

Jussi Jämsén

# Mikrofibrilloitu selluloosa leivonnan lisäaineena

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Bio- ja elintarviketekniikka

Insinöörityö

7.1.2016

## Esipuhe

Ympäristöbiotekniikan ja kestävä kehityksen opintokokonaisuus sai minut innostumaan mikrofibrilloidun selluloosan tutkimiseen. Opintojakson esitelmää tehdessäni löysin viitteitä nanoselluloosan käytöstä elintarviketeollisuudessa. Lopullisesti mielenkiintoni herätti yhdysvaltalaisen tutkijan Michael K Weibelin patenttiasiakirjan pdf-tiedosto [1], josta oli luettavissa mahdollisesta nanoselluloosan kyvystä parantaa teollisen leivonnan leipätuotteita, etenkin lisätyn selluloosan avulla saavutettu pehmeämpi lopputulos ja suurempi tilavuus. Kun tutkimuksen pääperiaatteet olivat selvillä, ryhdyin etsimään lopputyölleni tilaajaorganisaatiota.

Tilaajaorganisaation löytymisessä apuna oli Suomen Leipuriliitto ry:n toimitusjohtaja Mika Väyrynen. Leipuriliiton sähköpostikirje tavoitti Fazer Groupin tutkimusjohtajan Sampsa Haarasillan, jonka avustuksella työlleni löytyi yhteyshenkilöksi vanhempi asiantuntija Kristiina Tuukkanen Fazer Groupin tutkimus- ja tuotekehityksestä. Henkilökohtaisena kontaktina sain yhteyden UPM:n johtaja Esa Laurinsiltaan, joka auttoi koikeissa käytettävien selluloosalaatujen toimittamisessa. Tässä yhteydessä haluan myös kiittää kaikkia edellä mainittuja henkilöitä kaikesta saamastani avusta lopputyöni toteuttamiseksi.

Haluan esittää myös lämpimät kiitokseni opettajalleni lehtori Mikko Halsakselle saamastani tuesta, ja siitä lähes päivittäisestä mielipiteen vaihdosta koeleivontapäivien aikana. Suuri kiitos kuuluu myös muille koulumme opettajille ja erityinen kiitos antoisista keskusteluista opettajalleni Maija Aholalle. Sydämellinen lämmin kiitos opiskelijakollegoilleni Veera Lintola, Kristiina Liuska, Jesse Viksten ja Mervi Timonen. Kiitos kun jaksoitte auttaa ja tukea minua näiden runsaan neljän vuoden aikana. Eikä tässä yhteydessä sovi unohtaa kotijoukkojen merkitystä aikuisopiskelijan arjessa. Vaimoltani Tainalta saamani tuki koko reilun neljän vuoden aikana on ollut merkittävä.

|  |   |
|--|---|
| Tekijä(t)<br>Otsikko<br><br>Sivumäärä<br>Aika  | Jussi Jämsén<br>Mikrofibrilloitu selluloosa leivonnan lisäaineena<br>48 sivua + 35 liitettä<br>7.1.2016 |
| Tutkinto   | Insinööri (AMK)   |
| Koulutusohjelma  | Bio- ja elintarviketekniikka  |
| Suuntautumisvaihtoehto   |   |
| Ohjaaja  | Lehtori Mikko Halsas  |
| <p>Tässä opinnäytetyössä tutkittiin mikrofibrilloidun selluloosan (MFC) vaikutusta vehnä-leivonnassa. Tutkittua tietoa MFC:n vaikutuksesta vehnätaikinassa on saatavilla vähän. Saatavilla olevien tutkimusten perusteella voidaan olettaa, että mikrofibrilloitua selluloosaa lisäämällä voitaisiin vaikuttaa valmiin leivän pehmeuteen, tilavuuteen ja säilyvyyteen. MFC:lla oletetaan olevan parempi vedenpidätyskyky vehnätaikinassa kuin muilla vettä sitovilla lisäaineilla. Työn kohdeyrityksenä oli Fazer Group ja testattavien selluloosalaatujen toimittajana oli UPM.</p> <p>Työssä testattiin kahta eri tavoin käsiteltyä selluloosalaatua. Toinen laadusta oli saatettu kemiallisella käsittelyllä varaukselliseksi ja toinen oli natiivimuodossaan. Kumpikin selluloosalaatu testattiin 0,01 %, 0,1 % ja 0,5 % kuiva-ainepitoisuuksilla jauhojen määrän suhteessa. Taikinat sekoitettiin farinografilla kokeiden toistettavuuden vuoksi. Valmiista leivistä mitattiin pehmeuden ja tilavuuden lisäksi veden haihtumista raakapainon ja kypsäpääntöerotuksena.</p> <p>Valmiin leivän tilavuus mitattiin tätä koesarjaa varten kehitetyllä Arkhimedeeseen lakiin perustuvalla rypsinsemen-menetelmällä. Pehmeyttä mitattiin penetrometrillä leipäviipaleesta viidestä eri mittauspositiosta.</p> <p>Mittaustulosten otoskokojen jäädessä melko alhaiseksi arvioitiin tulosten normaali-jakautuneisuutta ensin IBM:n SPSS Explore -testillä. Testit osoittivat, että tulokset eivät olleet normaalijakautuneita. Koska tulokset eivät olleet normaalijakautuneita, käytettiin tulosten analysointiin riittävän analyysitarkkuuden saavuttamiseksi Kruskal-Wallis-testiä. Myös Kruskal-Wallis-testit suoritettiin IBM:n SPSS-ohjelmalla.</p> <p>Analyysien tulokset osoittavat, että testatut selluloosalaadut heikentävät vehnätaikinaa samaan tapaan, jos taikinassa olisi käytetty heikkolaatuisia vähän sitkoproteiineja sisältäviä jauhoja. Taikinoiden heikko sekoitettavuus näkyi farinogrammeissa sekoituskestävyyden huippuarvojen nopeina nousuina ja laskuina. Taikinalaatujen heikentyminen näkyi myös taikinoiden koventumisena ja farinogrammien kuvaajien siirtymisenä ylöspäin piirturin mitta-asteikolla. Testatut selluloosalaadut eivät parantaneet pehmeyttä tai tilavuutta, eikä veden haihtumisen pienentymiselle saatu tilastollisesti merkittävää tulosta.</p> |   |
| Avainsanat   | Reologia, vedensidonta, mikrofibrilloitu selluloosa, farinografi  |

|   |  |
|---|--|
| Author(s)<br>Title<br>Number of Pages<br>Date   | Jussi Jämsén<br>Microfibrilled cellulose as additive in baking<br>48 pages + 35 appendices<br>7 January 2016 |
| Degree  | Bachelor of Engineering  |
| Degree Programme  | Biotechnology and Food Engineering   |
| Specialisation option   |  |
| Instructor(s)   | Senior Lecturer Mikko Halsas   |
| <p>The purpose of this Bachelor's Thesis was to study the effect of microfibrillated cellulose (MFC) on the wheat baking. There is not much examined information available about the effect of MFC in the wheat dough. On the basis of the available studies, it can be assumed that by adding the microfibrillated cellulose the softness, volume and preservation of the bread could be improved. MFC is supposed to have better water continence in wheat dough than the other binding water additives. The target company of this work was Fazer Group, and UPM was the supplier of the cellulose samples.</p> <p>Two differently processed cellulose qualities were tested in the study. One of the qualities was electrically charged by chemical treatment and the other was in native form. Both of the celluloses were tested in three different concentrations 0,01 %, 0,1 % and 0,5 %, calculated from the dry content. To be able to repeat the tests, the dough was mixed with a farinograph. The ready-made breads were measured not only for softness and volume but also for the evaporation of water by subtracting baked weight from raw weight.</p> <p>The volume of the ready-made bread was measured by a turnip rape seed method which was developed for this test series on the basis of Archimedes' law. The softness was measured by penetrometer from the slice of bread in five different measuring dots.</p> <p>Because the sample sizes of the measurement results remained fairly low, the normal distribution of the results was first estimated with IBM's SPSS Explore test. The result of the tests confirmed that the results were not normally distributed. Because the results were not normally distributed, in order to achieve sufficient analysis exactness, only Kruskal-Wallis test could be used. Kruskal-Wallis tests were also performed with IBM's SPSS program.</p> <p>The results of the analyses confirm that the tested cellulose qualities weaken the wheat dough in the same way as if a flour which contains a poor-quality gluten protein. The weak mixture permanence of the doughs was seen as quick increases and decreases of the maximum values of the mixture permanence in the farinogram. The weakening of dough qualities was also seen as the hardening of doughs and as the farinograph plots moving higher on the plotter scale. The tested samples of cellulose gel did not improve either softness or volume, and no statistically significant result was received for the decrease of the evaporation of water.</p> |  |
| Keywords  | Rheology, water binding, microfibrilled cellulose, farinograph   |

# Sisällys

## Lyhenteet

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | Johdanto  | 1  |
| 2     | Mikrofibrilloitu selluloosa MFC                       | 3  |
| 2.1   | Mekaaninen valmistus                                  | 3  |
| 2.1.1 | Korkeapainehomogenointi                               | 4  |
| 2.1.2 | Mikrofluidisaatio                                     | 4  |
| 2.1.3 | Jauhaminen  | 5  |
| 2.2   | Mikrofibrilloidun selluloosan erityiset ominaisuudet  | 5  |
| 3     | Teollisen leivonnan kehittyminen Suomessa             | 5  |
| 3.1   | Fazerista Suomen ensimmäinen valtakunnallinen leipoja | 6  |
| 3.2   | Vaasan-konserni laajentuu valtakunnalliseksi          | 6  |
| 3.3   | Kolmas vahva valtakunnallinen toimija                 | 7  |
| 4     | Vehnäleivän tuotantoprosessi                          | 8  |
| 4.1   | Sekoitus  | 8  |
| 4.1.1 | Sekoittuminen   | 9  |
| 4.1.2 | Hydratoituminen                                       | 9  |
| 4.1.3 | Sitkon kehittyminen                                   | 9  |
| 4.1.4 | Ilman sekoittuminen                                   | 9  |
| 4.2   | Paloittelu ja riivaus                                 | 10 |
| 4.3   | Lepo  | 10 |
| 4.4   | Muotoilu  | 11 |
| 4.5   | Nostatus  | 11 |
| 4.6   | Paisto  | 12 |
| 4.6.1 | Höyrytys ja uuninousu                                 | 13 |
| 4.6.2 | Kuoren muodostuminen                                  | 13 |
| 4.7   | Jäähdyttäminen  | 14 |
| 4.8   | Pakkaaminen   | 14 |
| 5     | Koeleivonnat  | 15 |
| 5.1   | Koeleivontojen vehnävuokaleivän resepti               | 17 |
| 5.2   | Koejärjestely   | 17 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 5.2.1 | Sekoitus   | 18 |
| 5.2.2 | Paloittelu ja riivaus  | 19 |
| 5.2.3 | Lepo   | 19 |
| 5.2.4 | Muotoilu   | 20 |
| 5.2.5 | Nostatus   | 21 |
| 5.2.6 | Paisto   | 22 |
| 5.2.7 | Jäähdytys  | 22 |
| 6     | Mittaukset ja niiden tilastollinen analysointi                 | 23 |
| 6.1   | Hypoteesi  | 24 |
| 6.2   | Farinogrammit  | 24 |
| 6.2.1 | Farinogrammien tulosten käsittely                              | 25 |
| 6.2.2 | Optimointikokeet hyödyntäen farinogrammeja                     | 25 |
| 6.3   | Tilavuuden mittaaminen   | 26 |
| 6.4   | Pehmeysten mittaaminen   | 28 |
| 6.4.1 | Pehmeysten analyysit Kruskal-Wallis-testillä                   | 29 |
| 6.4.2 | Pehmeysten muutoksen analyysi                                  | 32 |
| 6.5   | Aistinvarainen arviointi                                       | 34 |
| 7     | Yhteenveto ja johtopäätökset                                   | 37 |
|       | Lähteet  | 38 |
|       | Liitteet   |    |
|       | Liite 1. Koeivontapöytäkirja                                   |    |
|       | Liite 2. Käyttöturvallisuustiedote 1                           |    |
|       | Liite 3. Käyttöturvallisuustiedote 2                           |    |
|       | Liite 4. Normaalijakautuneisuuden testiyhteenvetojen tulokset  |    |
|       | Liite 5. Koulun farinografin virhe                             |    |
|       | Liite 6. Koeivontojen farinogrammit                            |    |
|       | Liite 7. Tilavuuden mittausten tulokset                        |    |
|       | Liite 8. Pehmeysten mittausten tulokset kolmessa aikapisteessä |    |
|       | Liite 9. Aistinvaraiset havainnot                              |    |

## Lyhenteet

|                   |  |
|-------------------|--|
| MFC               | <i>Microfibrilled cellulose</i> . Mikrofibrilloitu selluloosa.   |
| Häälytyminen      | Häälytyminen eli rihmatauti. Rihmatautia esiintyy happamattomissa vehnäleivissä ja sekaleivissä. Rihmatauti on <i>Bacillus subtilis</i> bakteerin aiheuttama homehtumisen kaltainen ilmiö. Bakteerin kasvattama rihmasto erottuu selvästi tummana ja kosteana osana leivän sisustaa. <i>B. subtilis</i> bakteerit ovat lämmönkestäviä eivätkä tuhoutu leipää paistettaessa. [2.] |
| Fibrillointi      | Kasvisolun primääriseinämän mikrofiibrillien erottaminen mekaanisesti tai kemiallisesti.   |
| Farinografi       | Laitevalmistaja Brabenderin valmistama mm. jauhojen vedensidontakykyyn suunniteltu empiirinen mittalaite, joka tuottaa sähköisenä tai piirturikuvana paperille farinogrammin.  |
| Farinogrammi      | Farinografian tuottama sähköinen tai piirturin paperille tuottama kuvaaja.   |
| BU                | <i>Brabender unit</i> . Farinografian kuvaaja jauhojen ja veden sitkoisuuden yksikkö. Käytetään myös FU-lyhennettä ( <i>farinography unit</i> ).   |
| Mikrofluidisaatio | Nanokokoisten pisarapartikkeliemulsioiden valmistus korkeaa painetta hyödyntävällä mikrofluidisaattorilla.   |
| Kryomurskaus      | Hyvin kylmän ja mekaanisen jauhatuksen yhdistelmä. Jäädäytöksessä käytetään nestemäisellä typellä tai argonilla saavutettavia lämpötiloja.   |
| Ultrasonikointi   | Ultraääninopeuden painevaihtelun aiheuttaman orgaanisen aineen rikkoutuminen.  |
| Peak-time         | Farinogrammin huippu, taikinan sekoittumisen optimaiaika.  |

|                 |  |
|-----------------|--|
| Nukleaatiokohta | Taikinan sisään jäänyt lähinnä typpikaasusta koostuva kupla, johon hiivan tuottamat karbonaatti-ionit purkautuvat hiilidioksidikaasuksi. |
| Pentosaani      | Suurimolekyylinen vesiliukoinen geelityvä kuitu. Muita samaan ryhmään kuuluvia kuituja ovat mm. $\beta$ -glukaani ja liukoinen pektiini. |

## 1 Johdanto

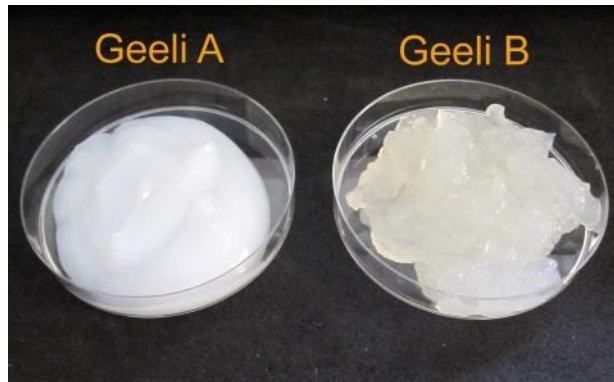
Leipomoteollisuudessa on jo pitkään etsitty tuotanto- ja pakkaustapoja sekä uuden sukupolven lisäaineita, joilla voitaisiin pidentää tuoreen leivän hyllyikää. Ongelmaksi on kuitenkin muodostunut kuluttajien kielteinen kanta lisäaineita kohtaan. Leivän säilyvyyden ylläpitäminen ilman *Bacillus subtilis* -bakteerin aiheuttamaa häältymistä, homehtumista ja kuivumista estäviä lisäaineita on ollut haastavaa. Jos käyttöön tuleva lisäaine olisi biologinen, lähes pääraaka-aineen kaltainen ja kuluttajien hyväksyttävissä, ja jos edellä mainitulla lisäaineella saavutettaisiin vaikkapa vain yhden päivän hyllyiän pidentyminen, olisi se varmasti teollisuutta monin tavoin kiinnostava tuote. Leipomoiden kättä heikentää kauppojen tuotepalautusten määrä. Tällaista melko poikkeuksellista tapaa ei ole muilla tuoretuoteryhmillä.

Tässä insinööriyössä tutkittiin mikrofibrilloidun selluloosan (MFC) vaikutusta vehnäleivän tilavuuteen, vedensidontakykyyn ja tuoreuden säilymiseen. Kokeellinen osa tulee sisältämään seuraavat mittaus- ja arviointitavat:

- Taikinat valmistetaan farinografilla, jotta saadaan myös keskenään vertailtavia farinogrammeja paperitulosteina. Leivonnan työvaiheet vakioidaan toistettaviksi ja jokaisesta työstä pidetään tarkoitukseen laadittua koepöytäkirjaa (liite 1).
- Valmiin tuotteen tilavuuden mittaaminen Arkhimedeen lakiin perustuvalla rypsin siemen mittauksella. Mittaukset kirjataan tutkimuspöytäkirjaan.
- Leipäviipaleen pehmeyden mittaus suoritetaan penetrometrillä. Mittauksilla tutkitaan pehmeyden muutosta kolmen vuorokauden aikana. Mittaukset kirjataan tutkimuspöytäkirjaan.
- Aistinvarainen arviointi. Arviot kirjataan tutkimuspöytäkirjaan. Aistinvaraisista arviointia tuetaan mikroskooppikuvin.

Paperiteollisuus tuottaa sellunkeiton sivuvirtana nykyään paljon uusia mikroselluloosakomponentteja. Näistä komponenteista valmistetaan mm. erilaisia biohajoavia pakkaustuotteita, paperipäällysteitä sekä täysin uusia korkean teknologian rakennemateriaaleja.

Koeleivontakokeissa testattiin kahta eri tavoin käsiteltyä selluloosageeliä (kuva 1). UPM:n pyynnöstä, luottamuksen säilyttämiseksi käytetään testattavista selluloosalaaduista kirjaintunnuksia A ja B. UPM:n toimittamat selluloosalaadut eivät sellaisenaan olleet elintarvikekelpoisia, joten aistinvarainen arviointi tehtiin vain ulkonäköä, käsittumää ja tuoksuominaisuuksia arvioiden.



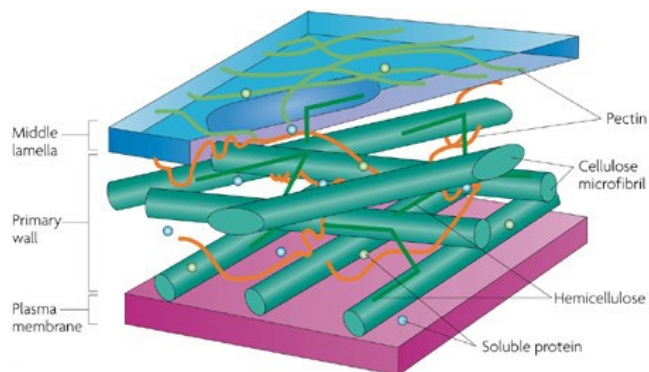
Kuva 1. UPM:n toimittamat sellugeelit. Geelin A kuiva-ainepitoisuus 1,68 g/100g ja geeli B kuiva-ainepitoisuus 2,86 g/100g.

Testattavaksi saaduista selluloosalaaduista ei voida antaa tarkempia yksityiskohtia. Seuraavat tuoteturvallisuuteen liittyvät ominaisuudet ovat tiedossa: Kummatkin laadut sisältävät biosidejä säilyvyyden parantamiseksi. Toinen sellulaaduista on kemiallisella käsittelyllä saatettu voimakkaammin anioniseksi.

Voimakkaammalla varauksella oletetaan olevan vehnäleivonnän reologiassa vedenpidätyskykyä parantava ominaisuus. Etenkin paistetussa leivässä selluloosatukirakenteen oletetaan hidastavan veden vapautumista. Kummastakin selluloosalaadusta on saatavilla omat käyttöturvallisuustiedotteet (liitteet 2 ja 3).

## 2 Mikrofibrilloitu selluloosa MFC

Mikrofibrilloituja selluloosalaatuja valmistetaan lähinnä puuraaka-aineista, mutta myös monista yksivuotisista kasveista ja niiden jalostuksen sivutuotteista voidaan valmistaa MFC:tä. Yleensä MFC:tä valmistetaan mekaanisesti, fibrilloimalla sellujakeita jauhimella tai fluidisaattorilla. Kuiturakenteiden soluseinämiä rasietaan mekaanisesti, jolloin seinämien mikrofibrillit (kuva 2) saadaan erottumaan toisistaan. [3, s. 12.]



Kuva 2. Kasvisolun soluseinämän rakenne. Vihreällä esitetyt sauvamaiset partikkelit ovat solun primääriseinämän rakennemolekyylejä, mikrofibrillejä. [4.]

Mekaanisella erotuksella saatu tuote on hyvin heterogeenistä. Tuote sisältää eri fibrilliasteella olevia osia, nanoskaalan kuiduista mikrokokoisiin ja sitäkin suurempiin kuitujakeisiin. Mekaanisella valmistuksella saadaan paksuudeltaan 20–40 nm ja pituudeltaan jopa usean sadan nanometrin pituisia kuituja. [3, s. 12.]

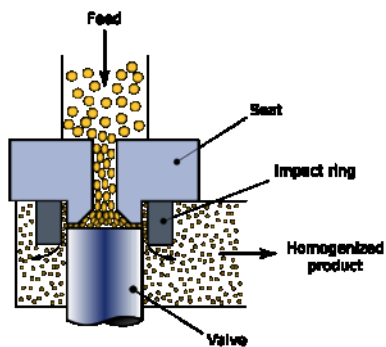
### 2.1 Mekaaninen valmistus

Mikrofibrilloidun materiaalin valmistamiseen on olemassa useita eri tapoja. Useiden vuosien ajan on testattu erilaisia laitteita ja menetelmiä, kuten homogenointia, mikrofluidisaatiota, jauhatusta, hiontaa, kryomurskausta, kuulamylyjauhatusta ja ultrasonikointia. Nykyään yleisimmin käytetyt valmistusmenetelmät ovat homogenointiin (kuva 3), mikrofluidisointiin tai jauhatukseen korkeilla leikkausvoimilla perustuvat menetelmät. Edellä mainittua kolmea yleisintä valmistustapaa voidaan vielä tehostaa kemiallisella ja/tai entsyymaattisella sellumassan esikäsitteilyllä. [3, s. 22, 25–27.]

Mikrofibrilloidun sellumassan laboratorionmittakaavan valmistustapoja vertailtaessa on todettu, että mikrofluidisointi ja mekaaninen jauhatus ovat energiataloudellisesti edullisimmat toimintatavat. [3, s. 23.]

