

Veronika Gorodilova

Pakkausmateriaalin vaikutus vuokaleivän säilyvyyteen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Bio- ja elintarviketekniikka

Insinöörityö

11.01.2016

Tekijä(t) Otsikko	Veronika Gorodilova Pakkausmateriaalin vaikutus vuokaleivän säilyvyyteen
Sivumäärä Aika	44 sivua + 18 liitettä 11.01.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Bio- ja elintarviketekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Laadunvalvonta ja tuotekehitys
Ohjaajat	Lehtori Mikko Halsas Laatuasiantuntija Pekka Koivisto
<p>Tämä opinnäytetyö tehtiin asiakasyritykselle, jossa testattiin neljän eripaksuisen pakkausmateriaalin vaikutusta vuokaleivän säilyvyyteen. Työn tarkoituksena oli testata vaihtoehtoisia pakkausmateriaaleja ja tutkia voisiko uusi pakkaus parantaa tuotteen säilyvyyttä. Leivän tuoreustuntuun vaikuttaa leivän pehmeys ja kosteus. Leipien tuoreutta seurattiin kosteusmittauksilla ja mittaamalla leipien pehmeyttä rakennemittarilla. Lisäksi näytteiden pehmeyttä arvioitiin aistinvaraisella arvioinnilla parasta ennen päivänä.</p> <p>Työn kokeellisessa osassa vuokaleipää pakattiin neljään eri pakkaukseen. Leipien kosteuden annettiin tasaantua pakkauksissa yhden vuorokauden ajan. Tämän jälkeen mitattiin eri ikäisistä näytteistä (1d, 3d, 8d) leipien kosteus ja pehmeys, sekä tehtiin aistinvarainen arviointi. Testattavat pakkaukset olivat: nykyisin käytetty 35 µm paksuinen polyeteeni-, 40 µm ja 45 µm paksuiset polyeteenit sekä 20 µm biaksaalisesti orientoitu polypropeeni / 40 µm polyeteeni- yhdistelmäateriaali, joka vaatii kuumasaumurin pussin suljentaan. Tuloksia analysoitiin yksisuuntaisella- ja kaksisuuntaisella varianssianalyysillä.</p> <p>Aistinvaraisen arvioinnin tuloksia analysoitiin Friedmanin testillä.</p> <p>Työn kirjallisessa osassa kerrotaan vuokaleivän valmistusprosessista, leivän vanhenemisesta ja elintarvikepakkausmateriaaleista.</p> <p>Tilastollinen tarkastelu osoitti, että rakennemittauksissa materiaalien paksuudella on eroa, mutta tämä ilmeni vain täysjyväleivällä, jossa oli erien välillä ristiriitaisuuksia, sillä taikinaerien reseptit poikkesivat toisistaan. Paremmen tilastollisen tarkastelun saamiseksi tulevaisuudessa tulee suorittaa rakenteelle lisäkokeita huomioiden, että taikinaerät eivät poikkea toisistaan.</p>	
Avainsanat	Rakennemittaus, kosteuden mittaus, aistinvarainen arviointi, muovi.

Author(s) Title	Veronika Gorodilova Effect of packaging material on the flow of bread shelf life
Number of Pages Date	44 pages + 18 appendices 11 January 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Bio and Food Technology
Specialisation option	Quality control and product development
Instructors	Mikko Halsas, Senior Lecturer Pekka Koivisto, Quality Specialist
<p>This thesis was conducted for a customer company, and the goal of the study was to test four different packaging materials and how they affect the storage life and stability of a product and find out if a new package could improve it. The main factors that influence how fresh the bread feels are softness and dampness.</p> <p>The freshness of the bread was determined with daily moisture measurements and the softness with surveying the structure with a structural gauge. In addition, sensory evaluation was done for every sample on best before date. In the experimental part, toast bread was packed in four different packages followed by a resting period of one day to let the moisture in the breads to stabilize. After this, measurements were taken at different ages (1d, 3d, 8d) to measure moisture and softness. Four different packages tested were: currently used 35 μm thick polyethylene bag, 40 μm and 45 μm thick polyethylene bags and 20 μm biaxially oriented polypropylene / 40 μm polyethylene composite material, which required a hot seamer to close the bag. The results were analyzed with a one and two-way variance analysis. Friedman's test was used for the sensory evaluation.</p> <p>Statistical analysis proved that when measuring the structure of packaged bread, the thickness of the packaging material makes a difference. It is important to note that this result was only supported by wholegrain bread and evidence proves that the dough batches were not consistent. Batches had varied recipes, which may have an effect on the final structural measurements. To further support the hypothesis that the thickness of the packaging material has an effect on how well the packaged bread will preserve, further tests and analyzing is needed. In future tests, the altering dough batches should be taken into account. One solution is to make sure that the batches remain consistent through the testing.</p>	
Keywords	Structural measurements, humidity measurement, plastic.

