1408691 | 0.0245528  | -5.737  | 2.91e-06 *** |
| I(T * Sako) | 0.0077279  | 0.0151658  | 0.510   | 0.614        |
| I(Sako^2)   | -0.0089468 | 0.0266168  | -0.336  | 0.739        |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.06291 on 30 degrees of freedom  
 Multiple R-squared: 0.5268, Adjusted R-squared: 0.4479  
 F-statistic: 6.679 on 5 and 30 DF, p-value: 0.0002735

### Malli 2 pH2

Call:

$y \sim T + I(T^2) + I(T * \text{Sako})$

Residuals:

|  | 1         | 2        | 3         | 4         | 5        | 6        |
|--|-----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|
|  | -0.005053 | 0.001909 | -0.005826 | -0.006936 | 0.011971 | 0.009787 |
|  | 7         | 8        | 9         |           |          |          |
|  | -0.004734 | 0.005027 | -0.006145 |           |          |          |

Coefficients:

|             | Estimate  | Std. Error | t value | Pr(> t )     |
|-------------|-----------|------------|---------|--------------|
| (Intercept) | 4.091292  | 0.005999   | 682.037 | 1.29e-13 *** |
| T           | -0.006954 | 0.003853   | -1.805  | 0.131        |
| I(T^2)      | -0.140852 | 0.007287   | -19.330 | 6.84e-06 *** |
| I(T * Sako) | 0.007660  | 0.004470   | 1.713   | 0.147        |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.009336 on 5 degrees of freedom  
 Multiple R-squared: 0.9869, Adjusted R-squared: 0.9791  
 F-statistic: 125.9 on 3 and 5 DF, p-value: 3.952e-05