### 2.1.1 Korkeapainehomogenointi

MFC:n valmistaminen korkeapainehomogenisaattorilla perustuu painevaihteluun, kavi-taatioon, leikkaus- ja törmäysvoimien aiheuttamaan sellukuitukimppujen fibrilloitumi-seen. Tuotteen syöttöä (feed) vastaan kohdistuva venttiiliin (valve) paine ohjaa sel-lususpension säädetyn venttiiliväläyksen ja leikkausrenkaan välin kautta valmiin tuotteen poistoon. (kuva 3)



Kuva 3. Korkeapainehomogenisaattorin toimintaperiaate. [5]

### 2.1.2 Mikrofluidisaatio

Mikrofluidisaatio poikkeaa homogoinnista lähinnä suurempien törmäysvoimiensa ja energiataloudellisesti edullisemmän toimintaperiaatteensa vuoksi. Tyypillisesti fibrilli-saation kasvu saadaan aikaiseksi useammalla ajokerralla [3, s. 22], jonka seurauksena toki prosessin energiankulutuskin nousee, mutta ei niin suureksi kuin homogoinnis-sa. Korkeapainehomogenointia ja mikrofluidisaatiota käytetään yhdessä mekaanisen jauhamisen kanssa.

### 2.1.3 Jauhaminen

Hyvin yleinen tapa valmistaa mikrofibrilloitua selluloosaa on jauhaminen [3 s. 22]. Jauhamiseen voidaan käyttää suosittuja Masuko-jauhimia [6], jossa jauhinkivet pyörivät vaakatasossa. Lopputuotteen partikkelikokoa säädetään erilaisten jauhinkivien valinnalla [7]. Tuotteen syöttö myllypesään tapahtuu yläpuolen suppilon kautta. Tuote ohjautuu jauhinkivien väliin keskipakovoimalla, ja valmis jauhe poistuu ulkokehän kautta poistoputkeen.

## 2.2 Mikrofibrilloidun selluloosan erityiset ominaisuudet

Hienojakoinen selluloosa pystyy absorboimaan ja pidättämään suuria määriä vettä. Kokeissa käytetyt selluloosalaadut sisälsivät vettä noin 96–98 %. Näytelaaduista oli käytettävissä vain kuiva-aineen määrä, jonka perusteella em. lukuarvot on laskettu. Molemmat näytteet olivat hyvin kestävässä geelifaasissa. Geelin rakenne kesti hyvin muuttumattomana koko pitkähkön koesarjan ajan.

Mikrofibrilloidun selluloosan vaikutus leipomotuotteissa voisi olla sen kyky muodostaa absorbenttimatriisi, kuituverkosto, johon runsaasti vettä sitova polymeeri (tärkkelys-proteiinirakenteet) saadaan kiinnittymään. Tällä erityisominaisuudella pyritään vahvistamaan taikinän vedensidontakykyä, lopputuotteen pehmeyttä ja pidempää hyllyikää kuivumisen hidastumisena. Mikrofibrilloidun sellun käyttö voi olla myös pakasteleivonnaisten lisäaine. On oletettavaa, että MFC kykenee pidättämään vettä tehokkaammin taikinassa myös pakastetuotteen sulamisen ja paistamisen aikana [3, s. 36]. Näin saavutetaan kauniimpi lopputuote ja pakasteleivonnaisen paiston jälkeinen parempi säilyvyys.

## 3 Teollisen leivonnan kehittyminen Suomessa

Suuressa mittakaavassa teollinen leivonta alkoi Suomessa oikeastaan vasta 1960-luvulla. Ensimmäisiä varsinaisia valtakunnallisia leipomoita olivat kuivaleipätuotteiden valmistajat. Teollisen valtakunnallisen tuoreleivonnan esteenä oli kehittymätön jakeluverkosto [8, s. 163]. Vaikka jo vuonna 1949 kuorma- ja linja-autot vapautettiin jakelusäännöstelystä [9], niin valuuttasäännöstely aiheutti sen, että uusien jakeluautojen hankinta Suomeen oli lähes mahdotonta. Kun riittävää kapasiteettia ei ollut, ei myös-

kään ollut mahdollista kehittää toimivia jakeluverkostoja elintarvikkeiden valtakunnalliseen jakeluun.

### 3.1 Fazerista Suomen ensimmäinen valtakunnallinen leipoja

Teollisen leivonnan kehittyminen valtakunnalliseksi toiminnaksi oli seurausta parempien tuotanto-, pakkaus-, jakelu- ja varastointitekniikoiden kehittymisestä. Tämän kehityksen kärjessä oli Fazer jo 1950-luvun lopusta alkaen. Fazerin teollisen valtakunnallisen leipojan roolin kehittymistä auttoi se, että Fazerilla ei ollut samanlaista tiukkaa sidosta osuuskauppaliikkeisiin, kuten esimerkiksi Elannon Leipätehtaalla, joka oli ehkä tuon ajan suurin ja tehokkain leipätehdas Suomessa. Suuri merkitys Fazerin laajentumiselle oli luonnollisesti myös tehokkaalla leipomotuotteiden tuotteistamisella. Käsitteeksi jo hyvin varhain syntyi Oululaisen oston myötä vuonna 1958, esimerkiksi tänäkin päivänä hyvin tunnetut ”Oululainen”-hapanleipätuotteet, jälkiuuniviipaleet ja -limput, hapankorppuja unohtamatta. Fazer kasvoi yritysostojen kautta maan suurimmaksi toimijaksi 1970-luvulla. Valtakunnallinen tiheä tehdasverkosto takasi sen, ettei tuotteita tarvinnut kuljettaa kohtuuttomien matkojen päähän. Fazer tehosti omaa toimintaansa myös oman myllytoiminnan aloittamisella 1970-luvulla. [8, s. 164–169.]

### 3.2 Vaasan-konserni laajentuu valtakunnalliseksi

Merkittävän valtakunnallisen kilpailijan Fazer sai Vaasan-konsernista, tosin vasta 1980- ja 1990-lukujen taitteessa. Vaasan-konserni laajeni nopeasti merkittävien yritysostojen kautta. Vaasan-konserniin ostettiin ensin Kolmileipä Oy sekä Joutsenolainen Oy, ja näihin liitettiin 1980-luvun lopussa Vilppu Lakkapään ja Pentti Kallioniemen Lappiin muodostama alueellinen leipomoketju. Lisäksi muualta Suomesta hankittiin pienempiä yksittäisiä leipomoita. Toisin kuin Fazer, Vaasan konserni valitsi täysin vastakkaisen strategian ja luopui kokonaan myllytoiminnasta keskittyen leipomotoimintaan. Vaasan konsernin vahva valtakunnallinen asema varmistui suurien yritysjärjestelyjen myötä syksyllä 1990, kun vaikeuksiin ajautuneet S- ja E-ryhmä luopuivat omista leipomoistaan ja niiden toiminta siirtyi Vaasan konserniin. [8, s. 170.]

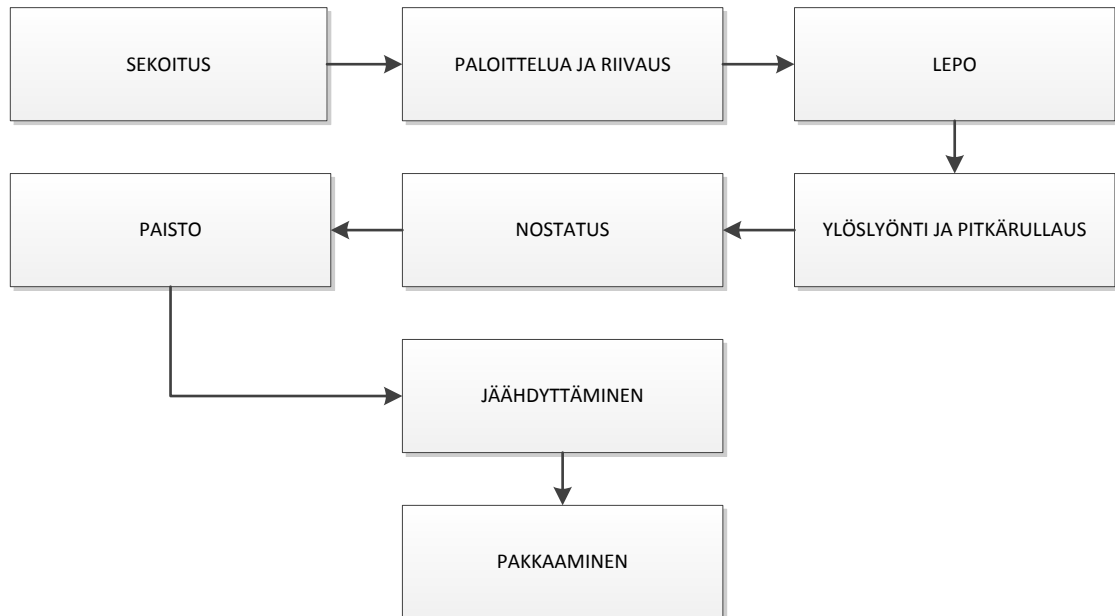
### 3.3 Kolmas vahva valtakunnallinen toimija

Monet pienet ja keskisuuret yksityiset leipomot ovat Fazerin ja Vaasan puristuksessa joutuneet koville, mutta kaikesta huolimatta pärjänneet melko hyvin. Monet ovat erikoistumalla kyenneet pitämään kannattavuutensa kohtuullisena ja jatkamaan tärkeää monipuolisten leivonnaisten tarjontaa alueellisina toimijoina. [8, s.172.]

Kolmas valtakunnallinen toimija syntyi kun alueillaan neljä vahvaa toimijaa yhdisti voimansa. Moilas Oy, Leivon Leipomo Oy, Leipomo Salonen Oy ja Pulla-Pirtti Oy yhdistyivät vuonna 1997 Perheleipurit-yhtiöksi. Yhtiöt jatkoivat yhdistymisestä huolimatta omina toimijoinaan omilla tuotteillaan, ja tämän lisäksi ryhdyttiin valmistamaan yhteisiä valtakunnallisesti myytäviä tuotteita omilla tavaramerkeillään. Perheleipurit Oy vahvistui vuonna 2008, kun se osti EHO Oy:n leipomotoiminnan. [8, s. 173.]

## 4 Vehnäleivän tuotantoprosessi

Seuraavassa kuvassa on nähtävillä vehnäleivän lyhennetty valmistusprosessi. Kuvasta on tarkoituksella jätetty pois raaka-aineiden saapumisen käsittely ja varastointi, sekä raaka-aineiden siirrot tuotantoon samoin kuin pakkaamisen jälkeinen lähetys- ja jakelutoiminta. Lyhennettynä valmistusprosessi on seuraavan prosessikaavion mukainen (kuva 4).



Kuva 4. Lyhennetty vehnäleivän valmistuksen prosessikaavio

### 4.1 Sekoitus

Vehnätaikinan sekoittamisessa, toisin kuin esimerkiksi ruistaikinan, on kyse sitkon aikaan saamisesta. Vehnätaikinan sekoittamisella on neljä perustavoitetta: a) ainesten sekoittaminen mahdollisimman tasaisesti, b) hydratoituminen eli vettyminen, c) taikinan sitkon kehittyminen, toisin sanoen kestävänsä tasaisen jatkuvan faasin muodostuminen sitkoproteiineista sekä d) sekoitettaessa ilmaa taikinaan saadaan aikaiseksi kaasurakuloiden nukleatiokohtia. [10, s. 30.]

#### 4.1.1 Sekoittuminen

Sekoittumisessa oleellista on saada kaikki taikinan eri komponentit, etenkin vesi, jakautumaan taikinaan mahdollisimman tasaisesti.

#### 4.1.2 Hydratoituminen

Jauhojen suuret makromolekyylit, varsinkin proteiinit ja arabinoksyylaaneista pentosaani imevät vettä eli vettyvät. Proteiinit vievät vedestä 23 %, pentosaani 20 %, ehjät ja jauhatuksessa rikkoutuneet vehnän tärkkelysjyväset 56 % [10, s.31]. Osa vedestä tarvitaan liuottamaan jauhojen liukoisia aineita kuten jauhojen omia sokereita sekä mahdollisesti lisättyä suolaa ja muita sokereita. Vettä pitää olla taikinassa myös niin paljon, että sitä jää vapaaksi hiivan ja entsyymien toiminnan takaamiseksi.

#### 4.1.3 Sitkon kehittyminen

Taikinasitkon kehittyminen edellyttää riittävää sekoitusintensiiteettiä. Sekoitusta tarvitaan, jotta toisiinsa liittymään kykenevät proteiinit kohtaavat toisensa ja saavuttavat riittävän voimakkaan kemiallisen sidoksen. Teollisessa leivonnassa riittävä intensiteetti saavutetaan vain tarkoitukseen kehitetyillä sekoittimilla. Suosittuja sekoittimia ovat yksija kaksoisspiraalisekoittajat sekä haarukka- ja Wendel-sekoittajat [11], laitoksen koosta riippuen. Taikinan sekoittaminen vaatii paljon työtä ja kuluttaa paljon energiaa. Energiansiirtona taikinaan kehittyä lämpöä, joka on tavalla tai toisella pidettävä kurissa. Helpoimpia tapoja on käyttää jäähdytettyä vettä tai sekoituspatoja, joissa kiertää jäähdytysneste. Jos taikinaa sekoitetaan liikaa, voivat sitkoproteiinien väliset kemialliset sidokset löystyä ja taikina menettää optimaalisen sitkonsa [10, s. 31]. Jauhojen optimaalinen sitko on selvitettävissä farinografilla, jota tämänkin insinööriyön jokaisen taikinanerän sekoituksessa hyödynnettiin.

#### 4.1.4 Ilman sekoittuminen

Ilmaa sekoittuu taikinaan jauhojen sisältämän pienten jauhopartikkeleiden ilmataskuista ja sekoituksessa sekaan vatkautuvasta ilmasta. Nämä pienet kaasurakkulat toimivat hiivan käymistuotteen hiilidioksidin purkautumiskohtina. Taikinaan sekoitettavasta ilmasta happi liukenee melko nopeasti. Sen sijaan ilman sisältämä typpi ei liukene taikinanesteeseen sen jäädessä kaasurakkuloiden aihioihin. Typpi on hiilidioksidin nukle-

aatiokohta kaasurakkuloissa. Ilman lisäämisellä taikinaan on näin ollen kaksi merkittävää tehtävää. Hiiva käyttää hapen nopeasti tuottaakseen hiilidioksidia, ja toisaalta hapeta tarvitaan myös hapetusreaktioihin kuten disulfididisidosten muodostamiseen [10, s. 32]. Ilman riittävää sekoittamista ei voida saavuttaa kuohkeaa lopputulosta.

#### 4.2 Paloittelu ja riivaus

Paloittelusta, riivauksesta, taikinalevosta ja muotoilusta käytetään yhdessä myös ammattitermiä ”ylöslöyönti”. Nykyaikaisessa teollisessa leivonnassa paloittelu ja riivaus hoidetaan peräkkäin linjaan asennetuilla koneilla. Paloittelu- ja kartioriivauskoneen kapasiteetti mitoitetaan tuotantotarpeen mukaan. Paljon käytettyjä koneita ovat yksi- ja kaksitaskuiset paloittelijat. Pyöröriivauksessa vehnätaikina muotoillaan palloksi lepoa varten esimerkiksi kartioriivaimella. Edellä esiteltyjen laitteiden lisäksi on olemassa paloittelu- ja muotoilukoneita, jotka hoitavat molemmat tehtävät yhdessä ja samassa laitteessa. [12, s. 30.]

#### 4.3 Lepo

Taikinan levon merkitys korostuu leivottaessa ilman muottia paistettavia leipiä, kuten ranskanleipiä, limppuja ja patonkeja. Leipien muotoonleivonta ei onnistu halutulla tavalla, jos taikina on juuri saavuttanut vahvimman sitkonsa.

Kun taikinan on saavuttanut parhaan sitkoisuuden tilan, ovat sitkoproteiinit pitkinä tiivinä ja jännittyneinä ryhminä. Täydellisen sitkon saavuttanut taikinakappale katkeaa helposti sitä venytettäessä, mikä ei ole taikinan työstämisen kannalta paras tila. Heti sekoittamisen jälkeen taikinassa on liikaa jännityksiä, jotta muotoonleivonta olisi mahdollista. Joidenkin minuuttien ajan oikeissa olosuhteissa levännyt taikina saavuttaa uuden tasapainon tilan, jossa käsiteltävyys paranee huomattavasti ja muotoilu helpottuu. Taikinan lepo on kemiallisten sidosten voipumista, jossa sitkoproteiinit osittain aukeavat ja löystyvät. [12, s. 30–32.]

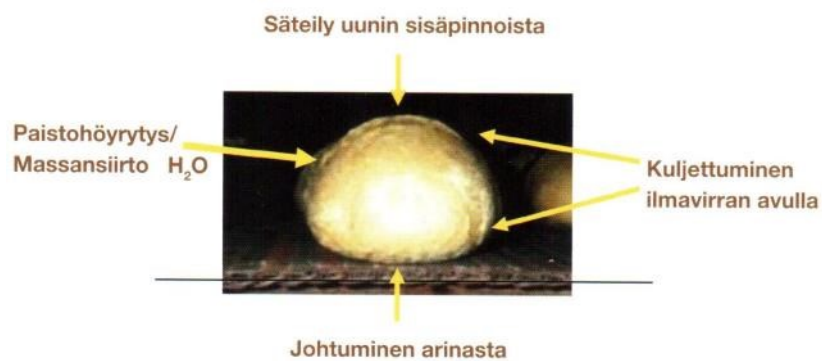
Hannu Salovaara esittää Leipuri-lehden 1/2014 artikkelissa [12], että tavoiteltava välilevon lämpötila olisi 1–2 °C taikinalämpötilaa korkeampi ja suhteellinen kosteus 75 %. Suuren tuotannon teollisessa leivontaprosessissa edellä mainitut olosuhteet saadaan



#### 4.6 Paisto

Valtaosa leivän aromiaineista syntyy leipää paistettaessa. Taikinapalan sisälämpötila pyritään nostamaan noin 98 C°:seen ja kuoren lämpötila 170–180 C°:seen. Paiston aikana taikinasta haihtuu vettä 8–15 %. [14, s. 28.]

Lämmönsiirtymistä leipään tapahtuu kaikilla kolmella perusmekanismilla: säteilemällä, johtumalla ja kuljettumisella eli konvektiolla. Näiden lisäksi erittäin merkityksellistä on lämmön siirtyminen massansiirtona, jos uuniin johdetaan vesihöyryä (kuva 5).



Kuva 5. Lämmön siirtyminen leipään tapahtuu kolmella perusmekanismilla ja massansiirtona. [14, s. 29.]

Infrapunasäteilyn teho riippuu säteilevän pinnan, vastuksen ja/tai arinan lämpötilasta. Säteilyn tehosta riippuen leipä kypsyy pinnastaan kohti leivän sisusta vain joitakin millimetrejä. Kypsymiseen aivan leivän keskikohtaan saakka tarvitaan useimmiten höyrytyksen avulla saavutettavaa massansiirtoa. [14, s. 29.]

Johtumista syntyy leipään suorassa kontaktissa olevista pinoista arinasta tai leipävuolan seinämistä. Kuljettuminen on riippuvaista uunin sisällä tapahtuvasta ilmavirran nopeudesta. Sähkövastuksilla lämpiävässä kiviarinauunissa ei ilmavirran liikettä juurikaan ole, mutta vastaavasti höyryllä tai kiertoilmalla lämmitettävissä rata-arinauuneissa lämmön kuljettumisella on suuri merkitys tuotteen paistumiseen, merkittävästi suurempi kuin säteilyllä. [14, s. 29.]

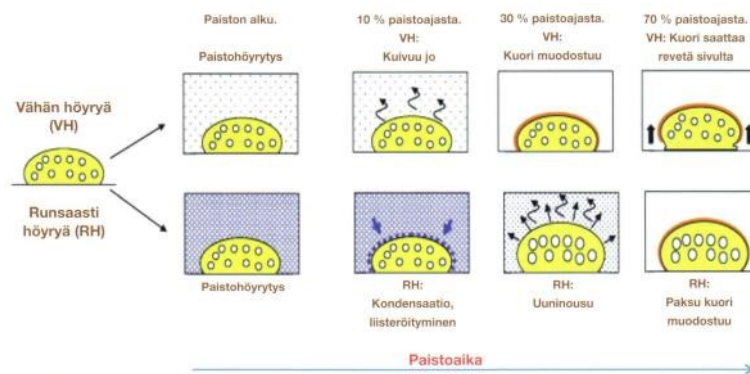
Massansiirto tapahtuu paistonaikaisessa paistohöyrytyksessä. Leivän pintaan muodostunut kosteus nostaa leivän massaa noin 3–4 prosenttiyksikköä siirtyessään höyrystymis-kondensaatio-periaatteella kohti leivän keskustaa, kuljettaen mukanaan lämpö-

energiaa. Pinta kuivuu nopeasti noin 1–2 minuutin aikana, ja kosteus haihtuu pois. Leivän massan pientyminen alkaa veden höyrystyessä ulos samaan aikaan, kun veden siirtyminen kohti leivän sisustaa jatkuu. [14, s. 30.]

Leivän paistamisen vaiheita on hyvä tarkastella kahdessa osassa. Jako tehdään tapahtumista ennen kuoren muodostumista ja sen jälkeen. Tosin itse leivän paistamisen prosessivaiheet jakautuvat osin päällekkäin menevään, kolmeen erikseen tarkasteltavaan vaiheeseen: höyrytykseen, uuninousuun ja kuoren muodostumiseen.

#### 4.6.1 Höyrytys ja uuninousu

Uuninousu on riippuvainen taikinakuoren muodostumisesta. Liian kuumassa uunissa, vähäisen kosteuden aikaansaama liian aikainen kuoren muodostuminen estää taikinakappaleen uuninousun (kuva 6).



Kuva 6. Liian alhainen paiston aikainen höyrytys estää uuninousun. [14 s. 30.]

Vastaavasti sopivalla höyryttämisellä taikinan pinta pysyy elastisena riittävän kauan, jotta uuninousu on mahdollinen (kuva 6). Kova kuori ei kuitenkaan ole leivän tilavuuden muodostumisen kannalta kovin ratkaisevaa. Enemmän tilavuuteen vaikuttaa hiilidioksidirakuloiden seinämien rakenne eli siis taikinan konsistenssi ennen paistamista. [15, s. 32.]

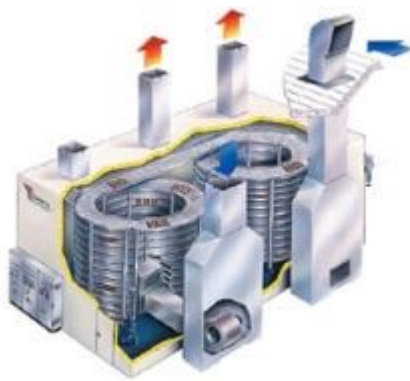
#### 4.6.2 Kuoren muodostuminen

Kuoren muodostuminen alkaa jo nostatusvaiheessa, kun taikinakappaleen pinta hiukan kuivuu. Varsinainen kuori kehittyy uunissa kun leivän pintalämpötila on saavuttamassa

140 °C rajan. Vesi haihtuu pinnasta ja kun pinnan lämpötila nousee edelleen lähemmäksi 170–180 °C:ta alkaa pinta saamaan myös väriä. Väri muodostuu, kun aminohapot ja pelkistävät sokerit reagoivat keskenään lämmön seurauksena muodostaen aromikkaita yhdisteitä ja kauniin tumman paistoväriin. Edellä esitettyä monimutkaista reaktiota kutsutaan Maillardin reaktioksi. [16, s. 29–31.]

#### 4.7 Jäähdyttäminen

Ahtaissa tehdassaleissa yksi hyvin tilaa säästävää ratkaisua on spiraalijäähdytyslinja [17]. Ritiiläkuljettimella varustetussa spiraalissa voi olla useita kierroksia ja satojakin metrejä ritilähihnaa, joilla aikaansaadaan tehokas jäähtyminen pienessä tilassa. Jäähdytystilaan johdetaan jäähdytettyä ilmaa ja lämmin ilma johdetaan pois tilan yläosasta (kuva 7).