Sisällysluettelo

1	Johdanto	1
2	VUOKALEIVÄN VALMISTUSPROSESSI	2
2.1	Annostelu ja taikinan teko	3
2.2	Kippaus, paloittelu ja pöyrröriivaus	3
2.3	Välilepo	3
2.4	Pitkärullaus	4
2.5	Nostatus	4
2.6	Paisto	5
2.7	Pakkaaminen	5
3	LEIVÄN VANHENEMINEN	6
3.1	Kemiallinen vanheminen	6
3.1.1	Leivän säilytyslämpötila	6
3.2	Leivän mikrobiologinen pilaantuminen	7
4	MUOVI PAKKAUSMATERIAALINA	8
4.1	Elintarvikepakkausmateriaalien lainsäädäntöä	9
4.2	Polyeteeni	9
4.3	Polypropeeni	10
4.4	Polyeteenitereftalaatti	11
4.5	Polyamidit	12
4.6	Polyvinyylikloridi	12
4.7	Polystyreeni	13
4.8	Biomuovit	14
5	MENETELMÄT JA LAITTEET	15
5.1	Työn tavoite	15
5.2	Koelepien rakennemittaus	16
5.3	Koelepien kosteuspitoisuusmittaus	18
5.4	Aistinvarainen arviointi	19

6	TULOKSET	21
6.1	Kaksisuuntainen varianssianalyysi	21
6.2	Kovuusmittausten tulokset	22
6.3	Kosteusmittausten tulokset	31
6.4	Aistinvaraisen arvioinnin tulokset	34
6.4.1	Friedman- testi	35
6.4.2	Box and Whisker	35
7	Yhteenveto ja johtopäätökset	40
	Lähteet	42

Liitteet

Liite 1. Aistinvaraisen arvioinnin lomake

Liite 2. Kovuusmittausten tulokset

Liite 3. Kosteusmittausten tulokset

Liite 4. Aistinvaraisen arvioinnin tulokset

Liite 5. D-laminaattipakkauksessa hikoilleita leipiä

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö tehtiin Fazer Leipomot Oy:lle. Fazer Leipomoiden tuotevalikoimaan kuuluu niin uunituoretta kuin pakattua päiväntuoretta leipää, pakasteita ja pitkään säilyviä tuotteita. Fazer on johtava leipomoyritys Suomessa, Pietarissa ja Moskovassa, minkä lisäksi yrityksellä on vahva asema myös Ruotsin ja Baltian maiden markkinoilla. Fazer Leipomot kuuluvat elintarvikekonserniin, johon kuuluvat myös Fazer Makeiset ja Fazer Food Services. Tämän lisäksi konserniin kuuluvat Fazer Mylly ja Fazer Café -palveluyritykset. Fazer-konsernin liikevaihto oli vuonna 2014 lähes 1 650 miljoonaa euroa. [1, 2]