Kuva 7. Jäähdytyshuoneissa voi olla myös kaksi rinnakkain kytkettyä spiraalia. Huoneeseen johdetaan jäähdytettyä suodatettua ilmaa huoneen alaosaan ja lämmin ilma poistetaan yläkautta. [17.]

#### 4.8 Pakkaaminen

Leipomoissa pakkaaminen tapahtuu pääosin koneellisesti jo hygieniasyistä. Tuotteiden ominaisuuksien perusteella valitaan soveltuvin pakkaus. Suomessa suurin osa leipätuotteista pakataan muovipusseihin esimerkiksi kuvan 8 mukaisella vaakapakkauskooneella.



Kuva 8. Tyypillinen vaakapakkauskone, jossa pakkausmateriaali kääritään suorasta rullatavaraa juuri ennen tuotteen sisään laittoa. [18.]

## 5 Koeleivonnat

Tämän insinööriyön keskeinen tavoite oli testata ihmisravinnoksi kelpavaa luonnollista leivänparannetta, jolla voitaisiin saavuttaa pehmeämpi lopputuote ja ilman muita keinotekoisia lisäaineita lisäämättä, pidempi hyllyikä.

Teollisessa leivonnassa on jo pitkään käytetty erilaisia hyvin toimivia ja turvallisia lisäaineita. Lisäaineilla pyritään parantamaan leipomotuotteiden säilyvyyttä, leivontalaatua ja luonnollisesti makua. Lisäaineita valvotaan ja tutkitaan nykyään tarkasti, ja lähes kaikista käytetyistä lisäaineista on myös kerrottava tuoteselosteessa. Monet käytetyistä lisäaineista ovat sellaisia, joita esiintyy luonnollisesti elintarvikkeissa, kuten maitohappo, pektiini, lesitiini ja askorbiinihappo eli C-vitamiini [19]. Kuluttajien keskuudessa sotketaan edelleen lisäaineet vierasaineisiin, jotka ovat ei-toivottuja ja tuotteeseen vahingossa joutuneita aineita. [20.]

Fazer toimitti koesarjaa varten 25 kg leipomolaatuisia vehnä jauhoja. Jauhoista oli saatavilla Fazer Myllyn tuotespesifikaatio. Spesifikaation tiedoista erityisen tärkeä näissä kokeissa oli vedensidontaprosentti. Käytetyissä jauhoissa myllyn ilmoittama prosentti oli 61,0 +/-1,5. Koeleivonnoissa vedensidontaprosentti oli 62,5 %. Koeleivonnoissa käytetty vesi oli ionivaihdetta laboratoriovettä ja hiiva koeleivontaviikkojen maanantaisin ostettua kuluttajapakattua tuorehiivaa. Hiiva säilytettiin uudelleen suljettavassa muovipussissa kylmähuoneessa. Suola oli Meiran hienoa joditonta merisuolaa.

Koeleivontoja suoritettiin yhteensä 40 kappaletta 25.5.–12.8.2015 välisenä aikana Metropolian Leiritien elintarvikelaboratoriossa Vantaalla. Tehtyjen koeleivontojen määrät seuraavassa taulukossa 1.

Taulukko 1. Koeleivontaerien määrät, sellulaadut ja pitoisuudet.

| Sellulaatu               | Referenssi | Sellu A |     |     | Sellu B |     |     |
|--------------------------|------------|---------|-----|-----|---------|-----|-----|
|                          |            | 0,01    | 0,1 | 0,5 | 0,01    | 0,1 | 0,5 |
| Kuiva-aine pitoisuus [%] |            |         |     |     |         |     |     |
| Koemäärä kpl             | 8          | 5       | 4   | 6   | 5       | 5   | 7   |

Koeleivontojen kokonaislukumäärässä on mukana viisi satunnaistettua toistokoetta, jotka arvottiin Microsoftin Excel-sovelluksen satunnaislukugenerointia hyödyntäen. Kaikkien aikaisemmin tehtyjen kokeiden koenumerot (Kokeen tunnus) syötettiin Excelissä sarakkeeseen B, ja sarakkeeseen C annettiin nelinumeroinen satunnaistettava luku, joiden joukosta arvottiin viisi uudelleen tehtävää koetta.

Excel-satunnaistamisen haaste on että, kun mihin tahansa taulukon soluun tehdään muutos, muuttuvat myös satunnaistetut lukuarvot ("Arvottu luku"). Tästä johtuen voidaan esittää vain ruutukaappauskuva satunnaistettujen lukujen arvonnin jälkeisestä hetkestä (kuva 9).

|    | A                                 | B              | C             | D            | E                                 | F                                | G                   | H                                 | I                  | J |
|----|-----------------------------------|----------------|---------------|--------------|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------|-----------------------------------|--------------------|---|
| 1  |                                   |                |               |              |                                   |                                  |                     |                                   |                    |   |
| 2  |                                   |                |               |              |                                   | <b>Satunnaistamistaulukko</b>    |                     |                                   |                    |   |
| 3  | Kokeiden lukumäärän tarkastusluku | Kokeen tunnus  | Satunnaisluku | Arvottu luku | Kokeiden lukumäärän tarkastusluku | Uudelleen tehtävän kokeen tunnus | Kokeen suoritus pvm | Kokeiden lukumäärän tarkastusluku | Uusi koetunnus     |   |
| 4  |                                   |                |               |              |                                   |                                  |                     |                                   |                    |   |
| 5  | 1                                 | A001VE02200515 | 1151          | 1153         | 31                                | A001VE17020615                   | 4.8.2015            | 36                                | A001VE34050815_SAT |   |
| 6  | 2                                 | A001VE10270515 | 1152          | 1162         | 32                                | A050VE27150615                   | 5.8.2015            | 37                                | A050VE35050815_SAT |   |
| 7  | 3                                 | A001VE17020615 | 1153          |              |                                   |                                  |                     |                                   |                    |   |
| 8  | 4                                 | A001VE25150615 | 1154          |              |                                   |                                  |                     |                                   |                    |   |
| 9  | 5                                 | A010VE03210515 | 1155          |              |                                   |                                  |                     |                                   |                    |   |
| 10 | 6                                 | A010VE11290515 | 1156          |              |                                   |                                  |                     |                                   |                    |   |
| 11 | 7                                 | A010VE18020615 | 1157          |              |                                   |                                  |                     |                                   |                    |   |
| 12 | 8                                 | A010VE26150615 | 1158          |              |                                   |                                  |                     |                                   |                    |   |
| 13 | 9                                 | A050VE05250515 | 1159          |              |                                   |                                  |                     |                                   |                    |   |
| 14 | 10                                | A050VE12290515 | 1160          |              |                                   |                                  |                     |                                   |                    |   |
| 15 | 11                                | A050VE19040615 | 1161          |              |                                   |                                  |                     |                                   |                    |   |
| 16 | 12                                | A050VE27150615 | 1162          |              |                                   |                                  |                     |                                   |                    |   |
| 17 |                                   |                |               |              |                                   |                                  |                     |                                   |                    |   |
| 18 | 13                                | B001VE06250515 | 1251          | 1261         | 33                                | B050VE23090615                   | 5.8.2015            | 38                                | B050VE36050815_SAT |   |
| 19 | 14                                | B001VE13290515 | 1252          | 1254         | 34                                | B001VE28160615                   | 5.8.2015            | 39                                | B001VE37050815_SAT |   |
| 20 | 15                                | B001VE21090615 | 1253          |              |                                   |                                  |                     |                                   |                    |   |
| 21 | 16                                | B001VE28160615 | 1254          |              |                                   |                                  |                     |                                   |                    |   |
| 22 | 17                                | B010VE07250515 | 1255          |              |                                   |                                  |                     |                                   |                    |   |
| 23 | 18                                | B010VE14010615 | 1256          |              |                                   |                                  |                     |                                   |                    |   |
| 24 | 19                                | B010VE22090615 | 1257          |              |                                   |                                  |                     |                                   |                    |   |
| 25 | 20                                | B010VE29160615 | 1258          |              |                                   |                                  |                     |                                   |                    |   |
| 26 | 21                                | B050VE08260515 | 1259          |              |                                   |                                  |                     |                                   |                    |   |
| 27 | 22                                | B050VE15010615 | 1260          |              |                                   |                                  |                     |                                   |                    |   |
| 28 | 23                                | B050VE23090615 | 1261          |              |                                   |                                  |                     |                                   |                    |   |
| 29 | 24                                | B050VE30160615 | 1262          |              |                                   |                                  |                     |                                   |                    |   |
| 30 |                                   |                |               |              |                                   |                                  |                     |                                   |                    |   |
| 31 | 25                                | O0VE01200515   | 1351          | 1354         | 35                                | O0VE16020615                     | 4.8.2015            | 40                                | O0VE33040815_SAT   |   |
| 32 | 26                                | O0VE04220515   | 1352          |              |                                   |                                  |                     |                                   |                    |   |
| 33 | 27                                | O0VE09270515   | 1353          |              |                                   |                                  |                     |                                   |                    |   |
| 34 | 28                                | O0VE16020615   | 1354          |              |                                   |                                  |                     |                                   |                    |   |
| 35 | 29                                | O0VE20090615   | 1355          |              |                                   |                                  |                     |                                   |                    |   |
| 36 | 30                                | O0VE24150615   | 1356          |              |                                   |                                  |                     |                                   |                    |   |

Kuva 9. Näyttökaappauskuva satunnaistamistaulukosta, jonka perusteella toistettiin viisi koetta.

## 5.1 Koeleivontojen vehnävuo kaleivän resepti

Koeleivontojen ainesuhteiden määrittämisessä käytettiin nk. leipurinprosenttia, eli kaikki ainesuhteet määriteltiin jauhojen määrän perusteella. Lisättävän sellugeelin määrä laskettiin sellugeelin kuiva-ainepitoisuuden mukaan, ja geelin sisältämä vesimäärä vähennettiin lisättävästä vesimäärästä. Tuorehiivan kuiva-ainemäärää ei huomioitu resepteissä, vaan hiiva lisättiin tuoreena gramman sadasosan tarkkuudella.

Koeleivontojen resepti perustuu vehnäleivän taikinatulokseen noin 160 (taulukko 2), joka on yleisesti käytetty vehnävuo kaleivän taikinatulos. Taikinatulos on vehnä jauhojen ja veden suhde kerrottuna sadalla (2).

$$\text{Taikinatulos (TT) \%} = \frac{(\text{vehnä jauho} + \text{vesi})}{\text{vehnä jauho}} \times 100 \quad (2)$$

Taikinatulos muuttuu, kun vehnä jauhojen vesipitoisuus muuttuu. Kokeiden taikinatulosten vaihteluväli oli 164,8–169,15.

Taulukko 2. Leipurinprosentin mukaiset raaka-ainemäärät ilman sellugeeliä, taikinatuloksen ollessa 160.

|              |       |                |  |
|--------------|-------|----------------|--|
| Leipurin-    |       |                |  |
| prosentti    |       |                |  |
| 60,0 %       | 180 g | Vesi           |  |
| 3,5 %        | 11 g  | Hiivaa (tuore) |  |
| 1,5 %        | 5 g   | Suola          |  |
| 100,0 %      | 300 g | Vehnäjauho     |  |
| Taikinatulos | 160   |                |  |

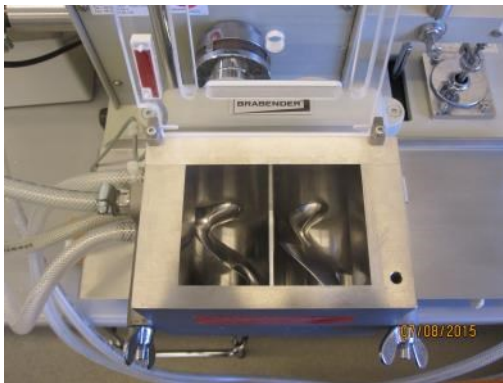
## 5.2 Koejärjestely

Vähäisestä leivontakokemuksesta johtuen, jouduttiin aluksi keskittymään hyvin yksityiskohtaisesti jokaiseen leivonnan työvaiheeseen. Oli täysin selvää, että kokeiden toistettavuuteen tulisi paneutua huolellisesti. Lopullisen koejärjestelyn laatiminen vaati viisi esikoetta, joilla pyrittiin löytämään kohtuullisella vaivalla toistettavat menettelytavat ja joiden tulosten ylöskirjaaminen olisi yksinkertaista ja mahdollisimman tarkkaa. Koko proseduuri tiivistyi seuraavaksi kuvattavaan muotoon.

### 5.2.1 Sekoitus

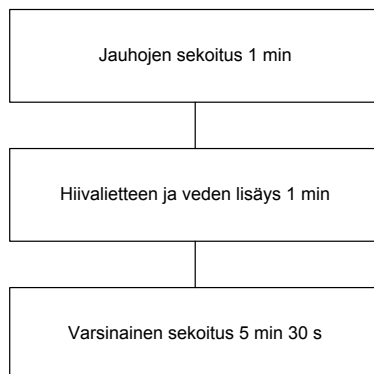
Taikina sekoitettiin farinografilla, jonka sekoituskulhon (kuva 10) maksimivetoisuus on 300 grammaa jauhoja. Sekoitusaika optimoitiin referenssileivonnoilla, joka oli koeleivonnoissa 6,5 min ja optimointikokeissa 7 min. Sekoitusajan määrittelemiseksi saatiin käytännön vinkki yliopistonlehtori Tuula Sontag-Strohmin haastattelun yhteydessä 17.4.2015 Helsingin yliopiston Elintarviketeknologian laitoksella.

Edellä mainitut sekoitusajat määräytyivät jauhoille tehdyn esikokeen farinogrammin peak-time-arvosta, johon lisättiin yksi minuutti.



Kuva 10. Brabenderin farinografan 300 gramman sekoituskulho.

Sekoituksen vaiheet kuviossa 1.



Kuvio 1. Sekoitus vaihe vaiheelta 7 min 30 s.

Sekoitus tehtiin seitsemän ja puolen minuutin aikana siten, että jauhojen temperointisekoitus kesti yhden minuutin, hiivalietteen ja veden titraaminen yhden minuutin sekä

varsinainen taikinanmuodostumiseen tarvittava sekoitusaika viisi minuuttia kolmekymmentä sekuntia (kuvio 1). Aikoja seurattiin erillisellä ajanottokellolla.

### 5.2.2 Paloittelu ja riivaus

Sekoituskulhosta poistettu taikina paloiteltiin käsin, noin 150 gramman painoon elintarvikelaboratorion tarkkuusvaakalla.

Yksittäis- ja yhteispainot merkittiin laboratoriopöytäkirjaan myöhempää tarkastelua varten. Taikinapalat riivattiin käsin palloiksi leivinpaperilla päällystetylle GN-pellille (kuva 11).



Kuva 11. Paloitellut punnitut á 150 g "pullat" ja jäännöspulla valmiina lepo-vaiheeseen.

### 5.2.3 Lepo

Lepoaika määräytyi testileivontojen perusteella. Vaikka luvussa 4.3 mainittiin, että optimi lepolämpötila olisi 1–2 C° taikinalämpötilaa korkeampi, päädyttiin tässä koesarjassa ratkaisuun, jossa lepo suoritettiin kylmähuonelämpötilassa noin +8 C°:ssa 17 minuutin ajan. Lepoaika alhaisemmassa lämpötilassa hankaloitti hiukan muotoonleivontaa, mutta työvaiheiden vuorottelulla ja esitetyllä lepoajalla saavutettiin työskentelyssä sujuvuutta koeleivontapäivien pysyessä kohtuullisissa mitoissa.

#### 5.2.4 Muotoilu

Leväneet taikinapallot muotoiltiin pitkulaisiksi puikuloiksi paistovuokiin, joiden kunkin vetoisuus on noin 360 ml (Kuva 12).



Kuva 12. Jokaisesta taikinaerästä saatiin kolme noin 150 g painavaa taikinapalaa, jotka muotoiltiin käsin paistovuokiin.

Käsin tehtävä muotoilumetodi kehittyi esileivontojen avulla mahdollisimman samoin toistettavaksi siten, että leväneet taikinapullat kaulittiin käsin leveällä puukaulimella, taivutetun 10 mm halkaisijaltaan olevan avoimen putkisuorakulmion sisällä (kuva 13). Putki rajoitti kaulinnan taikinaan kohdistavaa voimaa niin, että joka kerta saavutettiin yhtä paksu taikinalevy ennen käsin tehtävää rullausvaihetta (kuva 14).



Kuva 13. Taikinapallo kaulittiin kolme kertaa, välillä kääntäen, melko pyöreäksi taikinalevyksi.

Muotoiluvaiheessa pyrittiin aina rullaamaan taikinalevystä pitkulainen kuitenkin niin, että taikinalevyä rullauksen aikana ei enää venytetty. Rullaus pyrittiin tekemään mah-

dollisimman vähän voimaa käyttäen. Tästä hankalasti toistettavasta työvaiheesta seurasi se, että rullan päihin jäi kolot (kuva 14). Kolot tosin pienuivat lähes olemattomaksi nousu- ja paistovaiheen aikana (kuva 15).



Kuva 14. Muotoon rullattu taikinalevy ennen paistovuokaan asettamista. Koska taikinalevyt olivat pyöreitä, jäi jokaisen rullan päähän kolot.

Päihin jääneet kolot eivät juuri haitanneet tilavuuden ja pehmeiden mittauksia. Oletettavaa kuitenkin on, että tästä työvaiheesta aiheutuivat vaikeimmin arvioitavat mittavirheet. Mittavirheiden arviointiin palataan vielä tarkemmin luvussa ”Johtopäätökset ja yhteenveto”.



Kuva 15. Kuva on otettu paistetuista leivistä heti paino- ja sisälämpötilamittausten jälkeen. Kuten kuvasta näkee, käsin rullauksesta aiheutuneet kolot ovat nostatuksen ja paiston jälkeen lähes täydellisesti kadonneet.

### 5.2.5 Nostatus

Nostatuksen kosteus- ja lämpöolosuhteet sekä aika olivat seuraavat: nostatuksen kosteuden keskiarvo oli 76,9 % vaihteluvälin ollessa 4,93 prosenttiyksikköä, lämpötilan

32,3 C° vaihteluväli 0,65 C° ja nostatusaika 47 minuuttia. Koeleivonnoissa käytetyn nostatuskaapin malli on Lillnord FR 100.

#### 5.2.6 Paisto

Leivät paistettiin Dahlen DN-22 kiviariinauunissa. Uunin lämpötila säädettiin 220 C°:seen, jolla saavutettiin kiviariinan lämpötilaksi noin 215 C° ja yläpuolen vastuksille noin 220 C°:n lämpötila. Lämpötiloja seurattiin Technoline Ltd IR-300-pintalämpötilamittarilla.

Höyrytys tehtiin kolmessa kymmenen sekunnin jaksossa kolmen ensimmäisen paistominuutin aikana. Höyryä ei päästetty pois uunista missään paiston vaiheessa. Poistopelti pidettiin suljettuna koko paiston ajan. Maillardin reaktio luonnollisesti kärsi tästä ratkaisusta melkoisesti, ja paistoväri jäi vaatimattoman vaaleaksi kaikissa koe-erissä. Höyryttämällä leipiä paiston alussa saatiin niille ehjä tasainen kuori. Repeilevä kuori olisi haitannut luotettavaa tilavuuden mittausta, rypsinsementen mahdollisesti painuessa leivän sisään. Leivät punnittiin, kun sisälämpö oli mitattu, noin yksi minuutti uunista oton jälkeen.

#### 5.2.7 Jäähdytys

Paistetut leivät jäähdytettiin ilman vuokia liinan alla, jotta leipään ei muodostuisi liian kovaa kuorta. Ennen ensimmäisiä tilavuuden ja pehmeiden mittauksia leipien annettiin jäähtyä liinan alla mahdollisimman lähelle ympäristön lämpötilaa, noin 23 C°.

## 6 Mittaukset ja niiden tilastollinen analysointi

Tulosten analysointiin käytettiin IBM SPSS -ohjelmaa. Kaikkien tulosten analyysiksi valittiin Kruskal-Wallis-testi, koska analysoitavat otosmäärät jäivät alle kolmenkymmenen ja yhtäaikaista keskenään vertailtavia ryhmiä oli kahdeksan. Kruskal-Wallis-testin valintaa tuki myös IBM SPSS -ohjelman Explore-testi. Testillä testataan tulosten normaalijakautuneisuutta. Jos testiyhteenvedon Kolmogoro-Smirnov- ja Shapiro-Wilk -testien p-arvojen erot ovat kovin suuret, eivät tulokset ole normaalijakautuneita [22]. Tilavuuden, pehmeiden ja paistohävikin Explore-testien yhteenvedotaulukot ovat luetavissa liitteessä ”Normaalijakautuneisuuden testiyhteenvedojen tulokset” (liite 4).

Kaikkien koeleivontojen kaikkia tuloksia ei otettu mukaan analyysiin, johtuen kokeiden teon aikana tapahtuneista tilavuusmittaamisen ja paistoprosessin muutoksista. Joidenkin koeleivontojen joitakin pehmeiden mittauksia jouduttiin myös hylkäämään väärin ajoitetun leivontapäivän (perjantai) vuoksi. Hylätyt koetulokset on esitetty seuraavassa taulukossa (taulukko 3).

Taulukko 3. Koeleivontojen hylätyt osat

| Sellukokeiden hylätyt osat   |    |    |    |    |    |  |
|--|----|----|----|----|----|--|
| fg = Farinografi, ml = tilavuus, pe = pehmeys, av = aistivarainen tutkimus |    |    |    |    |    |  |
|  |    | fg | ml | pe | av | hylkäysperuste   |
| O0VE01200515   | 1  | x  | x  |    |    | Ei farinogrammia tulosteena, ei tilavuusmittausta (vain dimensiot, tilavuus ei laskettavissa riittävällä tarkkuudella) |
| A001VE02200515   | 2  |    | x  |    |    | Ei tilavuusmittausta (vain dimensiot, tilavuus ei laskettavissa riittävällä tarkkuudella)                              |
| A010VE03210515   | 3  |    | x  |    |    | Ei tilavuusmittausta (vain dimensiot, tilavuus ei laskettavissa riittävällä tarkkuudella)                              |
| O0VE04220515   | 4  |    | x  | x  |    | Ei tilavuusmittausta (vain dimensiot, tilavuus ei laskettavissa riittävällä tarkkuudella), matkoilla                   |
| A050VE05250515   | 5  |    | x  |    |    | Ei tilavuusmittausta (vain dimensiot, tilavuus ei laskettavissa riittävällä tarkkuudella)                              |
| B001VE06250515   | 6  |    |    |    |    |  |
| B010VE07250515   | 7  |    |    |    |    |  |
| B050VE08260515   | 8  |    |    |    |    |  |
| O0VE09270515   | 9  |    |    |    |    |  |
| A001VE10270515   | 10 |    |    |    |    |  |
| A010VE11290515   | 11 |    |    | x  |    | Koulu suljettu viikonloppuna, ei mahdollisuutta tehdä mittauksia 24 h ja 48 h  |
| A050VE12290515   | 12 |    |    | x  |    | Koulu suljettu viikonloppuna, ei mahdollisuutta tehdä mittauksia 24 h ja 48 h  |
| B001VE13290515   | 13 |    |    | x  |    | Koulu suljettu viikonloppuna, ei mahdollisuutta tehdä mittauksia 24 h ja 48 h  |
| B010VE14010615   | 14 |    |    |    |    |  |
| B050VE15010615   | 15 |    |    |    |    |  |
| O0VE16020615   | 16 |    |    |    |    |  |
| A001VE17020615   | 17 |    |    |    |    |  |
| A010VE18020615   | 18 |    |    |    |    |  |
| A050VE19040615   | 19 |    |    | x  |    | Koulu suljettu viikonloppuna, ei mahdollisuutta tehdä mittauksia 48 h  |
| O0VE20090615   | 20 |    |    |    |    |  |
| B001VE21090615   | 21 |    |    |    |    |  |
| B010VE22090615   | 22 |    |    |    |    |  |
| B050VE23090615   | 23 |    |    |    |    |  |
| O0VE24150615   | 24 |    |    |    |    |  |
| A001VE25150615   | 25 |    |    |    |    |  |
| A010VE26150615   | 26 |    |    |    |    |  |
| A050VE27150615   | 27 |    |    |    |    |  |
| B001VE28160615   | 28 |    |    |    |    |  |
| B010VE29160615   | 29 |    |    |    |    |  |
| B050VE30160615   | 30 |    |    |    |    |  |
| A050VE31170615 OPT   | 31 |    |    |    |    |  |
| B050VE32170615 OPT   | 32 |    |    |    |    |  |
| O0VE33040815 SAT   | 33 |    |    |    |    |  |
| A001VE34040815 SAT   | 34 |    |    |    |    |  |
| A050VE35050815 SAT   | 35 |    |    |    |    |  |
| B050VE36050815 SAT   | 36 |    |    |    |    |  |
| B001VE37050815 SAT   | 37 |    |    |    |    |  |
| O0VE38100815 OPT   | 38 |    |    |    |    |  |
| B010VE39100815 OPT   | 39 |    |    |    |    |  |
| B050VE40100815 OPT   | 40 |    |    |    |    |  |

## 6.1 Hypoteesi

Tuloksia arvioitaessa lähtökohtana oli, että hypoteesi 0 on voimassa kummallakin sellulaadulla kaikilla testatuilla pitoisuuksilla. Nollahypoteesi on, että kummallakaan testattavalla sellugeelilaadulla ei ole tilastollisesti merkittävää vaikutusta pehmeiden ja tilavuuden lisääntymiselle, kuivumisen hidastumiselle ja vedenpidätyskyvyn parantumiselle paistamisen aikana (paistohävikki). Hypoteesi kumoutuu vain, jos hypoteesin merkitsevyystaso jää selkeästi alle yleisesti käytetyn 0,05 p-arvon, muuten tilastollista merkittävyyttä voidaan tulkita seuraavien raja-arvojen puitteissa:

- $p < 0,001$ , tulos on tilastollisesti erittäin merkitsevä.
- $0,001 \leq p < 0,01$ , tulos on tilastollisesti merkitsevä.
- $0,01 \leq p < 0,05$ , tulos on tilastollisesti melkein merkitsevä.
- $0,05 \leq p < 0,10$ , tulos on suuntaa antava.

## 6.2 Farinogrammit

Testileivontojen toistettavuuden kannalta oli tärkeää sekoittaa taikinat farinografilla, vaikka laitteen piirtämät kuvaajat (farinogrammit) eivät sellaisenaan anna riittävän luotettavaa informaatiota. Tulosten tilastollinen analyysi ei ole mahdollinen, koska mitattavia tarkkoja numeraalisia arvoja ei kuvaajista voitu saada. Käyrästä silmämääräisesti saatavia arvoja ei voida pitää riittävän tarkkoina tilastollista analyysia varten. Kuitenkin laitteen tasainen ja yhtä voimakas sekoitus sekä taikinamuodostumisen kannalta optimaalinen 30 C°:n lämpötila loivat muutoin luotettavat olosuhteet testileivonnoille.

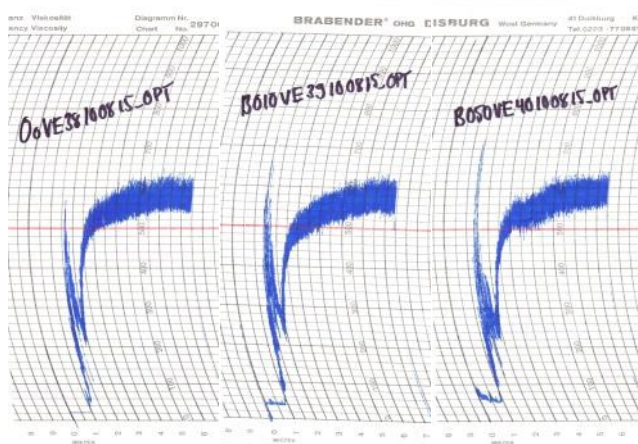
Oppilaitoksen vanhahko farinografi on seissyt huoltamattomana ja käyttämättömänä vuosia. Esikokeiden ja edelleen referenssileivontojen aikana tuli selväksi, että laite antaa virheellisen, joskin toistuvan, keskiarvoltaan 82,9 BU:n liian korkean arvon (liite 5). Virhe on hyväksyttävissä, koska se toistui kaikissa kokeissa samansuuruisena, ja antaa näin mahdollisuuden vertailla tehtyjä kokeita ja niiden muita mitattuja tuloksia kohtuullisesti keskenään.

### 6.2.1 Farinogrammien tulosten käsittely

Farinogrammien kuvaajista voidaan todeta, että 0,5 %:n sellulisiäainepitoisuuksilla taikinan leipoutumisominaisuudet heikkenivät selvästi. Peak time asettui hyvin lähelle referenssien aika-arvoja, mutta käyrien nopea noin kahden minuutin aikana tapahtuva jyrkkä lasku oli osoitus taikinan ominaisuuksien selvästä heikentymisestä (liite 6, kuvat 17–20 ja 31–35). Lisäksi käyrät asettuivat selvästi korkeammalle viivastossa kuin referenssileivontojen käyrät. Ero referenssileivontojen ja 0,5 % lisäänekoelivontojen välillä oli noin 84 BU:ta. Liian korkealle piirtyvät käyrät ovat osoitus taikinan liian alhaisesta vesipitoisuudesta eli taikinan koventumisesta, jonka aiheutti taikinoihin lisätty sellugeeli. Sellugeelin lisääminen jauhoihin sekoituksen alkuvaiheessa ei vapauttanut geelissä olevaa vettä oikeanlaisen pehmeän taikinan aikaan saamiseksi.

### 6.2.2 Optimointikokeet hyödyntäen farinogrammeja

Optimointikokeissa testattiin, kuinka hyvin farinogrammeista voidaan arvioida veden lisäämisen tarvetta taikinaan, jotta saavutettaisiin laadultaan referenssileivontoja vastaava taikina. Veden määrän lisäämiseen käytettiin viitetietoa japanilaisesta tutkimuksesta [18], jossa 500 BU:n keskikohtaa voidaan kokeellisesti hakea lisäämällä vettä 1,8–2,4 ml / 20 BU:ta. Vedenlisäyskokeissa käyttiin viitetiedon maksimiarvoa 2,4 ml vettä / 20 BU:ta. Em. määrillä farinogrammit asettuivat hyvin lähelle referenssileivontan farinogrammikuvaajaa (kuva 16).



Kuva 16. Optimointikokeiden taikinan sekoituksen farinogrammit vasemmalta oikealle. Referenssikoe, koe sellugeelillä B 0,1 %-pitoisuudella ja sellugeelillä B 0,5 %-pitoisuudella. Kokeissa lisättiin vettä taikinaan niin paljon, että kuvaajat saatiin asettumaan samalle tasolle referenssin kanssa.

### 6.3 Tilavuuden mittaaminen

Tilavuudet mitattiin tarkoitukseen luodulla Arkhimedeen lakiin perustuvalla ”pellavansiementilavuusmittaus-metodilla”. Usein tämä mittaus tehdään siten, että tilavuusarvo saadaan suoraan, mitattavan kappaleen syrjäyttämän pellavansiemenen määrän kautta. Määrä mitataan esimerkiksi riittävän suurella mittalasilla.

Tässä työssä käytettiin rypsin siementen painoon perustuvaa metodia. Kappaleen syrjäyttämien rypsinsiementen paino muutettiin muuntokertoimella tilavuusarvoksi. Näin tehtiin siksi, että vuoden 2015 alkukesä oli lämpötilan ja kosteuden suhteen voimakkaan vaihteleva. Näistä lämpö- ja kosteuspiitoisuuden muutoksista johtuen voitiin pitkähkön koesarjan aikana tehdä riittävästi tarkistusmittauksia rypsin siementen painomuutoksista. Valitun mitta-astian sisältämä rypsin siementen paino vaihteli 1307,28 gramman ja 1343,29 gramman välillä. Vaihteluvälin 36,01 grammaan muutettuna tilavuudeksi on 52,95 millilitraa, joka olisi antanut virhettä tilavuusmittausten kaikkien mitattujen leipien tulosten keskiarvosta 8,44 %. Tämä yhdistettynä rypsin siementen käsikaadosta johtuvaan mittavirheeseen olisi johtanut tulosten hyvin hankalaan tulkitsemiseen. Käsikaadon mittavirheeksi arvioitiin  $\pm 7,4$  %.

#### Tilavuuden analyysi

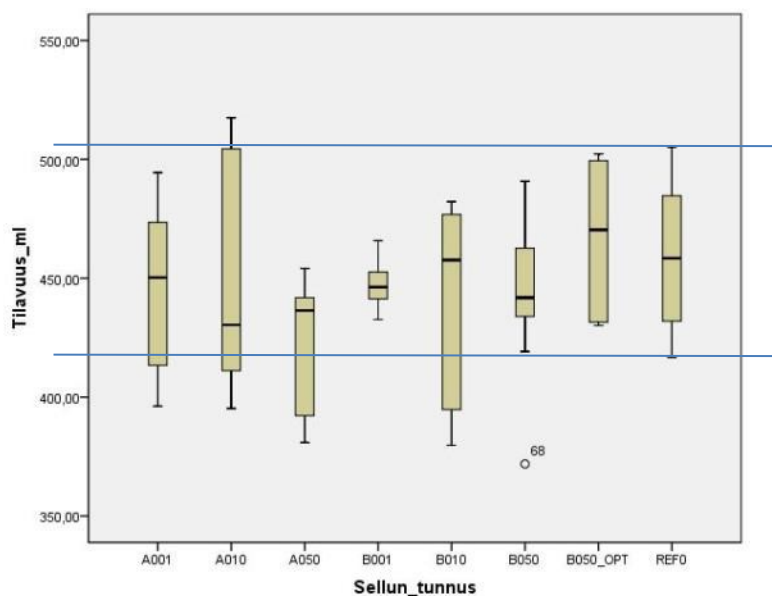
Kaikkien mittaustulosten jäädessä alle 30 otoksen ei tulosten analysointiin voitu valita toistomittausten varianssianalyysia, joka muuten olisi ollut hyvä tulosten käsittelyyn. Kaikkia eri mittausten keskiarvoisia tuloksia analysoitiin Kruskal-Wallis-testillä. Kruskal-Wallis-testi on parametriton merkitsevyydesti, jolla verrataan useamman kuin kahden ryhmän jakaumien sijaintia. Testit tehtiin IBM:n SPSS-sovelluksella. Saatuja p-arvoja (Sig.) tulkittiin 0,05:n merkitsevyytasoon.

Tilavuuden keskiarvoisissa tuloksissa ei havaittu merkitseviä eroja merkitsevyytasolla  $p < 0,05$  (taulukko 4).

Taulukko 4. Kruskal-Wallis-testin lopputulos on, että tilavuuden keskiarvoiset tulokset ovat ryhmien välillä samaan tapaan jakautuneita eikä tilastollisesti merkittäviä poikkeamia ole havaittavissa. P-arvo 0,271 on selvästi suurempi kuin 0,05, joten hypoteesi jää voimaan.

| Tilavuuden hypoteesin testaus, yhteenveto   |   |       |                             |
|---|---|-------|-----------------------------|
| Null Hypothesis   | Test                                    | Sig.  | Decision                    |
| 1 The distribution of Tilavuus_ml is the same across categories of Sellun_tunnus. | Independent-Samples Kruskal-Wallis Test | 0,271 | Retain the null hypothesis. |
| Asymptotic significances are displayed. The significance level is 0.05.           |   |       |                             |

Hypoteesin voimassaoloa tukee hyvin myös laatikkokaavio kuvassa 17. Kuvasta on nähtävissä, että referenssileivän mittausarvojen minimin ja maksimin väliin jäävät lähes kaikki sellukoe-erien mittausarvojen mediaanin ympärillä olevat 50 % arvoista. Mittausten arvot on esitetty erikseen liitteessä ”Tilavuuden mittausten tulokset” (liite 7).



Kuva 17. Hypoteesi jää voimaan myös kuvan laatikkokaavion perusteella. Kaaviosta voidaan nähdä, että merkittävin osa sellukoe-erien tuloksista jää referenssitulosten arvojen sisään.

#### 6.4 Pehmeiden mittaaminen

Pehmeyttä mitattiin jokaisesta leivontaerästä koulun GWB PNR 10 –penetrometrillä (kuva 18). Laite antaa painaumatuloksen millimetreissä. Jotta tulokset ovat vertailukelpoisia, oli ensiarvoisen tärkeää, että leipäviipaleet tulisi leikata mahdollisimman suoriksi. Tämä saavutettiin tarkoitukseen hankitulla jiirilaatikolla, johon koeleivontojen pienet vuokaleivät sopivat lähes täydellisesti. Samaisella jiirilaatikolla saatiin leivästä aina myös saman paksuinen, kahden senttimetrin viipale (kuva 19).



Kuva 18. Koulun penetrometri. Jokaisesta leipäviipaleesta otettiin painaumatulos viidestä kohdasta, oikeasta ja vasemmasta ylä- ja alakulmasta sekä keskeltä.

Mittauksessa käytetty puolipyöreä keila osoittautui hyväksi valinnaksi ja antoi kaikilla mittauskerroilla vertailukelpoisia tuloksia.



Kuva 19. Kuvassa etualalla on jiirilaatikossa leikattu kahden senttimetrin leipäviipale. Jiirilaatikon avulla leivistä saatiin aina yhtä paksu ja suora viipale leivän keskikohdasta. Kaikissa aikapisteissä leikattiin näyteviipale paloittelemattomasta leivästä.

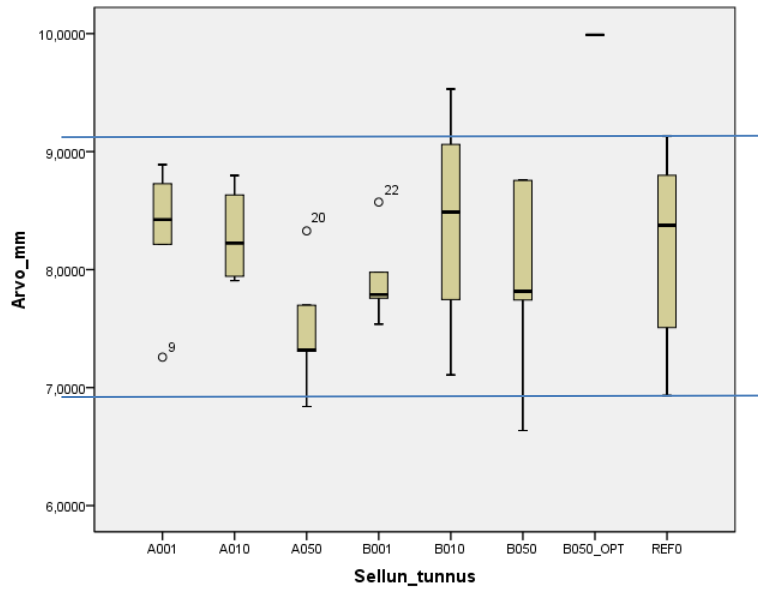
#### 6.4.1 Pehmeiden analyysit Kruskal-Wallis-testillä

Taulukot 5, 6 ja 7 selventävät kunkin pehmeiden tuloksien analyysia omassa aikapisteessään. Laatikkokaaviokuvat 20 ja 21 vahvistavat hypoteesien voimassaolon yksiselitteisesti. Kuvan 22 laatikkokaaviosta voi luoda ristiriitaisemman arvion, mutta kaavion tulkinta että arvoissa olisi satunnaista vaihtelua, ei yksin riitä hypoteesin (ajanhetkellä 48 h) kumoamiseen. Mitatut pehmeiden arvot ovat leipäviipaleen keskiarvoja. Mittausten arvot on esitetty erikseen liitteessä ”Pehmeiden mittausten tulokset” (liite 8).

Taulukko 5. Kruskal-Wallis-testin lopputulos on, että tilavuuden keskiarvoiset tulokset ovat ryhmien välillä samaan tapaan jakautuneita eikä tilastollisesti merkittäviä poikkeamia ole havaittavissa. P-arvo 0,298 on selvästi suurempi kuin 0,05, joten hypoteesi jää voimaan.

| Pehmeiden (0 h) hypoteesin testaus, yhteenveto                          |   |   |       |                             |
|---|---|---|-------|-----------------------------|
|   | Null Hypothesis   | Test                                    | Sig.  | Decision                    |
| 1   | The distribution of Arvo_mm is the same across categories of Sellun_tunnus. | Independent-Samples Kruskal-Wallis Test | 0,298 | Retain the null hypothesis. |
| Asymptotic significances are displayed. The significance level is 0.05. |   |   |       |                             |

Hypoteesin voimassaoloa tukee hyvin myös laatikkokaavio kuvassa 21. Kuvasta on nähtävissä, että referenssileivän mittausarvojen minimin ja maksimin väliin jäävät lähes kaikki sellukoe-erien mittausarvojen mediaanin ympärillä olevat arvot. Mittausten arvot on esitetty erikseen liitteessä ”Pehmeiden mittausten tulokset” (liite 8).

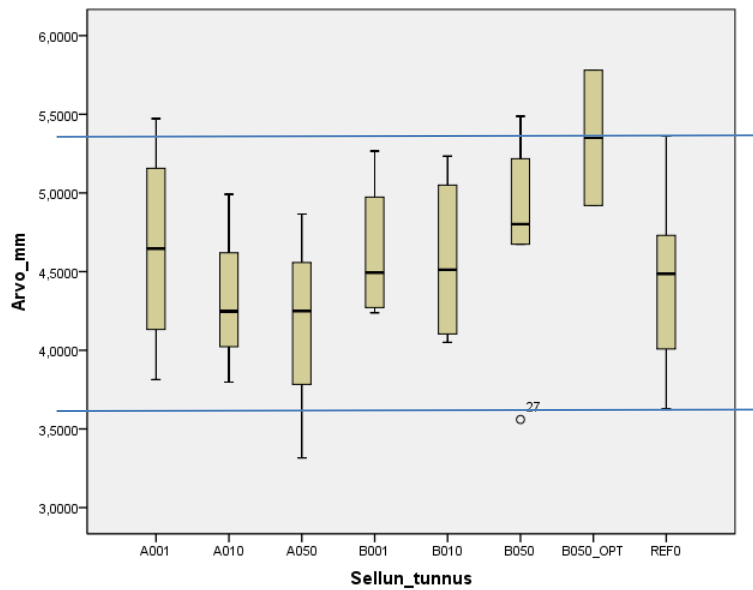


Kuva 20. Hypoteesi jää voimaan myös kuvan laatikkokaavion perusteella. Kaaviosta voidaan nähdä, että merkittävin osa sellukoe-erien tuloksista jää referenssitulosten arvojen sisään.

Taulukko 6. Kruskal-Wallis-testin lopputulos on, että tilavuuden keskiarvoiset tulokset ovat ryhmien välillä samaan tapaan jakautuneita eikä tilastollisesti merkittäviä poikkeamia ole havaittavissa. P-arvo 0,669 on selvästi suurempi kuin 0,05, joten hypoteesi jää voimaan.

| Pehmeiden (24 h) hypoteesin testaus, yhteenveto                         |   |   |       |                             |
|---|---|---|-------|-----------------------------|
|   | Null Hypothesis   | Test                                    | Sig.  | Decision                    |
| 1   | The distribution of Arvo_mm is the same across categories of Sellun_tunnus. | Independent-Samples Kruskal-Wallis Test | 0,669 | Retain the null hypothesis. |
| Asymptotic significances are displayed. The significance level is 0.05. |   |   |       |                             |

Hypoteesin voimassaoloa tukee hyvin myös laatikkokaavio kuvassa 22. Kuvasta on nähtävissä, että referenssileivän mittausarvojen minimin ja maksimin väliin jäävät lähes kaikki sellukoe-erien mittausarvojen mediaanin ympärillä olevat arvot. Mittausten arvot on esitetty erikseen liitteessä ”Pehmeiden mittausten tulokset” (liite 8).

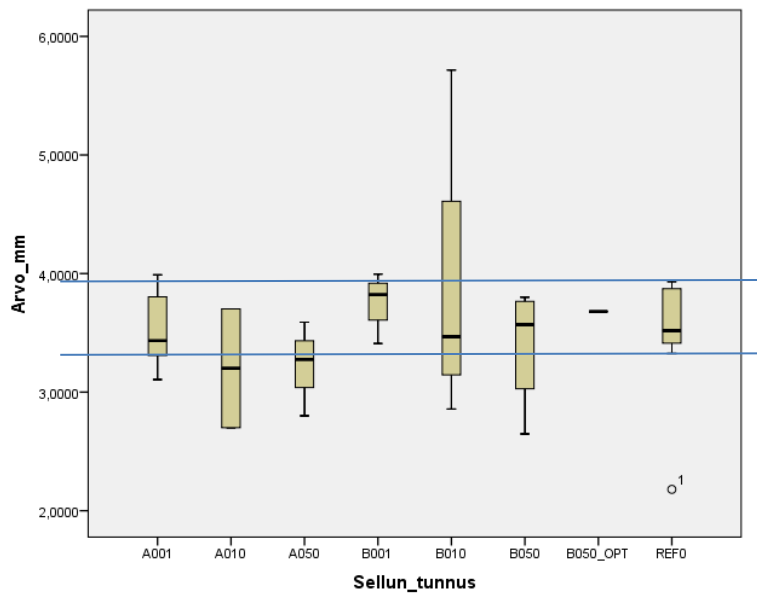


Kuva 21. Hypoteesi jää voimaan myös kuvan laatikkokaavion perusteella. Kaaviosta voidaan nähdä, että merkittävin osa sellukoe-erien tuloksista jää referenssitulosten arvojen sisään. Vain optimointikokeen (B\_050\_OPT) arvot menevät yli referenssiarvojen maksimin. Ko. arvot eivät kuitenkaan yksin voi kumota hypoteesia.

Taulukossa 7 esitetyt pehmeiden arvot ovat hypoteesi nollaa tukevia, vaikka kuvan 22 laatikkokaaviosta voisi päätellä toisin.

Taulukko 7. Kruskal-Wallis-testin lopputulos on, että tilavuuden keskiarvoiset tulokset ovat ryhmien välillä samaan tapaan jakautuneita eikä tilastollisesti merkittäviä poikkeamia ole havaittavissa. P-arvo 0,741 on selvästi suurempi kuin 0,05, joten hypoteesi jää voimaan.

| Pehmeiden (48 h) hypoteesin testaus, yhteenveto                         |   |   |       |                             |
|---|---|---|-------|-----------------------------|
|   | Null Hypothesis   | Test                                    | Sig.  | Decision                    |
| 1   | The distribution of Arvo_mm is the same across categories of Sellun_tunnus. | Independent-Samples Kruskal-Wallis Test | 0,741 | Retain the null hypothesis. |
| Asymptotic significances are displayed. The significance level is 0.05. |   |   |       |                             |



Kuva 22. Myös pehmeiden hypoteesi nolla jää voimaan vaikka ajanhetken 48 h laatikkokaavion kuvaajissa on muihin mittausajanhetkiin verrattuna enemmän hajontaa.