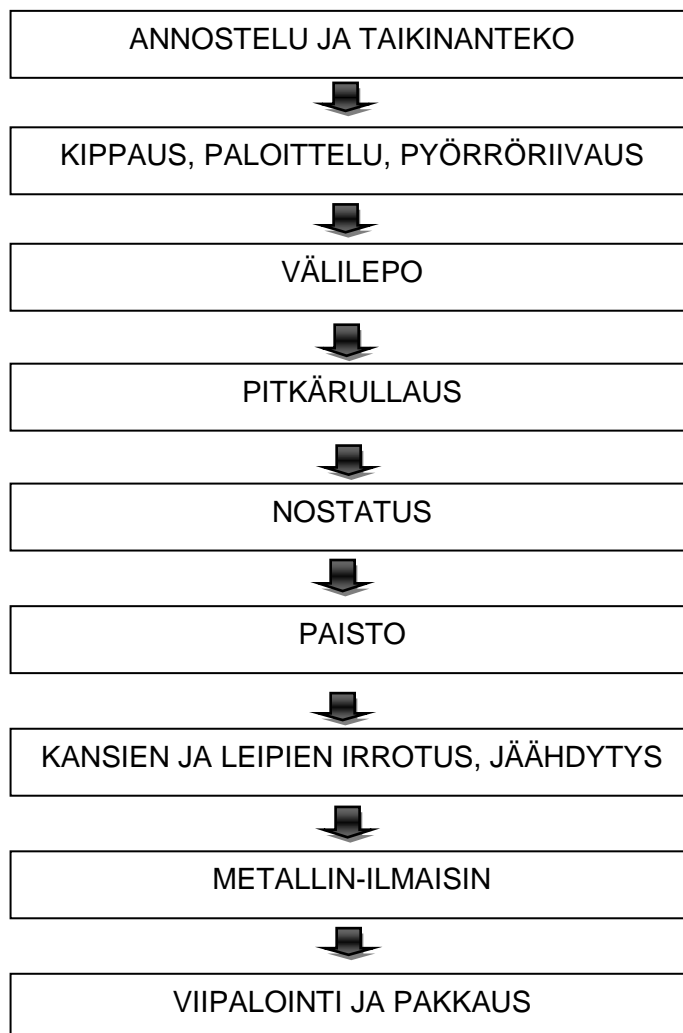
Leivän vanheneminen on monimutkainen prosessi. Vaikka vanhenemisen mekanisme ei ole vielä täysin ymmärretty, tiettyjä ideoita on hyväksytty, kuten tärkkelyksen, erityisesti amylopektiinin uudelleen kiteytymisen tärkeä rooli. Tärkkelyksen lisäksi myös gluteenin proteiinit vaikuttavat leivän vanhenemiseen, sekä niiden välisellä gluteeni-tärkkelys vuorovaikutuksella on oma merkityksensä. Näiden kahden päätekijän lisäksi myös kosteuden siirtyminen vaikuttaa leivän vanhenemiseen. [Gray, Bemiller, s. 6]

Pakkausmateriaalilla on suuri vaikutus leivän vanhenemisnopeuteen. Pakkauksen päätehtäviä ovat tuotteen suojaaminen ja säilyttäminen. Leivän vanheneminen alkaa kuivumisesta ja tuoksun heikkenemisestä. Kosteuden haihtumisen estää muovipakkaus. Muoveilla on eri läpäisyominaisuuksia, joista tärkeimpiä suojaominaisuuksia ovat vesihöyryn ja hapen läpäisevyys. Muovit ovat kemiallisesti valmistettuja materiaaleja ja niiden soveltuvuudesta elintarvikkeisiin tulisi perehtyä elintarvikelainsäädäntöön. Elintarvikepakkausmateriaaleja on myös testattava, soveltuuko materiaali pakattavalle tuotteelle ja mitkä suojausvaatimukset on pakattavalla tuotteella. [evira]

2 VUOKALEIVÄN VALMISTUSPROSESSI

Vehnäleipätaikinän perusraaka-aineet ovat vesi, vehnä jauho, suola ja hiiva. Onnistunut leivontaprosessi perustuu raaka-aineiden sekoitukseen ja optimaaliseen vaivaukseen. Lisäksi tärkeitä tekijöitä ovat hyvät raaka-aineet ja niiden oikea varastointi, reseptien mukaiset ainesuhteet sekä optimaaliset prosessiolosuhteet. [Auvinen, s. 81] Leivän valmistusprosessin eri vaiheissa taikinassa tapahtuu useita muutoksia. Leivontaprosessin lopputuotteeksi pyritään saavuttamaan kevyt ja ilmava leipä, jonka kaasukuplat ovat tasakokoisia.