#### 6.4.2 Pehmeiden muutoksen analyysi

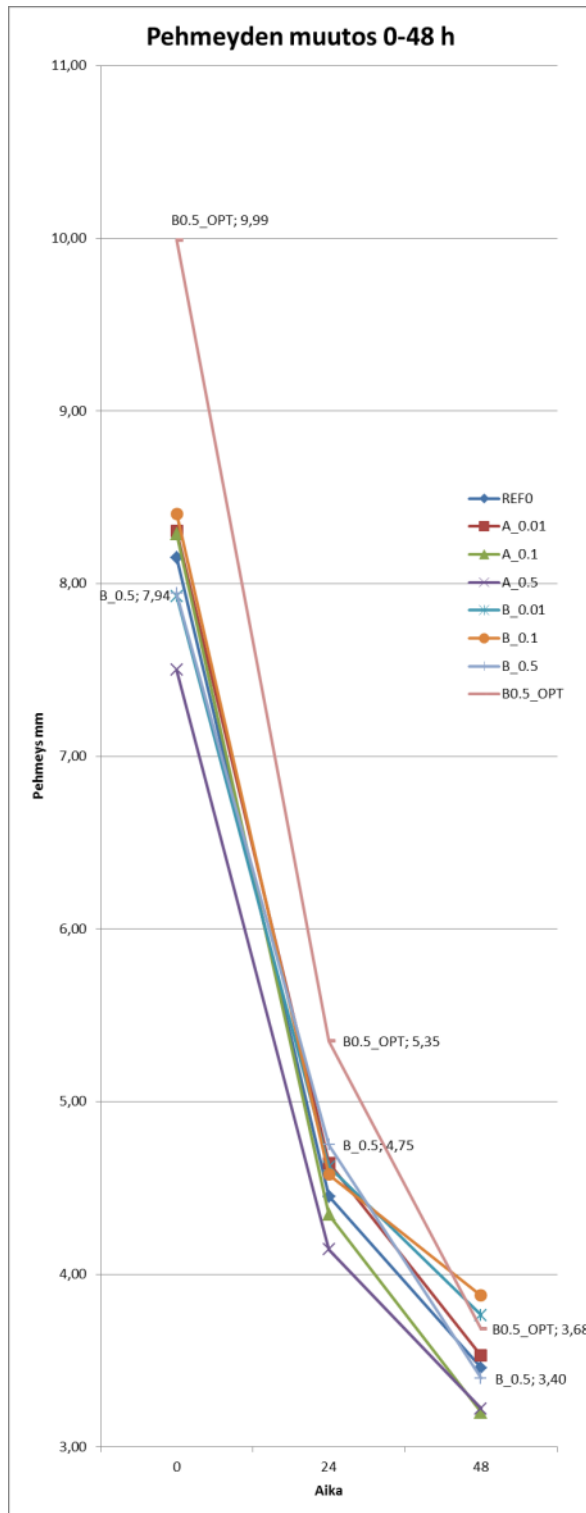
Pehmeiden muutosta kolmessa aikapisteessä arvioitiin koeleivontojen pehmeiden mittausten perusteella. Aikapisteiden pehmeiden tulosten keskiarvoista koottiin yksinkertainen Excel-taulukko (taulukko 8).

Taulukko 8. Pehmeiden mittaukset koelaaduittain kolmessa aikapisteessä.

| Mittauksen ajankohta | REF0 | A_0.01 | A_0.1 | A_0.5 | B_0.01 | B_0.1 | B_0.5 | B0.5_OPT |
|----------------------|------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|----------|
| 0                    | 8,15 | 8,30   | 8,29  | 7,50  | 7,93   | 8,40  | 7,94  | 9,99     |
| 24                   | 4,45 | 4,64   | 4,35  | 4,14  | 4,62   | 4,58  | 4,75  | 5,35     |
| 48                   | 3,46 | 3,53   | 3,20  | 3,22  | 3,76   | 3,88  | 3,40  | 3,68     |

Taulukon arvoista laadittiin Excelillä viivakaaviokuvaajat, joiden perusteella voidaan pehmeiden muutoksesta, eli leipien kuivumisesta, todeta seuraavaa:

Kaikkien muiden, paitsi sellulaadun B pitoisuudella 0,5 %, tehtyjen koe-erien kuivuminen kolmen vuorokauden aikana oli yhtä nopeaa. Sellulaatu B:n määrä taikinassa näyttää aiheuttavan leivän nopeampaa kuivumista (kuva 23). Ero havaitaan viivakuvaajien jyrkemästä kulmasta. Koe-erien B\_0.5 ja B\_0.5\_OPT kuvaajien viivat ovat silmämääräisestikin arvioiden hyvin samansuuntaiset ja yhtä jyrkät.



Kuva 23. Viivakuvaajat sellugeelin B 0,5 % osalta osoittavat, että kuivuminen nopeutui sellugeelin käytön seurauksena. Kumpikin kuvaajista B\_0.5 ovat melko selvästi jyrkemmässä kulmassa kuin muut.

## 6.5 Aistinvarainen arviointi

Aistinvarainen arviointi voitiin tehdä vain tuoksua, ulkonäköä ja käsituntumaa arvioiden, johtuen lisäainegeelin kemiallisesta käsittelystä. Tuoksuarvioinnissa pyrittiin löytämään vehnäleivonnalle ei-typillisiä tuoksuominaisuuksia, kuten metallimaisuutta, kitkeryyttä ja happamuutta. Ulkonäössä pyrittiin löytämään värin epätasaisuutta, kuoreen syntyneitä paistovärin epätasaisuuksia tai kuoren halkeamia. Sisäosaa tarkisteltaessa pyrittiin pääsääntöisesti löytämään väriin vehnäleivän vaalean värin poikkeamia. Käsituntumassa keskityttiin sisäosan pehmeiden erojen havainnointiin koko leipäviipaleen pinta-alan alueella. Kaikkien aistinvaraisten arvioiden vertailun referenssinä oli aina kunkin työviikon referenssileipä. Seuraavassa taulukossa (taulukko 9) on nähtävissä joitakin tyypillisiä ylöskirjattuja ulkonäön, tuoksun ja käsituntumana huomioita. Kaikki aistinvaraiset huomiot ovat esitettyinä skannattuina kuvina liitteessä 9.

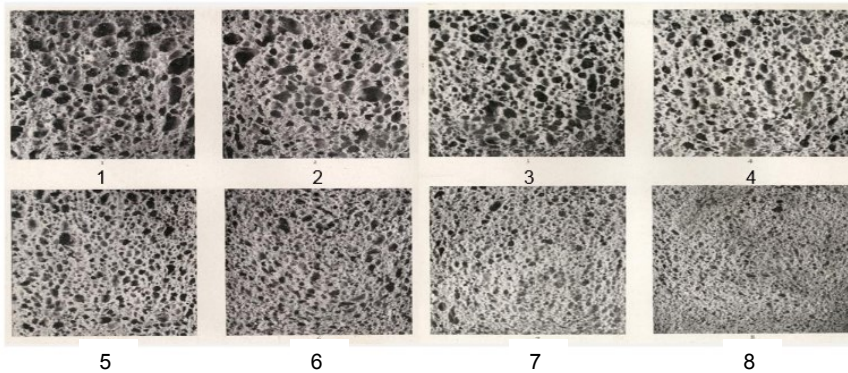
Taulukko 9. Seitsemän leivontakokeen aistinvaraiset huomiot

| Työnumero                 | Aistinvaraiset huomiot  |
|---------------------------|---|
| <b>O0VE09270515</b>       | Tasainen hyvän ruskea paistoväri. Huokoinen sisus. Ei värimuutoksia. Hyvä tuoksu.   |
| <b>O0VE20090615</b>       | Tasainen hyvin vaalea paisto. Vaalean raikas väri ja tuoksu sisuksessa. Joitakin tasaisen suuria huokosia.  |
| <b>A001VE34040815_SAT</b> | Hyvin vaalea paistoväri. Tasainen kiiltävä pinta. Yksi leivistä halkeilee pinnasta (epätasainen höyrytys?) Tuoksu normaali, ei hii-vaa. Joitakin erittäin suuria ja syviä huokosia. |
| <b>A010VE11290515</b>     | Väri vaalea, mutta hyvin kypsynyt. Sisuksessa lievää pitkärullauksen kierteisyyttä. Melko tasainen huokoisuus. Sisuksessa ei väri-virheitä tai kiteytymistä.                        |
| <b>A050VE27150615</b>     | Vaalea paistopinta kuten koepäivän muissakin leivissä. Sisus pehmeä ja joitakin keskikokoisia huokosia. Vajaanousuinen? Tuoksu normaali.  |
| <b>B001VE28160615</b>     | Vaalea tasainen paistoväri. Sisuksessa joitakin suuria huokosia. Tuoksu kevyt ja raikas. Ei värivirheitä. Pitkärullauksen kierre näkyy.   |
| <b>B050VE08260515</b>     | Tasainen sienimäinen sisus. Ei värimuutoksia. Paistoväri vaalea mutta hyvin kypsynyt. Pinta repeillyt runsaasti.  |

Tuoksuominaisuuksiin, paistoväriin tai rakennetuntumaan ei sellulisäaine tuonut merkittäviä muutoksia. Vain suurimmissa 0,5 %-pitoisuuksissa tuli tuoksuominaisuutena hiukan metallimaisuutta, joka tosin tuotteen jäähtyessä väheni.

## Huokoisuuden vertailu

Vehnäleivän huokoisuuden arvioinnissa voidaan käyttää Helmut von Dallmannin laatimaa kahdeksan kuvan vehnäleivän huokoisuuden asteikkoa, jossa kuvien pienin luku on arvoltaan suurihuokoisin ja skaalan toisessa päässä lukuarvo kahdeksan vastaa- vasti pienihuokoisin (kuva 24).



Kuva 24. Kahdeksanportainen vertailukuviin perustuva leivän huokoisuuden arviointi. [23.]

Huokoisuuden arviointia olisi helpottanut suuresti tieto siitä, millä suurennoksella von Dallmannin vertailukuvat on tehty. Se vertailukuvista tiedetään, että kaikki kuvat ovat samalla suurennoksella ja luonnollisesti siis samansuuruiselta pinta-alalta. Koesarjan leipäviipalekuvat otettiin Veho discovery VMS-004 -valomikroskoopilla ja osakuvat koostettiin MS Image Composite Editor -ohjelmalla. Koostettujen kuvien mittakaava on esitelty kuvasarjan ensimmäisessä kuvassa (kuva 25).

Kolmen kuvan sarjassa ovat kuvat optimointikoesarjasta (kuva 25). Kuvista voidaan todeta, että huokoisuus pienenee yhdellä tai kahdella luokalla Dallmannin vertailukuvien perusteella. Referenssileivän (ensimmäinen kuva vasemmalta) vertailuarvo Dallmannin-asteikolla on 2–3 ja koeleipien (kuvat kaksi ja kolme vasemmalta) arvot 4–5.



Kuva 25. Kuvat vasemmalta oikealle referenssileipä, sellu B 0,5 % ja sellu B 0,1 %. Molempien koeleipien huokoisuus pienenee referenssiin verrattuna yhdellä tai kahdella numerolla von Dallmannin -asteikosta arvioiden.

Edellä esitetyt kuvat on otettu tuoreista, noin neljä tuntia jäähtyneistä leivistä. Veden ylimäärä taikinassa ei näytä lisäävän tuotteen huokoisuutta ja pehmeiden tuntua. Myös edellä esitetyn perusteella voidaan todeta nollahypoteesin jäävän voimaan.

## 7 Yhteenveto ja johtopäätökset

Testatuilla sellulisäaineilla ei havaittu positiivisia vaikutuksia mihinkään tutkimuksen kohteena olleista osa-alueista. Omana kokemukseni voin todeta kuitenkin sen, että veden lisääminen sellulisäaineen B avulla helpotti taikinan käsiteltävyyttä käsileivonnassa. Onko käsiteltävyyden parantumisella merkitystä teollisessa tuotannossa? Se selviäisi vain laitetesteillä todellisessa tuotantoympäristössä.

Työn alussa nollahypoteesi määriteltiin seuraavasti: Kummallakaan testattavalla sellu-geelilaadulla ei ole tilastollisesti merkittävää vaikutusta pehmeiden ja tilavuuden lisääntymiselle, kuivumisen hidastumiselle ja vedenpidätyskyvyn parantumiselle paistamisen aikana. Hypoteesi kumoutuu vain, jos hypoteesin merkitsevyytaso jää selkeästi alle yleisesti käytetyn 0,05 p-arvon. Mitkään Kruskal-Wallis-testien antamista p-arvoista eivät tue nollahypoteesin kumoamista. Tilavuuden p-arvo oli 0,271, pehmeiden arvo ajanhetkellä 0 h (tuore) 0,298, ajanhetkellä 24 h 0,669 ja ajanhetkellä 48 h 0,741. Hypoteesia eivät myöskään kumoa aistinvaraiset havainnot. Kokeiden tulosten perusteella ei ole riittävä näyttöä siitä, että saadut mittausarvot poikkeaisivat oleellisesti satunnaisuudesta ja olisivat selkeästi virhearvojen ulkopuolella.

Jatkotutkimusten tekoa on näiden kokeiden ja tehtyjen analyysien valossa hyvin vaikea suositella. Lisä- tai jatkokokeita tämän tyyppisillä sellulaaduilla ja näillä koemetodeilla, ei ole todennäköisesti tarpeellista tehdä.

## Lähteet

- 1 Patents. 2015. Verkkodokumentti. Google. <<http://www.google.com.ar/patents/US6251458>>, Luettu 29.7.2015
- 2 Leivän vanhenemisilmiöitä. 2015. Verkkodokumentti. Leipätiedotus ry. <[http://leipätiedotus.fi/tietoa\\_leivata/pelloilta\\_poytaan/leivan\\_tuotanto/leivan\\_sailytys/leivan\\_vanhenemisilmioita](http://leipätiedotus.fi/tietoa_leivata/pelloilta_poytaan/leivan_tuotanto/leivan_sailytys/leivan_vanhenemisilmioita)>. Luettu 4.1.2016
- 3 Kangas, Heli. 2012. Soveltajan opas mikro- ja nanoselluloosille. Loppuraportti 110002-2. VTT.
- 4 Plant cells, chloroplasts, and cell walls. 2015. Verkkodokumentti. Scitable by nature Education. <<http://www.nature.com/scitable/topicpage/plant-cells-chloroplasts-and-cell-walls-14053956>>. Luettu 19.1.2016
- 5 Homogenization. 2015. Verkkodokumentti. <[https://en.wikipedia.org/wiki/Homogenization\\_%28chemistry%29](https://en.wikipedia.org/wiki/Homogenization_%28chemistry%29)>. Luettu 19.1.2016
- 6 Supermasscolloider. 2015. Verkkodokumentti. MASUKO SANGYO CO.,LTD. <<http://masuko.com/English/product/Masscolloder.html>>. Luettu 16.1.2016
- 7 Grinder. 2015. Verkkodokumentti. MASUKO SANGYO CO.,LTD. <<http://masuko.com/English/product/grinder.html>>. Luettu 16.1.2016
- 8 Jalas, Aaro & Åberg, Veijo. 2010. Suomen Leipuriliitto 1900–2010 – Katsaus leipomoalan historiaan. Helsinki: Suomen Leipuriliitto ry.
- 9 Autotuojien historiaa. 2015. Verkkodokumentti. Autotuojat ry. <[http://www.autotuojat.fi/yhdistyksen\\_esittely/historia](http://www.autotuojat.fi/yhdistyksen_esittely/historia)>. Luettu 5.9.2015
- 10 Salovaara, Hannu & Tuukkanen Kristiina. 2013. Vehnätaikinan sekoittaminen. Leipuri 3/2013., s. 30–36. Helsinki: Suomen Leipuriliitto ry.
- 11 Sekoittajat Spiral Mixer SK 160 AK - SK 240 AK . 2015. Verkkodokumentti. DIOSNA Dierks & Söhne GmbH. <<http://www.diosna.com/uk/bakery-systems/products/kneading->

- machines/spiral-mixers/spiral-mixer-sk-160-ak-240-ak.html> ja  
<<http://www.diosna.com/uk/bakery-systems/products/kneading-machines/spiral-mixers/spiral-mixer-sk-160-ak-240-ak.html>>. Luettu 16.1.2016. Fork mixer. 2015. Verkkodokumentti. VMI The mixing company. <<http://www.directindustry.com/prod/vmi/product-39327-491787.html>>. Luettu 13.10.2015
- 12 Salovaara, Hannu & Ignatius Ari. 2014. Välilepo vehnätaikinan ylöslönnissä. Leipuri 1/2014., s. 30–33. Helsinki: Suomen Leipuriliitto ry.
- 13 Salovaara, Hannu & Häggman, Marina. 2013. Leivinhiiwa. Leipuri 5/2013., s. 26–31. Helsinki: Suomen Leipuriliitto ry.
- 14 Salovaara, Hannu. 2014. Leivän paistaminen: lämmön siirtymistavat. Leipuri 7/2014., s. 28–31. Helsinki: Suomen Leipuriliitto ry.
- 15 Salovaara, Hannu. 2013. Taikinan uuninousu. Leipuri 6/2013., s. 32–35. Helsinki: Suomen Leipuriliitto ry.
- 16 Salovaara, Hannu & Kanerva, Päivi. 2015. Leivän paistaminen: paistovaiheet, kuoren muodostuminen ja akryyliamidi.. Leipuri 1/2015., s. 28–33. Helsinki: Suomen Leipuriliitto ry.
- 17 Cooler. Verkkodokumentti. 2015. Spiral Cooling . <<http://www.well-bake.com/cooling-freezing/cooling>>. Luettu 13.10.2015
- 18 Flow Pack Automated Machines. Verkkodokumentti. 2015. Orion 700 E Horizontal Flow-Pack machine w/ rotary sealing jaws. <<http://www.delfin.it/en/rotary-motion-top-film/orion-700-horizontal-flow-pack-machine>>. Luettu 20.1.2016
- 19 Lisäaineet. 2015. Verkkodokumentti. Leipätiedotus ry. <[http://www.leipätiedotus.fi/tietoa\\_leivasta/leipa\\_elintarvikkeena/lisaaaineet](http://www.leipätiedotus.fi/tietoa_leivasta/leipa_elintarvikkeena/lisaaaineet)>. Luettu 31.7.2015

- 20 Lisäaineiden käyttötarkoitus ja lainsäädäntö. 2015. Verkkodokumentti. Leipätiedotus ry. <[http://www.leipätiedotus.fi /tietoa\\_leivasta/leipa\\_elintarvikkeena/lisaaineet/lisaaineiden\\_kayttotarkoitus\\_ja\\_lainsaadanto](http://www.leipätiedotus.fi/tietoa_leivasta/leipa_elintarvikkeena/lisaaineet/lisaaineiden_kayttotarkoitus_ja_lainsaadanto)>. Luettu 27.12.2015
- 21 A farinograph study on dough characteristics of mixtures of wheat flour and potato starches from different cultivars. 2007. Verkkodokumentti. Japan Science and Technology Agency [JST]. <[https://www.jstage.jst.go.jp/article/fstr/14/2/14\\_2\\_211/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/fstr/14/2/14_2_211/_pdf)>. Luettu 8.8.2015
- 22 SPSS: Explore. 2015. Verkkodokumentti. Akin menetelmäbloki. <<https://tilastoapu.wordpress.com/2012/04/28/spss-explore/>>. Päivitetty 29.11.2015. Luettu 30.12.2015
- 23 Die Bestimmung des Porenvolumens in Backstücken. 2014. Verkkodokumentti. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. <[https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/zentrale\\_analytik/dateien/backqualitaet-porenvolumen.pdf](https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/zentrale_analytik/dateien/backqualitaet-porenvolumen.pdf)>. Luettu 24.1.2016

## Koeleivontapöytäkirja

Koeleivontojen tiedot kirjattiin pöytäkirjaan (kuvat 1 ja 2), joista eri mittausarvot siirrettiin Excel-taulukkolaskentaohjelmaan. Excelissä data muotoiltiin IBM SPSS -analyysisovelluksen hyväksymään muotoon.

|  |                                  |            |             |   |                                     |
|--|----------------------------------|------------|-------------|---|-------------------------------------|
|  | Sellugeelin vaikutus leivonnassa |            |             | Jussi Jämsén  |                                     |
|  |                                  |            |             | TF11S2  |                                     |
| Kokeen tunnus                              |                                  |            |             |   |                                     |
| Resepti                                    |                                  |            |             | Sellun laatu: A= natiivi, B= anioninen, 0= referenssi; Sellun pit.jauhoista: 0,01 % = 001, (ref. = 0); Jauho: Vehnä = VE, (Kaura = KA); Kokeen numero: 01 ->; PVM: kkppvv |                                     |
|  | Vehnäjauho                       |            |             | g   |                                     |
|  | Suola                            |            |             | g   |                                     |
|  | Hiiiva (tuore)                   |            |             | g   |                                     |
|  | Vesi (lisätty)                   |            |             | g   |                                     |
|  | (Rasva)                          |            |             | g   |                                     |
|  | Sellugeeli                       |            |             | g   |                                     |
|  | Vesi (yhteensä)                  |            |             | g   |                                     |
| Sekoitus aika 1                            |                                  |            |             |   |                                     |
| (jauhot / jauho+sellu) [min]               |                                  |            |             | min   |                                     |
| Taikinan muodostumisaika (peak time) [min] |                                  |            |             | min   |                                     |
| Taikinan lämpötila lopussa [°C]            |                                  |            |             | °C  |                                     |
| Muut leivontatoimenpiteet                  |                                  |            |             |   |                                     |
|  | * paloittelu (150 g)             |            |             | g   |                                     |
|  | * käsiriivaus                    |            |             | hukkapala (g)   |                                     |
|  | * lepo [min]                     |            |             | min   |                                     |
| Muotoilu                                   |                                  |            |             |   |                                     |
|  | * pitkärullaus                   |            |             |   |                                     |
|  | * nostatus                       | kosteus %  |             | %   |                                     |
|  |                                  | lämpö °C   |             | °C  |                                     |
|  |                                  | aika [min] |             | min   |                                     |
| Paisto                                     |                                  | lämpö °C   |             | °C  | Kostutus                            |
|  |                                  | aika [min] |             | min   | 30 s. -> 10 s. / 1 min -> 10 s. * 2 |
| Sisälämpö ja paino paistamisen jälkeen     |                                  |            |             | °C  | g                                   |
| Valmiin leivän mitat                       |                                  |            |             |   |                                     |
|  | korkeus                          |            |             | mm  |                                     |
|  | leveys                           |            |             | mm  |                                     |
|  | pituus                           |            |             | mm  |                                     |
|  | Pellavansiemen tilavuusmittaus   |            |             |   |                                     |
|  | Kuvannumerot                     |            | raa/kyp/lei |   |                                     |

Kuva 1. Koeleivontapöytäkirjan sivu yksi.

|                            |                         |    |    |  |  |  |  |  |  |    |
|----------------------------|-------------------------|----|----|--|--|--|--|--|--|----|
|                            |                         |    |    |  |  |  |  |  |  |    |
| Huomiot<br>(väri, tuoksu ) |                         |    |    |  |  |  |  |  |  |    |
|                            |                         |    |    |  |  |  |  |  |  |    |
|                            |                         |    |    |  |  |  |  |  |  |    |
| Säilyvyys                  |                         |    |    |  |  |  |  |  |  |    |
|                            | mittaushetken lämpötila |    | °C |  |  |  |  |  |  |    |
|                            | * tuore                 | VY |    |  |  |  |  |  |  | mm |
|                            |                         | OY |    |  |  |  |  |  |  | mm |
|                            |                         | KE |    |  |  |  |  |  |  | mm |
|                            |                         | VA |    |  |  |  |  |  |  | mm |
|                            |                         | OA |    |  |  |  |  |  |  | mm |
|                            | mittaushetken lämpötila |    | °C |  |  |  |  |  |  |    |
|                            | * 24 h                  | VY |    |  |  |  |  |  |  | mm |
|                            |                         | OY |    |  |  |  |  |  |  | mm |
|                            |                         | KE |    |  |  |  |  |  |  | mm |
|                            |                         | VA |    |  |  |  |  |  |  | mm |
|                            |                         | OA |    |  |  |  |  |  |  | mm |
|                            | mittaushetken lämpötila |    | °C |  |  |  |  |  |  |    |
|                            | * 48 h                  | VY |    |  |  |  |  |  |  | mm |
|                            |                         | OY |    |  |  |  |  |  |  | mm |
|                            |                         | KE |    |  |  |  |  |  |  | mm |
|                            |                         | VA |    |  |  |  |  |  |  | mm |
|                            |                         | OA |    |  |  |  |  |  |  | mm |

Kuva 2. Koeleivontapöytäkirjan sivu kaksi.