VUOKALEIVÄN PROSESSIKAAVIO



Kuva 1. Vuokaleivän prosessikaavio.

2.1 Annostelu ja taikinan teko

Taikinan valmistuksessa tavoitteena on saada aikaan mahdollisimman paljon pieniä ilmarakkuloita ja vahva sitkoverkosto. Taikinanteko perustuu: 1) raaka-aineiden sekoittamiseen hitaalla sekoitusvauhdilla ja 2) taikinan vaivamiseen nopealla vauhdilla. Vaivauksen aikana ainekset, kuten tärkkelys, liukoinen kuitu ja sitkoproteiinit vettyvät ja sitovat vettä, minkä seurauksena jauhojen entsyymit (amylaasit ja proteaasit) aktivoituvat ja pilkkovat tärkkelystä sokereiksi. Vaivattessa jauhun proteiinit: gluteniini ja gliadiini, turpoavat muodostaen sitkosäikeitä. Taikinan kypsyessä sitkosäikeet liittyvät yhteen muodostaen kolmiulotteisen verkoston eli sitkon, jossa tärkkelysjyvät ovat tasaisesti sekoittuneet. [Häggman, s. 124] Hyvä sitko parantaa leivän säilyvyyttä vedensidontakykynsä vuoksi. Taikinaa vaivatessa sitkoon sekoittuu ilmaa, josta muodostuu kaasurakkuloiden alkioita. Niiden määrä ratkaisee taikinan huokoisuuden ja kohoamisen. [Parkkinen, Rautavirta, s. 76, 90]

2.2 Kippaus, paloittelu ja pöyrröriivaus

Taikinan sekoituksen jälkeen pata siirretään kippilaitteelle, josta padan sisältö kipataan paloittelulaitteeseen, missä taikina paloitellaan halutun painoisiksi paloiksi, jotka pyöröriivataan ennen välilepoa. Pyöröriivauksen aikana taikinan ilmakuplat jakautuvat tasaisiksi ja taikina muotoutuu sileäksi palloksi.

2.3 Välilepo

Lepovaiheen anaerobisessa tilassa hiiva pilkkoo sokeria ravinnokseen ja vapauttaa taikinaan alkoholia ja hiilidioksidia, mistä seuraa taikinan kohoaminen. Taikinaan syntyy erilaisia makuaineita, jotka vaikuttavat aromiin ja makuun; alkoholeja, orgaanisia happoja, aldehydejä ja ketoneita ja proteiinien hajomistuotteita. Vaivauksen aikana alkanut taikinanesteen imeytyminen jauhopartikkeleihin jatkuu taikinalevon ajan, jolloin taikina kiinteytyy ja sen muokattavuus paranee. [Häggman, s. 125]