# Käyttöturvallisuustiedote 1

SAFETY DATA SHEET

(INFORMATION FORM FOR CHEMICALS DATA)

Date: 02.07.2013

Former date: 25.09.2012

## SECTION 1: IDENTIFICATION OF THE SUBSTANCE/MIXTURE AND OF THE COMPANY/UNDERTAKING

### 1.1 Product identifier

Trade name

**UPM Biofibrils NS, moisture > 20 %**

Company product code

All NS products

Reach registration number

Not registered. The product consists of naturally occurring substances.

### 1.2 Relevant identified uses of the substance or mixture and uses advised against

The uses of the chemical

Natural rheology modifier in aqueous systems

Stabilizer of emulsions and suspensions

Non-traditional emulsifier, film former, moisture absorber

Thickening agent

Reinforcement agent in composites

Classification of economic activities (NACE)

C Manufacturing

Use categories (UC62)

20

The chemical can be used by the general public

The chemical is used by the general public only

### 1.3 Details of the supplier of the safety data sheet

Manufacturer, importer, other undertaking

UPM-Kymmene Oyj

Street address

Eteläesplanadi 2,

Postcode and post office

FI-00130, Helsinki

Post-office box

P.O. Box 380

Postcode and post office

FI-00101, Helsinki

Telephone number

+358 20 41 51 11

E-mail address

msds@upm.com

Finnish Business ID (Y code)

1041090-0

### 1.4 Emergency telephone number

112

Poison Information centre (in Finland), open 24 h daily

PL 790 (Tukholmankatu 17)

00029 HUS

tel. +358 9 471977 or +358 94711

## SECTION 2: HAZARDS IDENTIFICATION

### 2.1 Classification of the substance or mixture

In accordance with current regulations (1272/2008 CLP), this substance has not been classified as dangerous.

Classification according to 67/548/EEC-1999/45/EC: no classification.

### 2.2 Label elements

No labelling: in accordance with current regulations, this substance has not been classified as dangerous.

**Trade name:** UPM Biofibrils NS, moisture > 20 %

**Date:** 02.07.2013

**Former date:** 25.09.2012

**2.1 Other hazards**

If dried, the material forms organic dust. An HTP value (concentration known to be hazardous) has been defined for organic dust (see Section 8).

The product consists of micro and nanosized cellulose fibrils. The length of fibrils may be several micrometers while the diameter is in nanometer scale (4-100 nm).

**SECTION 3: COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS**

The product contains 0.5-20% cellulose (CAS/EC number 9004-34-6 / 232-674-9) and water (CAS number 732-18-5). The fiber part is isolated from *Pinus sylvestris* and *Picea abies* or *Betula* sp. The product also contains biocide BIM MC 4901 0.5L per 1m<sup>3</sup>.

**Hazardous ingredients**

| CAS/EC number and the registration number | Name of the ingredient | Concentration | Classification |
|---|------------------------|---------------|----------------|
|   |                        |               |                |

**SECTION 4: FIRST AID MEASURES**

**4.1 Description of first aid measures**

**Inhalation:** Move to fresh air. Get medical attention if symptoms appear.

**Skin contact:** Wash with water. Get medical attention if irritation occurs.

**Eye contact:** Rinse with plenty of water for several minutes. Get medical attention if irritation occurs.

**Ingestion:** Rinse mouth with plenty of water. By ingestion of large quantities endeavour to vomit. Get medical attention if symptoms appear.

**4.2 Most important symptoms and effects, both acute and delayed**

Eye contact: Mechanical irritation possible.

**4.3 Indication of any immediate medical attention and special treatment needed**

No special treatment needed.

**SECTION 5: FIREFIGHTING MEASURES**

**5.1 Extinguishing media**

Water spray, foam, carbon dioxide

**5.2 Special hazards arising from the substance or mixture**

The product itself is non-flammable. If dried, flammable organic dust may form.

**5.3 Advice for firefighters**

In large fires or in confined areas, use appropriate protective equipment and a self-contained breathing apparatus.

**SECTION 6: ACCIDENTAL RELEASE MEASURES**

**6.1 Personal precautions, protective equipment and emergency procedures**

Handle carefully to avoid spilling, drying and dust formation. Remove all ignition sources. Dust filters are recommended.

**6.2 Environmental precautions**

Minimize contamination of drains, surface and ground waters.

**6.3 Methods and material for containment and cleaning up**

Use appropriate tools to collect the product for disposal. Flush the area with water.

**6.4 Reference to other sections**

Personal protection equipment: see Section 8.2

Disposal: see Section 13

**SECTION 7: HANDLING AND STORAGE**

- 7.1 Precautions for safe handling**  
Handle the material in accordance with good industrial hygiene and safety practices. Use protective gloves and clothes to avoid skin exposure. If exposed, wash the skin with water. Use protective glass to avoid splash to eyes. In wet state the product does not form dust. If dried avoid breathing of dust. Dust filters are recommended.
- 7.2 Conditions for safe storage, including any incompatibilities**  
Keep containers tightly closed. Storage in dry, cool and well-ventilated place protected from direct sunlight and away from highly flammable substances / materials. Store above 4°C and avoid freezing. No legal demands concerning storage.
- 7.3 Specific end use(s)**  
Not reported.

**SECTION 8: EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION****8.1 Control parameters****National occupational exposure limit values**

Organic dust: 5 mg/m<sup>3</sup> (8 h) ja 10 mg/m<sup>3</sup> (15 min).

**Other limit values**

Microcrystalline cellulose: ACHIG 10 mg/m<sup>3</sup>, OSHA 15 mg/m<sup>3</sup> (total dust), OSHA 5 mg/m<sup>3</sup> (respirable fraction of dust)

UK (TWA): 10 mg/m<sup>3</sup> (total inhalable dust), 4 mg/m<sup>3</sup> (respirable dust)

**DNEL**

The product contains no hazardous ingredients.

**PNEC**

The product contains no hazardous ingredients.

**8.2 Exposure controls****Appropriate engineering controls**

Keep containers tightly closed and away from ignition sources and heat.

**Eye/face protection**

It is recommended to use eye protection.

**Skin protection**

It is recommended to protect skin from any splashes.

**Hand protection**

It is recommended to use protective gloves.

**Respiratory protection**

If the product is dried, use respiratory protection (filter P2).

**Thermal hazards**

The product itself is stable and non-flammable. If dried, flammable organic dust may form.

**Environmental exposure controls**

Prevent large amounts from entering sewers or environment.

| <b>SECTION 9: PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES</b>               |  |
|--|--|
| <b>9.1 Information on basic physical and chemical properties</b> |  |
| Appearance   | Highly viscous, opaque, aqueous suspension gel                                       |
| Odour  | Almost odourless   |
| Odour threshold  | Not applicable   |
| pH   | Neutral (1 % watersolution)  |
| Melting point/freezing point                                     | Unknown  |
| Initial boiling point and boiling range                          | 100 °C (water)   |
| Flash point  | Not applicable   |
| Evaporation rate   | Unknown  |
| Flammability (solid, gas)  | Not applicable. Non-flammable when moist.  |
| Upper/lower flammability or explosive limits                     | Not applicable   |
| Vapour pressure  | Not applicable   |
| Vapour density   | Not applicable   |
| Relative density   | Unknown  |
| Solubility(ies)  | Insoluble in alcohols, diethyl ether, acetone, etc. Insoluble in cold and hot water. |
| Partition coefficient: n-octanol/water                           | Not applicable   |
| Auto-ignition temperature  | Unknown  |
| Decomposition temperature  | > 250 °C   |
| Viscosity  | For 0,5 % aqueous dispersion: High zero shear viscosity (i.e. 2000-8 000 Pa s).      |
| Explosive properties   | No risk of explosion   |
| Oxidising properties   | Not oxidising  |
| <b>9.2 Other information</b><br>Dry weight percentage: 0.5 – 20% |  |

#### **SECTION 10: STABILITY AND REACTIVITY**

- 10.1 Reactivity**  
Not reactive under normal use and storage conditions.
- 10.2 Chemical stability**  
The product is stable.
- 10.3 Possibility of hazardous reactions**  
No hazardous reactions under normal use and storage conditions.
- 10.4 Conditions to avoid**  
Keep away from ignition sources and heat.
- 10.5 Incompatible materials**  
None.
- 10.6 Hazardous decomposition products**  
Burning may produce toxic gases e.g. carbon monoxide.

**SECTION 11: TOXICOLOGICAL INFORMATION****11.1 Information on toxicological effects****Acute toxicity**

There is no toxicological data available for this specific product:

Data from similar compounds:

Cellulose, microcrystalline (CAS 9004-34-6)(ChemIDplusLite)

LD50 >5000 mg/kg (orally, rat)

LD50 >2000 mg/kg (dermally, rabbit)

LC50 >5800 mg/m<sup>3</sup> (rat, inhalation, 4 h)

LD50 >31600 mg/kg (intraperitoneal, rat)

**Skin corrosion/irritation**

Eyes Not irritating (rabbit)

Skin Not irritating (PII = 0/8.0) (rabbit)

UPM MICROFIBRILLATED CELLULOSE STERILE:

Tested at 1% de-ionized water. Skin irritation patch test in human volunteers (ISPE s.r.l.):

No skin irritation potential

**Serious eye damage/irritation**

The product is not an eye irritant.

**Respiratory or skin sensitisation**

Not sensitizing (Guinea pig)

**Germ cell mutagenicity**

The product is not classified as a mutagen.

**Carcinogenicity**

The product is not classified as a carcinogen.

**Reproductive toxicity**

The product is not classified as a reproductive toxicant.

**STOT-single exposure**

The product is not classified as toxic to specific target organs.

**STOT-repeated exposure**

The product is not classified as toxic to specific target organs.

**Aspiration hazard**

The product is not classified as causing aspiration toxicity.

**Other information**

(Vartiainen et al. 2011):

No evidence of inflammatory effects or cytotoxicity on mouse and human macrophages was observed after 6 and 24 h exposure. The results of toxicity studies suggest that the friction ground microfibrillated cellulose is not cytotoxic and does not cause any effects on inflammatory system in macrophages.

**SECTION 12: ECOLOGICAL INFORMATION**

- 12.1 Toxicity**  
There is no ecotoxicological data available for this specific product:  
  
(Vartiainen et al. 2011):  
Acute environmental toxicity assessed with kinetic luminescent bacteria test (*Vibrio fischerii*), NOEC >100 mg/l
- 12.2 Persistence and degradability**  
Biodegradable in soil based on information from similar products. Chemical degradation produces carbon oxides (CO, CO<sub>2</sub>) and water.
- 12.3 Bioaccumulative potential**  
Natural product, no bioaccumulative potential.
- 12.4 Mobility in soil**  
Insoluble in water.
- 12.5 Results of PBT and vPvB assessment**  
Biodegradable, thus not considered to fulfill criteria for PBT or vPvB substances.
- 12.6 Other adverse effects**  
Not reported.

**SECTION 13: DISPOSAL CONSIDERATIONS**

- 13.1 Waste treatment methods**  
Disposal according to current national and local official regulations.

**SECTION 14: TRANSPORT INFORMATION**

- 14.1 UN number**  
Not classified for transportation.
- 14.2 UN proper shipping name**
- 14.3 Transport hazard class(es)**
- 14.4 Packing group**
- 14.5 Environmental hazards**  
Prevent large amounts from entering sewers or waterways.
- 14.6 Special precautions for user**  
Keep away from ignition sources and heat. Do not let the substance get dry. When dry, the substance is flammable.
- 14.7 Transport in bulk according to Annex II of MARPOL73/78 and the IBC Code**

**SECTION 15: REGULATORY INFORMATION**

- 15.1 Safety, health and environmental regulations/legislation specific for the substance or mixture**  
Guidance and regulations concerning nanotechnology should be followed.
- 15.2 Chemical safety assessment**  
Not registered and no chemical safety assessment performed. The product consists of naturally occurring substances.

**SECTION 16: OTHER INFORMATION****Glossary of abbreviations**

HTP value concentration of impurity in workplace air known to be hazardous

ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists

NOEL: No observable effect level; highest concentration at which no effect was observed.

OSHA: Occupational Safety and Health Administration (United States)

TWA: time-weighted average

LC50: Lethal concentration 50 % (median lethal concentration), concentration of the substance which kills 50 % of exposed organisms

LD50: Lethal dose 50 % (median lethal dose), dose of the substance which kills 50 % of exposed organisms

EC50: median effective concentration. Statistically derived concentration of a substance in an environmental medium expected to produce a certain effect in 50% of test organisms in a given population under a defined set of conditions.

**References**

Material safety data by UPM

Degree on Concentrations known to be Hazardous (557/2009) (HTP-arvot 2009)

National Library of Medicine: ChemIDplusLite

Vartiainen et al., 2011. Health and environmental safety aspects of friction grinding and spray drying of microfibrillated cellulose. Cellulose DOI 10.1007/s10570-011-9501-7

**List of relevant R phrases**

None.

## Käyttöturvallisuustiedote 2

SAFETY DATASHEET

(INFORMATION FORM FOR CHEMICALS DATA)

Date: 02.07.2013

Former date: 25.09.2012

### SECTION 1: IDENTIFICATION OF THE SUBSTANCE/MIXTURE AND OF THE COMPANY/UNDERTAKING

#### 1.1 Product identifier

Trade name

**UPM Biofibrils AS, moisture > 20 %**

Company product code

All AS, AL and AH products

Reach registration number

Not registered. The product consists of naturally occurring substances.

#### 1.2 Relevant identified uses of the substance or mixture and uses advised against

The uses of the chemical

Natural rheology modifier for aqueous systems

Stabilizer of emulsions and suspensions

Non-traditional emulsifier, film former, moisture absorber

Thickening agent

Reinforcement agent in composites

Classification of economic activities (NACE)

C Manufacturing

Use categories (UC62)

20

The chemical can be used by the general public

The chemical is used by the general public only

#### 1.3 Details of the supplier of the safety data sheet

Manufacturer, importer, other undertaking

UPM-Kymmene Oyj

Street address

Eteläesplanadi 2,

Postcode and post office

FI-00130, Helsinki

Post-office box

P.O. Box 380

Postcode and post office

FI-00101, Helsinki

Telephone number

+358 20 41 51 11

Telefax

E-mail address

msds@upm.com

Finnish Business ID (Y code)

1041090-0

#### 1.4 Emergency telephone number

112

Poison Information centre (in Finland), open 24 h daily

PL 790 (Tukholmankatu 17)

00029 HUS

tel. +358 9 471977 or +358 94711

### SECTION 2: HAZARDS IDENTIFICATION

#### 2.1 Classification of the substance or mixture

In accordance with current regulations (1272/2008 CLP), this substance has not been classified as dangerous.

Classification according to 67/548/EEC-1999/45/EC: no classification.

**2.1 Label elements**

No labelling: in accordance with current regulations, this substance has not been classified as dangerous.

**2.2 Other hazards**

If dried, the material forms organic dust. An HTP value (concentration known to be hazardous) has been defined for organic dust (see Section 8).

The product consists of micro and nanosized cellulose fibrils. The length of fibrils may be several micrometers while the diameter is in nanometer scale (4-100 nm).

**SECTION 3: COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS**

The product contains 0.5-20% cellulose (CAS/EC number 9004-34-6 / 232-674-9) and water (CAS number 732-18-5). The fiber part is isolated from *Pinus sylvestris* and *Picea abies* or *Betula sp.* The product also contains biocide BIM MC 4901 0.5L per 1m<sup>3</sup>.

| Hazardous ingredients                     |                        |               |                |
|---|------------------------|---------------|----------------|
| CAS/EC number and the registration number | Name of the ingredient | Concentration | Classification |
|   |                        |               |                |

**SECTION 4: FIRST AID MEASURES****4.1 Description of first aid measures**

**Inhalation:** Move to fresh air. Get medical attention if symptoms appear.

**Skin contact:** Wash with water. Get medical attention if irritation occurs.

**Eye contact:** Rinse with plenty of water for several minutes. Get medical attention if irritation occurs.

**Ingestion:** Rinse mouth with plenty of water. By ingestion of large quantities endeavour to vomit. Get medical attention if symptoms appear.

**4.2 Most important symptoms and effects, both acute and delayed**

Eye contact: Mechanical irritation possible.

**4.3 Indication of any immediate medical attention and special treatment needed**

No special treatment needed.

**SECTION 5: FIREFIGHTING MEASURES****5.1 Extinguishing media**

Water spray, foam, carbon dioxide

**5.2 Special hazards arising from the substance or mixture**

The product itself is non-flammable. If dried, flammable organic dust may form.

**5.3 Advice for firefighters**

In large fires or in confined areas, use appropriate protective equipment and a self-contained breathing apparatus.

**SECTION 6: ACCIDENTAL RELEASE MEASURES****6.1 Personal precautions, protective equipment and emergency procedures**

Handle carefully to avoid spilling, drying and dust formation. Remove all ignition sources. Dust filters are recommended.

**6.2 Environmental precautions**

Minimize contamination of drains, surface and ground waters.

**6.3 Methods and material for containment and cleaning up**

Use appropriate tools to collect the product for disposal. Flush the area with water.

- 6.1 Reference to other sections**  
Personal protection equipment: see Section 8.2  
Disposal: see Section 13

---

**SECTION 7: HANDLING AND STORAGE**

---

- 7.1 Precautions for safe handling**  
Handle the material in accordance with good industrial hygiene and safety practices. Use protective gloves and clothes to avoid skin exposure. If exposed, wash the skin with water. Use protective glass to avoid splash to eyes. In wet state the product does not form dust. If dried avoid breathing of dust. Dust filters are recommended.
- 7.2 Conditions for safe storage, including any incompatibilities**  
Keep containers tightly closed. Storage in dry, cool and well-ventilated place protected from direct sunlight and away from highly flammable substances / materials. Store above 4°C and avoid freezing. No legal demands concerning storage.
- 7.3 Specific end use(s)**  
Not reported.

---

**SECTION 8: EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION**

---

**8.1 Control parameters**

---

**National occupational exposure limit values**

Organic dust: 5 mg/m<sup>3</sup> (8 h) ja 10 mg/m<sup>3</sup> (15 min).

**Other limit values**

Microcrystalline cellulose: ACHIG 10 mg/m<sup>3</sup>, OSHA 15 mg/m<sup>3</sup> (total dust), OSHA 5 mg/m<sup>3</sup> (respirable fraction of dust)

UK (TWA): 10 mg/m<sup>3</sup> (total inhalable dust), 4 mg/m<sup>3</sup> (respirable dust)

**DNEL**

The product contains no hazardous ingredients.

**PNEC**

The product contains no hazardous ingredients.

---

**8.2 Exposure controls**

---

**Appropriate engineering controls**

Keep containers tightly closed and away from ignition sources and heat.

**Eye/face protection**

It is recommended to use eye protection.

**Skin protection**

It is recommended to protect skin from any splashes.

**Hand protection**

It is recommended to use protective gloves.

**Respiratory protection**

If the product is dried, use respiratory protection (filter P2).

**Thermal hazards**

The product itself is stable and non-flammable. If dried, flammable organic dust may form.

**Environmental exposure controls**

Prevent large amounts from entering sewers or environment.

| <b>SECTION 9: PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES</b>               |  |
|--|--|
| <b>9.1 Information on basic physical and chemical properties</b> |  |
| <b>Appearance</b>  | Highly viscous, opaque, aqueous suspension gel                                       |
| <b>Odour</b>   | Almost odourless   |
| <b>Odour threshold</b>   | Not applicable   |
| <b>pH</b>  | Neutral (1 % watersolution)  |
| <b>Melting point/freezing point</b>                              | Unknown  |
| <b>Initial boiling point and boiling range</b>                   | 100 °C (water)   |
| <b>Flash point</b>   | Not applicable   |
| <b>Evaporation rate</b>  | Unknown  |
| <b>Flammability (solid, gas)</b>                                 | Not applicable. Non-flammable when moist.  |
| <b>Upper/lower flammability or explosive limits</b>              | Not applicable   |
| <b>Vapour pressure</b>   | Not applicable   |
| <b>Vapour density</b>  | Not applicable   |
| <b>Relative density</b>  | Unknown  |
| <b>Solubility(ies)</b>   | Insoluble in alcohols, diethyl ether, acetone, etc. Insoluble in cold and hot water. |
| <b>Partition coefficient: n-octanol/water</b>                    | Not applicable   |
| <b>Auto-ignition temperature</b>                                 | Unknown  |
| <b>Decomposition temperature</b>                                 | > 250 °C   |
| <b>Viscosity</b>   | For 0,5 % aqueous dispersion: High zero shear viscosity (i.e. 5000-50 000 Pa s).     |
| <b>Explosive properties</b>                                      | No risk of explosion   |
| <b>Oxidising properties</b>                                      | Not oxidising  |

**9.2 Other information**  
Dry weight percentage: 0.5 – 20 %

#### **SECTION 10: STABILITY AND REACTIVITY**

- 10.1 Reactivity**  
Not reactive under normal use and storage conditions.
- 10.2 Chemical stability**  
The product is stable.
- 10.3 Possibility of hazardous reactions**  
No hazardous reactions under normal use and storage conditions.
- 10.4 Conditions to avoid**  
Keep away from ignition sources and heat.
- 10.5 Incompatible materials**  
None.
- 10.6 Hazardous decomposition products**  
Burning may produce toxic gases e.g. carbon monoxide.

**SECTION 11: TOXICOLOGICAL INFORMATION****11.1 Information on toxicological effects****Acute toxicity**

There is no toxicological data available for this specific product:

Data from similar compounds:

Cellulose, microcrystalline (CAS 9004-34-6)(ChemIDplusLite)

LD50 >5000 mg/kg (orally, rat)

LD50 >2000 mg/kg (dermally, rabbit)

LC50 >5800 mg/m<sup>3</sup> (rat, inhalation, 4 h)

LD50 >31600 mg/kg (intraperitoneal, rat)

**Skin corrosion/irritation**

Eyes Not irritating (rabbit)

Skin Not irritating (PII = 0/8.0) (rabbit)

UPM MICROFIBRILLATED CELLULOSE STERILE:

Tested at 1% de-ionized water. Skin irritation patch test in human volunteers (ISPE s.r.l.):

No skin irritation potential

**Serious eye damage/irritation**

The product is not an eye irritant.

**Respiratory or skin sensitisation**

Not sensitizing (Guinea pig)

**Germ cell mutagenicity**

The product is not classified as a mutagen.

**Carcinogenicity**

The product is not classified as a carcinogen.

**Reproductive toxicity**

The product is not classified as a reproductive toxicant.

**STOT-single exposure**

The product is not classified as toxic to specific target organs.

**STOT-repeated exposure**

The product is not classified as toxic to specific target organs.