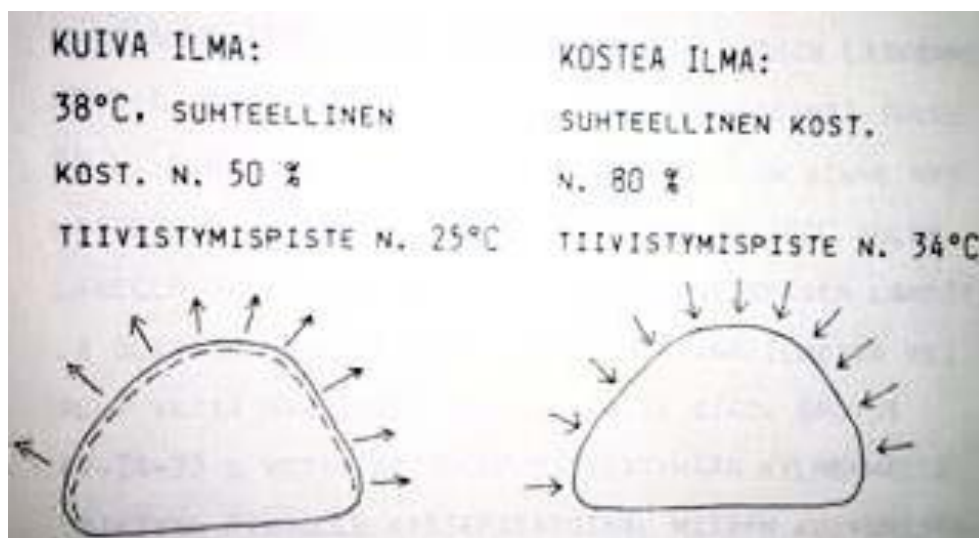
2.4 Pitkärullaus

Pitkärullauksessa pyöreä taikinapala muokataan pitkäksi, jonka aikana taikinan kaasukuplat jakaantuvat. Kun leipätaikinaa muokataan toistuvasti, gluteeni muodostaa taikinan elastisuutta lisäävän verkoston. Pitkärullauksen jälkeen taikina muotoillaan tarpeen vaatiessa lopulliseen muotoonsa. [Saarela, s. 124]

2.5 Nostatus

Hiivan tuottama hiilidioksidi lisää taikinapalojen tilavuutta. Ensin hiivan tuottama kaasu kyllästää taikinan vesifaasin hiilidioksidilla, sitten hiilidioksidia vapautuu vaivauksen aikana syntyneihin ilmakehisiin. [Häggman, s. 126] Vuokaleivän nostatus tapahtuu 40–42 °C:n lämpötilassa ja noin 80 %:n kosteudessa.

Nostatuksen kosteus on välttämätön, jotta taikinan pinta ei kuivu ja estä leivän kohoamista. Taikinan pinnan tulee joustaa repeämättä niin paljon kuin hiiva lisää leivän tilavuutta. Nostatuskaapin lämpötilan olessa noin 25 °C ja suhteellisen kosteuden 50 % ilma sisältää noin 10 grammaa vesihöyryä/kilogramma kuivaa ilmaa. Nostatuskaapin lämmin ilma voi sitoa melko suuren määrän vettä. Jos ilmaan ei tule muualta vettä, se ottaa sen taikinasta, mistä seuraa taikinan pinnan kuivuminen ja kuorettuminen. Lämpökaapin ilmaa ei saa myöskään kostuttaa liikaa, koska silloin liian kostea ilma voi tiivistyä taikinan pinnalle ja lopputuloksena on märkä pinta. [Korhonen, s. 25, 26]



Kuva 2. Taikinan pinta kuivuu kuivassa ilmassa ja vetistyy liian kosteassa ilmassa. [Korhonen, s.26]

2.6 Paisto

Vuokaleipää paistaessa paistolämpötila ja paistoaika pyritään säätämään sellaisiksi, että vettä haihtuisi mahdollisimman vähän. Paistoaajan lisäyksellä paistolämpötilaa voidaan mahdollisesti alentaa. Kullanvärisen pinnan muodostuminen saadaan aikaan esimerkiksi sokerin lisäyksellä tai säätämällä paistohöyryä. [Kulhomäki, Salovaara, s. 50]

Paiston aikana taikina kasvaa tilavuudeltaan kolmanneksen koko taikinatilavuudesta. Jos taikinan kaasunpidätyskyky ja rakenteen laajenemiskyky eivät ole riittävät, tuote saattaa lässähtää. Leivonnaisen lopullinen rakenne syntyy, kun hiilidioksidi laajenee, alkoholi höyrystyy ja laajenee, sitko denaturoituu, ja vapautuva vesi sitoutuu liisteröityvään tärkkelykseen. Liisteröityminen ei ole leivässä täydellistä, koska leivän sisältämä vesimäärä on siihen liian pieni. [Häggman, s.126–127]

2.7 Pakkaaminen

Uunista tulleet vuoat siirtyvät leipäimuriin, jossa imuri irrottaa leivät vuuista ja siirtää ne kuljetinta pitkin jäähdytysspiraaliin. Spiraalin 70 minuutin jäähdytyksen jälkeen leivät viipaloidaan ja pakataan koneellisesti. Pussituskoneessa ilmavirta avaa pussin ja kone työntää leivän siihen. Pussit suljetaan ja ne siirtyvät laatikoitaviksi ja edelleen lähettämöön.