**Aspiration hazard**

The product is not classified as causing aspiration toxicity.

**Other information**

(Vartiainen et al. 2011):

No evidence of inflammatory effects or cytotoxicity on mouse and human macrophages was observed after 6 and 24 h exposure. The results of toxicity studies suggest that the friction ground microfibrillated cellulose is not cytotoxic and does not cause any effects on inflammatory system in macrophages.

**SECTION 12: ECOLOGICAL INFORMATION**

- 12.1 Toxicity**  
There is no ecotoxicological data available for this specific product:  
  
([Vartiainen et al. 2011](#)):  
Acute environmental toxicity assessed with kinetic luminescent bacteria test (*Vibrio fischerii*), NOEC >100 mg/l
- 12.2 Persistence and degradability**  
Biodegradable in soil based on information from similar products. Chemical degradation produces carbon oxides (CO, CO<sub>2</sub>) and water.
- 12.3 Bioaccumulative potential**  
Natural product, no bioaccumulative potential.
- 12.4 Mobility in soil**  
Insoluble in water.
- 12.5 Results of PBT and vPvB assessment**  
Biodegradable, thus not considered to fulfill criteria for PBT or vPvB substances.
- 12.6 Other adverse effects**  
Not reported.

**SECTION 13: DISPOSAL CONSIDERATIONS**

- 13.1 Waste treatment methods**  
Disposal according to current national and local official regulations.

**SECTION 14: TRANSPORT INFORMATION**

- 14.1 UN number**  
Not classified for transportation.
- 14.2 UN proper shipping name**
- 14.3 Transport hazard class(es)**
- 14.4 Packing group**
- 14.5 Environmental hazards**  
Prevent large amounts from entering sewers or waterways.
- 14.6 Special precautions for user**  
Keep away from ignition sources and heat. Do not let the substance get dry. When dry, the substance is flammable.
- 14.7 Transport in bulk according to Annex II of MARPOL73/78 and the IBC Code**

**SECTION 15: REGULATORY INFORMATION**

- 15.1 Safety, health and environmental regulations/legislation specific for the substance or mixture**  
Guidance and regulations concerning nanotechnology should be followed.
- 15.2 Chemical safety assessment**  
Not registered and no chemical safety assessment performed. The product consists of naturally occurring substances.

**SECTION 16: OTHER INFORMATION****Glossary of abbreviations**

HTP value concentration of impurity in workplace air known to be hazardous

ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists

NOEL: No observable effect level; highest concentration at which no effect was observed.

OSHA: Occupational Safety and Health Administration (United States)

TWA: time-weighted average

LC50: Lethal concentration 50 % (median lethal concentration), concentration of the substance which kills 50 % of exposed organisms

LD50: Lethal dose 50 % (median lethal dose), dose of the substance which kills 50 % of exposed organisms

EC50: median effective concentration. Statistically derived concentration of a substance in an environmental medium expected to produce a certain effect in 50% of test organisms in a given population under a defined set of conditions.

**References**

Material safety data by UPM

Degree on Concentrations known to be Hazardous (557/2009) (HTP-arvot 2009)

National Library of Medicine: ChemIDplusLite

Vartiainen et al., 2011. Health and environmental safety aspects of friction grinding and spray drying of microfibrillated cellulose. Cellulose DOI 10.1007/s10570-011-9501-7

**List of relevant R phrases**

None.

## Normaalijakautuneisuuden testiyhteenvetojen tulokset

SPSS Explore -testien yhteenvetotaulukot taulukossa yksi tilavuuden tulosten normaalijakautuneisuuden testiyhteenveto ja taulukoissa 2–4 pehmeiden mittausten normaalijakautuneisuuden testiyhteenveto.

Taulukko 1. Tilavuuden normaalijakautuneisuuden testin yhteenveto. Kolmogorov-Smirnov -testin ja Shapiro-Wilk-testin p-arvojen (Sig.) ero on niin suuri, ettei mittaustuloksia voida pitää normaalijakautuneina.

Tilavuuden tulosten normaalijakautuneisuuden testiyhteenveto

| Sellun_tunnus    | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |    |      | Shapiro-Wilk |    |      |
|------------------|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
|                  | Statistic                       | df | Sig. | Statistic    | df | Sig. |
| Tilavuus_ml A001 | ,200                            | 10 | ,200 | ,929         | 10 | ,439 |
| A010             | ,258                            | 7  | ,176 | ,826         | 7  | ,074 |
| A050             | ,263                            | 11 | ,033 | ,851         | 11 | ,044 |
| B001             | ,111                            | 11 | ,200 | ,978         | 11 | ,955 |
| B010             | ,244                            | 8  | ,179 | ,826         | 8  | ,054 |
| B050             | ,175                            | 11 | ,200 | ,927         | 11 | ,380 |
| B050_OPT         | ,211                            | 6  | ,200 | ,859         | 6  | ,187 |
| REF0             | ,141                            | 16 | ,200 | ,932         | 16 | ,261 |

Pehmeiden otoskeskiarvojen normaalijakautuneisuuden testauksen tuloksena päätettiin varsinaisessa tulosten analysoinnissa käyttämään Kruskal-Wallis-testiä

Pehmeiden mittausten normaalijakautuneisuuden testiyhteenveto nähtävissä taulukossa kaksi, ajanhetkellä 0 h (tuore).

Taulukko 2. Pehmeiden (0 h) normaalijakautuneisuuden testin yhteenveto. Kolmogorov-Smirnov-testin ja Shapiro-Wilk-testin p-arvojen (Sig.) ero on niin suuri, ettei mittaustuloksia voida pitää normaalijakautuneina.

Pehmeiden 0 h tulosten normaalijakautuneisuuden testiyhteenveto

| Sellun_tunnus | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |    |                   | Shapiro-Wilk |    |      |
|---------------|---------------------------------|----|-------------------|--------------|----|------|
|               | Statistic                       | df | Sig.              | Statistic    | df | Sig. |
| Arvo_mm A001  | ,245                            | 5  | ,200 <sup>*</sup> | ,891         | 5  | ,362 |
| A010          | ,267                            | 4  | .                 | ,905         | 4  | ,456 |
| A050          | ,225                            | 5  | ,200 <sup>*</sup> | ,955         | 5  | ,770 |
| B001          | ,248                            | 5  | ,200 <sup>*</sup> | ,887         | 5  | ,343 |
| B010          | ,242                            | 4  | .                 | ,968         | 4  | ,828 |
| B050          | ,223                            | 5  | ,200 <sup>*</sup> | ,887         | 5  | ,340 |
| REF0          | ,176                            | 7  | ,200 <sup>*</sup> | ,933         | 7  | ,577 |

Pehmeiden 0 h otoskeskiarvojen normaalijakautuneisuuden testauksen tuloksena päädyttiin varsinaisessa tulosten analysoinnissa käyttämään Kruskal-Walis-testiä

Pehmeiden mittausten normaalijakautuneisuuden testiyhteenveto nähtävissä taulukossa kolme, ajanhetkellä 24 h.

Taulukko 3. Pehmeiden (24 h) normaalijakautuneisuuden testin yhteenveto. Kolmogorov-Smirnov-testin ja Shapiro-Wilk-testin p-arvojen (Sig.) ero on niin suuri, ettei mittaustuloksia voida pitää normaalijakautuneina.

Pehmeiden 24 h tulosten normaalijakautuneisuuden testiyhteenveto

| Sellun_tunnus | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |    |                   | Shapiro-Wilk |    |       |
|---------------|---------------------------------|----|-------------------|--------------|----|-------|
|               | Statistic                       | df | Sig.              | Statistic    | df | Sig.  |
| Arvo_mm A001  | ,140                            | 4  | .                 | 1,000        | 4  | 1,000 |
| A010          | ,231                            | 3  | .                 | ,980         | 3  | ,730  |
| A050          | ,221                            | 3  | .                 | ,986         | 3  | ,775  |
| B001          | ,250                            | 4  | .                 | ,889         | 4  | ,376  |
| B010          | ,270                            | 4  | .                 | ,896         | 4  | ,411  |
| B050          | ,260                            | 5  | ,200 <sup>*</sup> | ,912         | 5  | ,480  |
| B050_OPT      | ,260                            | 2  | .                 | .            | .  | .     |
| REF0          | ,153                            | 6  | ,200 <sup>*</sup> | ,986         | 6  | ,978  |

Pehmeiden 24 h otoskeskiarvojen normaalijakautuneisuuden testauksen tuloksena päädyttiin varsinaisessa tulosten analysoinnissa käyttämään Kruskal-Walis-testiä

Pehmeiden mittausten normaalijakautuneisuuden testiyhteenvedo nähtävissä taulukossa neljä, ajanhetkellä 48 h.

Taulukko 4. Pehmeiden (48 h) normaalijakautuneisuuden testin yhteenvedo. Kolmogorov-Smirnov-testin ja Shapiro-Wilk testin p-arvojen (Sig.) ero on niin suuri, ettei mitaustuloksia voida pitää normaalijakautuneina.

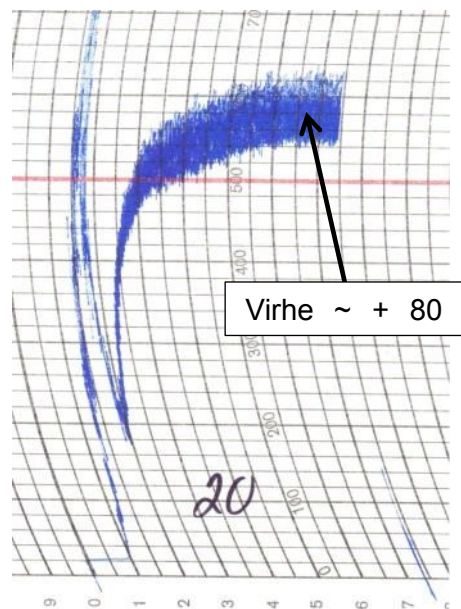
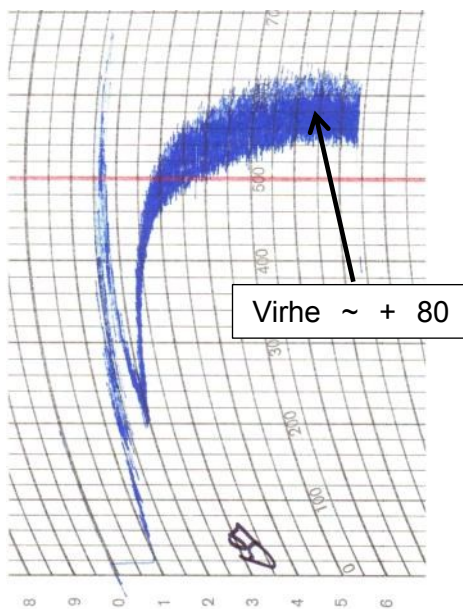
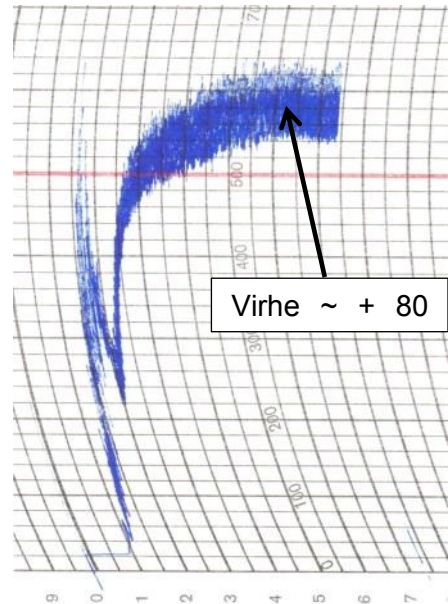
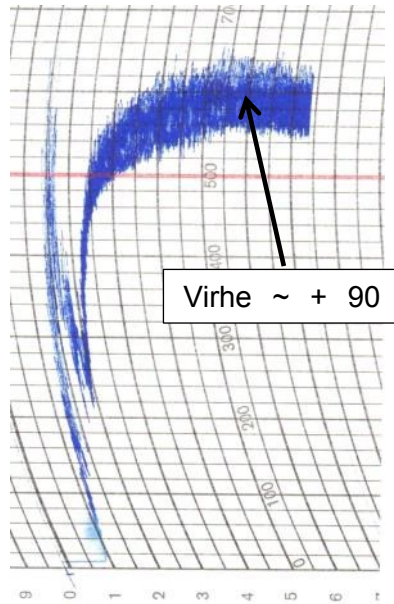
Pehmeiden 48 h tulosten normaalijakautuneisuuden testiyhteenvedo

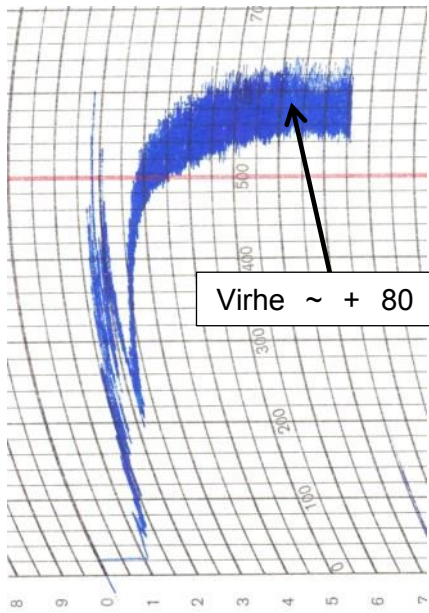
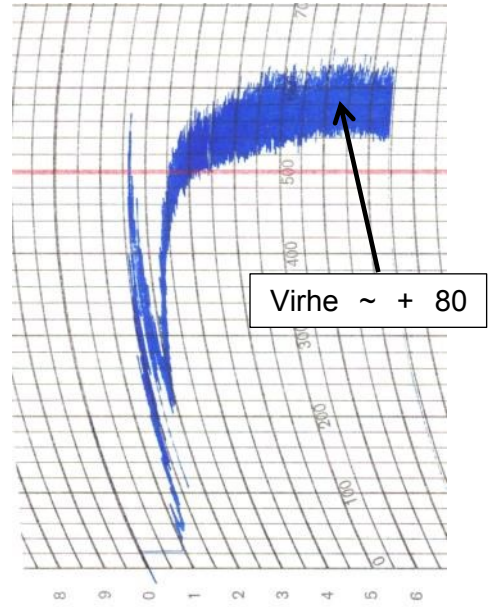
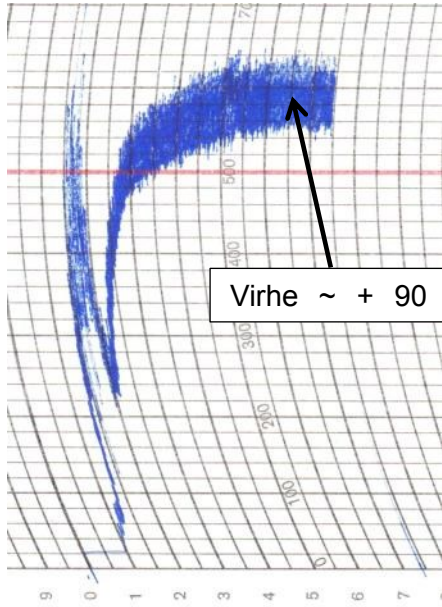
|         | Sellun tunnus | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |    |      | Shapiro-Wilk |    |      |
|---------|---------------|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
|         |               | Statistic                       | df | Sig. | Statistic    | df | Sig. |
| Arvo_mm | A001          | ,203                            | 5  | ,200 | ,953         | 5  | ,760 |
|         | A010          | ,260                            | 2  | .    |              |    |      |
|         | A050          | ,221                            | 3  | .    | ,986         | 3  | ,775 |
|         | B001          | ,316                            | 4  | .    | ,894         | 4  | ,402 |
|         | B010          | ,367                            | 4  | .    | ,821         | 4  | ,145 |
|         | B050          | ,260                            | 4  | .    | ,856         | 4  | ,245 |
|         | REF0          | ,272                            | 7  | ,128 | ,771         | 7  | ,021 |

Pehmeiden 48 h otoskeskiarvojen normaalijakautuneisuuden testauksen tuloksena päädyttiin varsinaisessa tulosten analysoinnissa käyttämään Kruskal-Walis-testiä

### Koulun farinografin virhe

Referenssileivontojen farinogrammien kuvaajilta arvioitu virhearvojen keskiarvo on +82,9 BU:a.



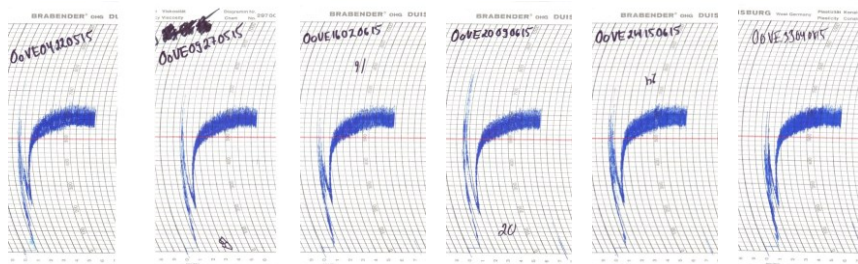


## Koeleivontojen farinogrammit

Farinogrammien kuvaajien muodosta on nähtävissä taikinalaadun heikentyminen sellumäärän lisääntyessä. Referenssileivontojen kuvaajiin verrattuna varsinkin pitoisuuksilla 0,5 %, taikinanmuodostumisen huippu saavutetaan nopeasti ja sekoituskestävyyden taso alenee jyrkästi.

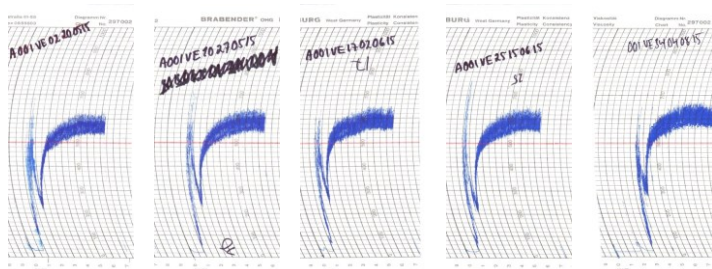
### Farinogrammit sellumäärien vaihdellessa

Referenssikokeet kuvat 1–6



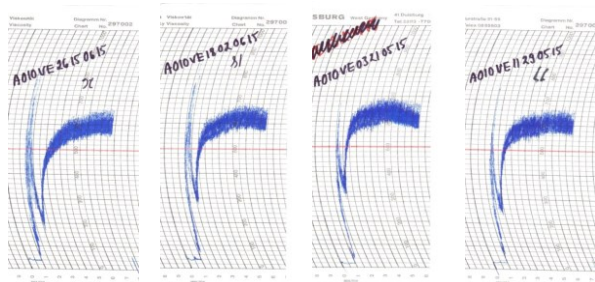
1 2 3 4 5 6

Kokeet sellugeeli A 0,01 % kuvat 8–12



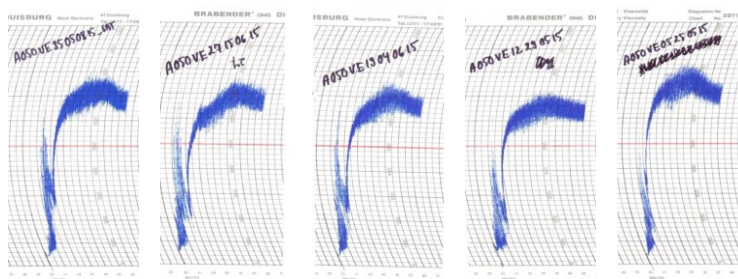
8 9 10 11 12

Kokeet sellugeeli A 0,1 % kuvat 13–16



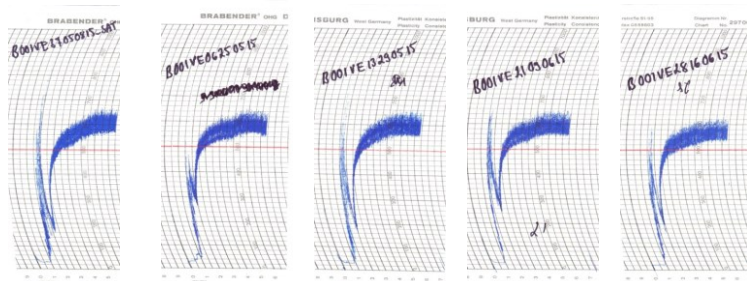
13 14 15 16

Kokeet sellugeeli A 0,5 % kuvat 17–21



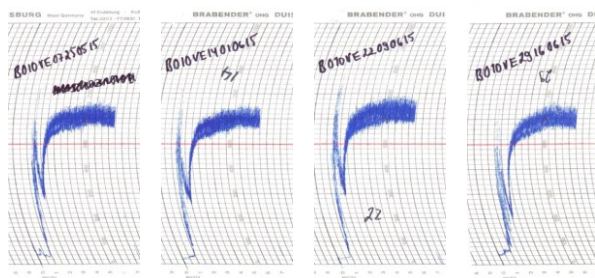
17 18 19 20 21

Kokeet sellugeeli B 0,01 % kuvat 22–26



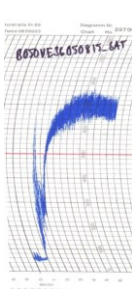
22 23 24 25 26

Kokeet sellugeeli B 0,1 % kuvat 27–30

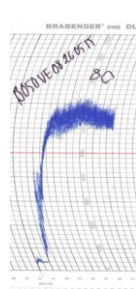


27 28 29 30

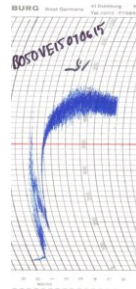
Kokeet sellugeeli B 0,5 % kuvat 31–35



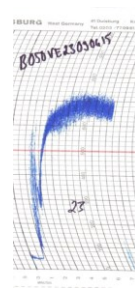
31



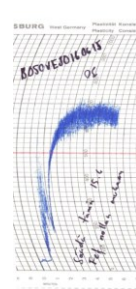
32



33



34

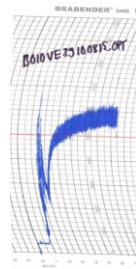


35

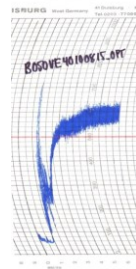
Optimointikokeet, kuvat 36–38



36

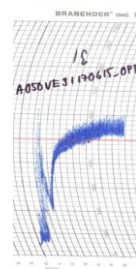


37

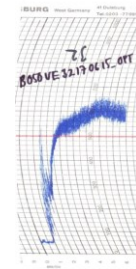


38

Esikokeet varsinaisille optimointikokeille, kuvat 39 ja 40



39



40

## Tilavuuden mittausten tulokset

Tilavuuden arvot laskettiin kahden desimaalin tarkkuudella rypsin siemenille lasketun painokerroimen avulla. Painokerroin mitattiin ja laskettiin aina leivontaviikon alussa, ja saatua kerrointa käytettiin koeviikon tilavuuksien arvon laskemiseen.

Taulukko 1. Tilavuuden mittausten tulokset [ml] sellulaaduittain ja pitoisuuksittain.

| Koenumero | Koetunnus | Sellun tunnus | Sellun pitoisuus | Tilavuus_ml |
|-----------|-----------|---------------|------------------|-------------|
| 1         | REF_1     | REF0          | 0                | 469,70      |
| 2         | REF_2     | REF0          | 0                | 416,80      |
| 3         | REF_3     | REF0          | 0                | 446,30      |
| 4         | REF_4     | REF0          | 0                | 424,89      |
| 5         | REF_5     | REF0          | 0                | 458,00      |
| 6         | REF_6     | REF0          | 0                | 458,90      |
| 7         | REF_7     | REF0          | 0                | 444,42      |
| 8         | REF_1     | REF0          | 0                | 501,80      |
| 9         | REF_2     | REF0          | 0                | 497,50      |
| 10        | REF_3     | REF0          | 0                | 495,92      |
| 11        | REF_4     | REF0          | 0                | 465,30      |
| 12        | REF_5     | REF0          | 0                | 473,50      |
| 13        | REF_6     | REF0          | 0                | 505,20      |
| 14        | REF_1     | REF0          | 0                | 428,00      |
| 15        | REF_2     | REF0          | 0                | 417,90      |
| 16        | REF_3     | REF0          | 0                | 435,90      |
| 17        | A001      | A001          | 0,01             | 432,10      |
| 18        | A001      | A001          | 0,01             | 413,40      |
| 19        | A001      | A001          | 0,01             | 406,80      |
| 20        | A001      | A001          | 0,01             | 396,20      |
| 21        | A001      | A001          | 0,01             | 494,40      |
| 22        | A001      | A001          | 0,01             | 473,50      |
| 23        | A001      | A001          | 0,01             | 476,92      |
| 24        | A001      | A001          | 0,01             | 470,90      |
| 25        | A001      | A001          | 0,01             | 464,30      |
| 26        | A001      | A001          | 0,01             | 436,30      |
| 27        | A010      | A010          | 0,1              | 430,40      |
| 28        | A010      | A010          | 0,1              | 410,50      |
| 29        | A010      | A010          | 0,1              | 395,20      |
| 30        | A010      | A010          | 0,1              | 411,75      |
| 31        | A010      | A010          | 0,1              | 503,80      |

|    |      |      |      |        |
|----|------|------|------|--------|
| 32 | A010 | A010 | 0,1  | 505,00 |
| 33 | A010 | A010 | 0,1  | 517,52 |
| 34 | A050 | A050 | 0,5  | 380,90 |
| 35 | A050 | A050 | 0,5  | 419,30 |
| 36 | A050 | A050 | 0,5  | 390,10 |
| 37 | A050 | A050 | 0,5  | 383,80 |
| 38 | A050 | A050 | 0,5  | 394,43 |
| 39 | A050 | A050 | 0,5  | 444,00 |
| 40 | A050 | A050 | 0,5  | 454,10 |
| 41 | A050 | A050 | 0,5  | 443,72 |
| 42 | A050 | A050 | 0,5  | 438,40 |
| 43 | A050 | A050 | 0,5  | 436,40 |
| 44 | A050 | A050 | 0,5  | 440,00 |
| 45 | B001 | B001 | 0,01 | 446,30 |
| 46 | B001 | B001 | 0,01 | 442,40 |
| 47 | B001 | B001 | 0,01 | 450,00 |
| 48 | B001 | B001 | 0,01 | 440,30 |
| 49 | B001 | B001 | 0,01 | 443,08 |
| 50 | B001 | B001 | 0,01 | 456,60 |
| 51 | B001 | B001 | 0,01 | 465,80 |
| 52 | B001 | B001 | 0,01 | 448,11 |
| 53 | B001 | B001 | 0,01 | 455,30 |
| 54 | B001 | B001 | 0,01 | 436,00 |
| 55 | B001 | B001 | 0,01 | 432,70 |
| 56 | B010 | B010 | 0,1  | 482,20 |
| 57 | B010 | B010 | 0,1  | 447,00 |
| 58 | B010 | B010 | 0,1  | 395,40 |
| 59 | B010 | B010 | 0,1  | 379,80 |
| 60 | B010 | B010 | 0,1  | 394,19 |
| 61 | B010 | B010 | 0,1  | 474,50 |
| 62 | B010 | B010 | 0,1  | 479,10 |
| 63 | B010 | B010 | 0,1  | 468,33 |
| 64 | B050 | B050 | 0,5  | 419,20 |
| 65 | B050 | B050 | 0,5  | 476,70 |
| 66 | B050 | B050 | 0,5  | 490,80 |
| 67 | B050 | B050 | 0,5  | 479,72 |
| 68 | B050 | B050 | 0,5  | 371,90 |
| 69 | B050 | B050 | 0,5  | 437,80 |
| 70 | B050 | B050 | 0,5  | 431,90 |
| 71 | B050 | B050 | 0,5  | 435,97 |
| 72 | B050 | B050 | 0,5  | 441,80 |
| 73 | B050 | B050 | 0,5  | 448,60 |
| 74 | B050 | B050 | 0,5  | 448,30 |

|    |          |          |     |        |
|----|----------|----------|-----|--------|
| 75 | B050_OPT | B050_OPT | 0,5 | 502,30 |
| 76 | B050_OPT | B050_OPT | 0,5 | 485,70 |
| 77 | B050_OPT | B050_OPT | 0,5 | 499,44 |
| 78 | B050_OPT | B050_OPT | 0,5 | 430,10 |
| 79 | B050_OPT | B050_OPT | 0,5 | 455,10 |
| 80 | B050_OPT | B050_OPT | 0,5 | 431,50 |

## Pehmeiden mittausten tulokset kolmessa aikapisteessä

Pehmeiden mittausten arvot kirjattiin suoraan mittauslaitteen antamana arvona. Laite antoi arvot neljän merkin mittaisina ja viiden mittauspisteen arvoista laskettiin leipävii-paleen pehmeiden keskiarvo.

Taulukko 1. Pehmeiden mittausten tulokset [mm] sellulaaduittain ja pitoisuuksittain.

| Koenumero | Koetunnus | Sellun_tunnus | Sellun pitoisuus | Mittauksen ajankohta | Arvo_mm |
|-----------|-----------|---------------|------------------|----------------------|---------|
| 1         | REF_1     | REF0          | 0                | 0                    | 6,934   |
| 2         | REF_2     | REF0          | 0                | 0                    | 9,130   |
| 3         | REF_3     | REF0          | 0                | 0                    | 8,996   |
| 4         | REF_4     | REF0          | 0                | 0                    | 7,672   |
| 5         | REF_5     | REF0          | 0                | 0                    | 7,346   |
| 6         | REF_6     | REF0          | 0                | 0                    | 8,602   |
| 7         | REF_7     | REF0          | 0                | 0                    | 8,376   |
| 8         | REF_1     | REF0          | 0                | 24                   | 4,008   |
| 9         | REF_2     | REF0          | 0                | 24                   | 5,362   |
| 10        | REF_3     | REF0          | 0                | 24                   | 4,556   |
| 11        | REF_4     | REF0          | 0                | 24                   | 3,628   |
| 12        | REF_5     | REF0          | 0                | 24                   | 4,416   |
| 13        | REF_6     | REF0          | 0                | 24                   | 4,730   |
| 14        | REF_1     | REF0          | 0                | 48                   | 2,180   |
| 15        | REF_2     | REF0          | 0                | 48                   | 3,932   |
| 16        | REF_3     | REF0          | 0                | 48                   | 3,874   |
| 17        | REF_4     | REF0          | 0                | 48                   | 3,326   |
| 18        | REF_5     | REF0          | 0                | 48                   | 3,500   |
| 19        | REF_6     | REF0          | 0                | 48                   | 3,518   |
| 20        | REF_7     | REF0          | 0                | 48                   | 3,872   |
| 21        | A001      | A001          | 0,01             | 0                    | 8,89    |
| 22        | A001      | A001          | 0,01             | 0                    | 7,258   |
| 23        | A001      | A001          | 0,01             | 0                    | 8,728   |
| 24        | A001      | A001          | 0,01             | 0                    | 8,424   |
| 25        | A001      | A001          | 0,01             | 0                    | 8,214   |
| 26        | A001      | A001          | 0,01             | 24                   | 5,472   |
| 27        | A001      | A001          | 0,01             | 24                   | 3,814   |
| 28        | A001      | A001          | 0,01             | 24                   | 4,842   |
| 29        | A001      | A001          | 0,01             | 24                   | 4,45    |
| 30        | A001      | A001          | 0,01             | 48                   | 3,99    |
| 31        | A001      | A001          | 0,01             | 48                   | 3,31    |

|    |      |      |      |    |       |
|----|------|------|------|----|-------|
| 32 | A001 | A001 | 0,01 | 48 | 3,804 |
| 33 | A001 | A001 | 0,01 | 48 | 3,106 |
| 34 | A001 | A001 | 0,01 | 48 | 3,434 |
| 35 | A010 | A010 | 0,1  | 0  | 7,982 |
| 36 | A010 | A010 | 0,1  | 0  | 8,468 |
| 37 | A010 | A010 | 0,1  | 0  | 7,906 |
| 38 | A010 | A010 | 0,1  | 0  | 8,798 |
| 39 | A010 | A010 | 0,1  | 24 | 3,798 |
| 40 | A010 | A010 | 0,1  | 24 | 4,248 |
| 41 | A010 | A010 | 0,1  | 24 | 4,992 |
| 42 | A010 | A010 | 0,1  | 48 | 2,7   |
| 43 | A010 | A010 | 0,1  | 48 | 3,702 |
| 44 | A050 | A050 | 0,5  | 0  | 6,84  |
| 45 | A050 | A050 | 0,5  | 0  | 7,322 |
| 46 | A050 | A050 | 0,5  | 0  | 7,308 |
| 47 | A050 | A050 | 0,5  | 0  | 8,328 |
| 48 | A050 | A050 | 0,5  | 0  | 7,698 |
| 49 | A050 | A050 | 0,5  | 24 | 3,316 |
| 50 | A050 | A050 | 0,5  | 24 | 4,866 |
| 51 | A050 | A050 | 0,5  | 24 | 4,25  |
| 52 | A050 | A050 | 0,5  | 48 | 2,8   |
| 53 | A050 | A050 | 0,5  | 48 | 3,276 |
| 54 | A050 | A050 | 0,5  | 48 | 3,59  |
| 55 | B001 | B001 | 0,01 | 0  | 8,572 |
| 56 | B001 | B001 | 0,01 | 0  | 7,788 |
| 57 | B001 | B001 | 0,01 | 0  | 7,758 |
| 58 | B001 | B001 | 0,01 | 0  | 7,538 |
| 59 | B001 | B001 | 0,01 | 0  | 7,978 |
| 60 | B001 | B001 | 0,01 | 24 | 5,266 |
| 61 | B001 | B001 | 0,01 | 24 | 4,682 |
| 62 | B001 | B001 | 0,01 | 24 | 4,238 |
| 63 | B001 | B001 | 0,01 | 24 | 4,306 |
| 64 | B001 | B001 | 0,01 | 48 | 3,842 |
| 65 | B001 | B001 | 0,01 | 48 | 3,41  |
| 66 | B001 | B001 | 0,01 | 48 | 3,994 |
| 67 | B001 | B001 | 0,01 | 48 | 3,804 |
| 68 | B010 | B010 | 0,1  | 0  | 8,592 |
| 69 | B010 | B010 | 0,1  | 0  | 7,108 |
| 70 | B010 | B010 | 0,1  | 0  | 8,384 |
| 71 | B010 | B010 | 0,1  | 0  | 9,53  |
| 72 | B010 | B010 | 0,1  | 24 | 4,866 |
| 73 | B010 | B010 | 0,1  | 24 | 4,158 |
| 74 | B010 | B010 | 0,1  | 24 | 4,05  |

|    |          |          |     |    |       |
|----|----------|----------|-----|----|-------|
| 75 | B010     | B010     | 0,1 | 24 | 5,234 |
| 76 | B010     | B010     | 0,1 | 48 | 3,432 |
| 77 | B010     | B010     | 0,1 | 48 | 2,858 |
| 78 | B010     | B010     | 0,1 | 48 | 3,504 |
| 79 | B010     | B010     | 0,1 | 48 | 5,716 |
| 80 | B050     | B050     | 0,5 | 0  | 8,758 |
| 81 | B050     | B050     | 0,5 | 0  | 7,816 |
| 82 | B050     | B050     | 0,5 | 0  | 7,742 |
| 83 | B050     | B050     | 0,5 | 0  | 6,636 |
| 84 | B050     | B050     | 0,5 | 0  | 8,756 |
| 85 | B050     | B050     | 0,5 | 24 | 4,802 |
| 86 | B050     | B050     | 0,5 | 24 | 4,674 |
| 87 | B050     | B050     | 0,5 | 24 | 3,56  |
| 88 | B050     | B050     | 0,5 | 24 | 5,488 |
| 89 | B050     | B050     | 0,5 | 24 | 5,218 |
| 90 | B050     | B050     | 0,5 | 48 | 3,8   |
| 91 | B050     | B050     | 0,5 | 48 | 3,41  |
| 92 | B050     | B050     | 0,5 | 48 | 2,648 |
| 93 | B050     | B050     | 0,5 | 48 | 3,73  |
| 94 | B050_OPT | B050_OPT | 0,5 | 0  | 9,99  |
| 95 | B050_OPT | B050_OPT | 0,5 | 24 | 5,78  |
| 96 | B050_OPT | B050_OPT | 0,5 | 24 | 4,92  |
| 97 | B050_OPT | B050_OPT | 0,5 | 48 | 3,68  |

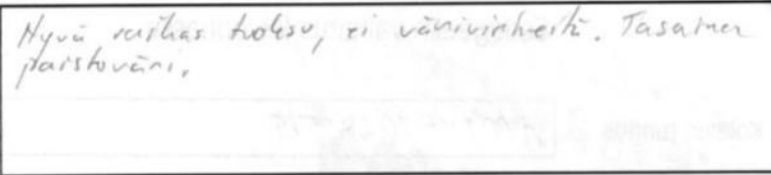
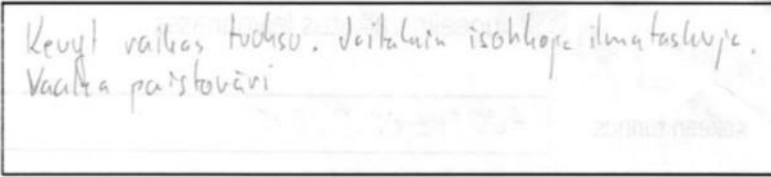
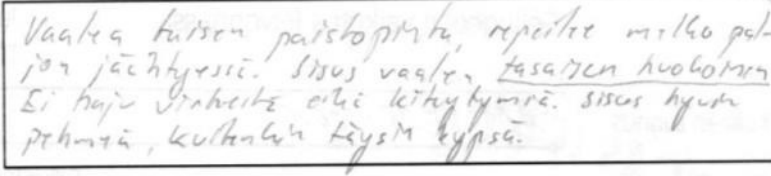
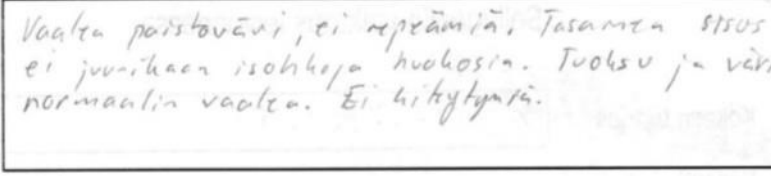
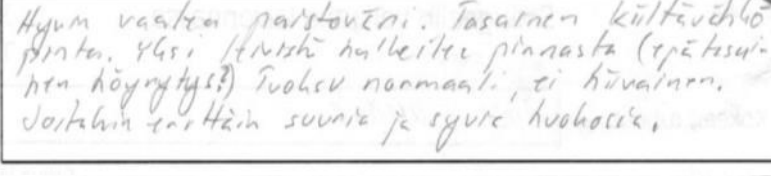
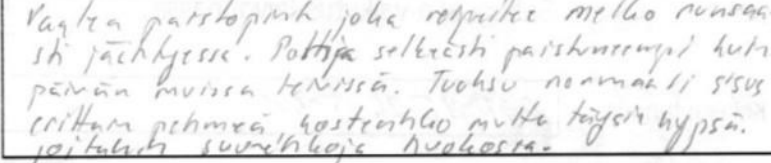
## Aistinvaraiset havainnot

Kun leipien lämpötila oli saavuttanut huoneiston lämpötilan, kirjattiin havainnot leivontapäytäkirjaan. Alla olevassa taulukossa (taulukko 1) on esitettyinä kaikkien leivontaerien havainnot sellaisenaan skannattuina kuvina.

Taulukko 1. Aistinvaraisten havaintojen kasinkirjaukset sellulaaduittain ja pitoisuuksittain.

### Sellulaatu ja kuiva-ainepitoisuus

### Huomiot

|   |     |  |
|---|-----|--|
| A | 001 |    |
| A | 001 |   |
| A | 001 |  |
| A | 001 |  |
| A | 001 |  |
| A | 010 |  |

A 010

Tasainen vaate paistoväri. Vaate rauhastu-  
sainen sisus. Voikahin suuhloja huokosta.  
Kuori tasaisen pehkeän. Pithenullausen kiire  
erottuu sisuksessa. Leikkuvuuden ehkä hiukan kos-  
taa mutta täysin kyllä.

A 010

Kaust raitas huoksu. Hyvä vaate ruokaa  
paistoväri. Voikahin todella suuria kyllä myös  
keskellä kyllä.

A 010

Väri vaate mutta hyvin kyllä. Sisuksessa  
lievä pithenullausen kiirettä. Melko tasainen  
huokotus, sisuksessa ei värivirheitä tai  
kitetyksiä.

A 050

Vaate paistoväri, joka ei hellele jähkyssä.  
Tuoksu raitas, ei kemikaalimainen aromi. Sisus  
tasaisen pehmeä jollain isojen huokosta.

A 050

Paistoväri edellään hyvin vaate, tasainen.  
Tasainen rakenne, hiukan kyllä. Tuoksussa  
hiukan kemikaalimainen "metallia".

A 050

Koe-erän silmämääräisesti arvioiden huonoin rasva.  
Paistoväri vaate, täysin kyllä. Sisus siinä mie-  
n ja huoksu hiukan kemikaalimainen. Sisuksessa kiire-  
ttä jollain melko suuria huokosta. Kuori repeilee  
pöytä jähkyssä.

A 050

Vaate paistoväri tasainen. Melko runsaasti  
repeyhtynyt. Ei huoksu eikä värivirheitä sisus-  
sessa. Pithenullausen "kiire" tuntuu sormissa.  
Voikahin isohloja huokosta.

A 050

Vaate paistoväri. Leikkuvuuden, tasainen  
siinä miehen rakenne, ei isojen huokosta. Sisus-  
sen huoksu ja väri normaali.

A 050

Vaate paistoväri kuten koe-erän muut-  
ten tavat. Sisus pehmeä ja jollain keski-  
kohosta huokosta. Vajaa nousun? Tuoksu  
normaali.

B 001

Vaalempaistopinta, kiiltävä. Hieman pinnan hallowilua. Tasainen kypsä sisus. Laituin yle-  
kolmannellessa runsaasti isoikoja huokosia.  
Ei hirtin tai kemikaalien huokosia.

B 001

Tummahtoa väri, hyvä nousu, joitakin suurehkoja  
huokosia, Tuulus hyvä ja sisäosa väri normaali.

B 001

Kuori hallowilua jäättyessä.  
Hyvä vaalea paistoväri (käsitys). Ei repehtynyt.  
Tasainen väri sisäosassa ja tasaisesti suuren  
huokosia myös pitkin isoja. Lisä pihäruullaus-  
kerro. Ei huokosia vikoita.

B 001

Vaalea paistoväri, tasainen kiiltävä. Tuulus  
raikas. Sisus vaalea, kevyt. Joitakin isoikoja  
huokosia. Hyvä pehmeä.

B 001

Vaalea tasainen paistoväri. Sisäosassa joitakin  
suuria huokosia. Tuulus kevyt ja raikas. Ei  
värivirheitä. Pihäruullaus-  
kerro näkyvä.

B 010

Erittäin vaalea paistopinta. Liiväe repehty  
jäättyessä. Kiiltävä. Puna-  
vaalea, tasainen kypsä. Tasaisesti isoja  
huokosia, Tuulus ei kemikaalien huokosia.

B 010

Voimakkaasti noussut vaalea paistopinta.  
Sisältä kevyt ja raikas suuria huokosia.  
Tuulus normaali, ehkä vähän kislivähtiä?

B 010

Tasainen vaalea paistoväri. Hyvä pehmeä sisus.  
Joitakin erittäin isoja huokosia. Hyvä huokos ei  
värivirheitä tai liiteyhymiä.

B 010

Hyvä vaalea paistoväri, Tasainen kuori.  
Vaalea melko tiivis sisus, joitakin isoikoja  
huokosia. Tuulus raikas "pullamainen"

B 010

Vaalea parstoväri, kuori hahkutte hiukan jäättyneenä. Sisus melko tasainen huokosuu-  
deltaan. Tuolisu kevyt, raikas. Sisus kosteah-  
ko, mutta tiysem hyppä.

B 050

Vaalea parstoväri, kuorissa pinta huokosia  
ala kulumannuksessa. Liivaa hahkutte. Kätien  
kosteanolomien sisus. Tasarren kypsa, sienimäinen,  
mutta joitakin isoja huokosia

B 050

Ensi katsomalta, ehkä parstoväri nousut  
teija. Vaalea tasainen parstoväri. Kuori ei  
hahkutte jäättyneenä. Tuolisu hyvä ei hahkutte-  
teja. Sisus erittäin pehmeä, tasainen ei hahkutte-  
teja.

B 050

Parstoväri, tasainen kokeilleni tyypillisen vaalea  
Pinnassa liivaa hahkutte, sisus tasainen kypsa,  
joitakin isoja huokosia. Tuolussa liivaa kii-  
teyhtiä.

B 050

Hyvin vaalea parstoväri, Vähän repehtynyt.  
Tuolisu normaali, Sisuksen rakenne melko  
tiivis ei juurikaan erohtava isoja huokosia.  
Sisuksessa ei havaittavista väriä.

B 050

Kuori vaalea ja erittäin kiihtävä. Tuolussa  
"pesurättiä", ei kuitenkaan tuntemaan. Sisus joita  
erittäin tiivis. Ei väriä väriä. Hyvin pehmeä.

B 050

Leipä hiukan repehtynyt parstoväri. Kuori kova  
hahkutte jäättyneenä.  
Parstoväri tummempia kuin saman pinnan muu-  
sa kokeissa. 1 mm pitempi parstoväri. Sisus vaalea  
melko tasainen huokosuu, tiivis, tuolisu  
aamishuokosia kiihtävä. Sisus tuntuu kiihtä-  
mään sellään kosteahko, mutta tiysem hyppä.

B 050

Tasarren sienimäinen sisus. Ei väriä väriä.  
Parstoväri vaalea mutta hyvin kiihtynyt. Pinta  
repehtynyt runsaasti.

O 0

Ruukas hyvä tuolisu. Vaalea ruskea väri  
Paljon isoja huokosia, myös kuoren lä-  
hellä.

0 0

Raituus huolus. Ei suuria leoloja, vaalea paristoväri, Täyden lypsänyt.

0 0

Vaalea tasainen paristopinta. Tuoke raitias. Pituussuunnassa betätytynyt leuhelta. Sisus tasaisen lypsä. Voitelun suuretikoja huolosta.

0 0

Paristoväri vaaleampi kuin lesän alussa. Muuten lopputulos hyvin samantainen kuin aikaisemmissa kokeissa. Voitelun hyvin suuria ilmasteluja.

0 0

Hyvin lypsänyt, vaalea paristopinta. Normaalit vaalea sisus. Pihäruutouksen liete erotuu hieman. Voitelun suuretikoja huolosta. Ei hivan tuoksua.

0 0

Vaalea paristoväri kiiltävä. Kuori repeite jähkytyessä. Sisus vaalea, paljon suuretikoja huolosta. Tuoksu lievä, raitias.

0 0

Tasainen hyvin vaalea paristo. Vaalean raitias väri ja huolus sisusta. Voitelun tasainen suuria huolosta.

0 0

Tasainen hyvin vaalea paristoväri. Huoloksen sisus. Ei väri muutoksia, Hyvä huolus