3 LEIVÄN VANHENEMINEN

3.1 Kemiallinen vanheminen

Leivän laatua heikentäviä muutoksia alkaa tapahtua heti paistamisen jälkeen. Jäähtymisen aikana leipä kuivuu ja suuri osa sen aromeista haihtuu. Leivän vesi siirtyy sisuksesta kohti kuorta, jolloin kuori menettää rapeutensa, samalla leivän kosteus- ja lämpötilaerot tasoittuvat. [Kulhomäki, Salovaara, s. 44] Ilmatiiviissä pakkauksessa, kuten muovipussissa leivän suhteellinen kosteus nousee ja aiheuttaa kuoren pehmenemisen. Paperipussissa leipä kuivuu nopeasti, mutta tasaisemmin ja kuori pysyy rapeana. [Parkkinen, Rautavirta, s. 89]

Kahdessa päivässä leipä muuttuu vanhaksi, vaikka leipä olisi ollut koko ajan hyvin pakattuna kaasutiiviiseen materiaaliin eikä kosteutta olisi päässyt haihtumaan. Tämä johtuu siitä, että leivän liisteröitynyt tärkkelys pyrkii pois liisteröityneestä muodosta kidemäiseksi, tätä ilmiötä kutsutaan tärkkelyksen retrogradaatioksi. Tärkkelyksen kiteytymisen johtuu vedesidontakyvyn heikkenemisestä, jolloin sisus menettää tuoreutensa ja muuttuu hauraaksi ja murenevaksi. Leipä on edelleen kuitenkin täysin syötävää. [Kulhomäki, Salovaara, s. 44] Mitä täydellisemmin tärkkelys on liisteröitynyt paistossa, sitä hitaammin leipä vanhenee. [Parkkinen, Rautavirta, s. 90]

3.1.1 Leipän säilytyslämpötila

Uunituore leipä pysyy tuoreen tuntuksena vain sen ajan, kun leipä jäähtyy huoneenlämpöiseksi. Lämpötilalla on suuri vaikutus leivän vanhenemisnopeuteen. Leipän kemiallinen vanheneminen on nopeinta -4 - +4 °C:ssa. Leipä tulisi säilyttää huoneenlämmössä eli yli +22 asteessa, jotta se säilyisi mahdollisimman pitkään. [3] Toinen hyvä leivän vanhenemisen hidastuskeino on nopea pakastaminen. Pakastettuna leivän rakenne, ravintoarvo ja ulkonäkö pysyvät lähes muuttumattomina, sillä -7 °C:n alapuolella tärkkelyksen veden luovuttaminen tapahtuu hyvin hitaasti tai loppuu kokonaan. Vuosina 1927 ja 1928 Alsberg huomasi, että vanhan leivän lämmittäminen yli 50 °C:seen voi palauttaa sen alkuperäisen tuoreuden. Leipää voi myös säilyttää kolmen vuorokauden ajan 70 °C:ssa, koska silloin ei tapahdu tärkkelyksen uudelleenkiteytymistä. Leipän lämmittämällä on todettu amylopektiinin olevan tärkein tekijä tärkkelyksen vanhene-

misessa, sillä tärkkelyksen degeneroitunut amyloosi ei sulanut tässä lämpötilassa. [Knightly 1977]

3.2 Leivän mikrobiologinen pilaantuminen

Leipä ei ole mikrobiologisesti erityisen herkästi pilaantuva elintarvike. Leipän pilaantumisen aiheuttavat yleensä homesienet tai rihmatautia aiheuttava bakteeri, *Bacillus subtilis*. Bakteerien ja hiivojen kasvu estyy, koska leivän vesiaktiivisuus (*aw*) eli vapaan veden määrä on suhteellisen matala. Useat homeet pystyvät kasvamaan sellaisissa olosuhteissa, joissa käytettävissä oleva vesimäärä ei riitä bakteerien tai hiivojen kasvuun. Uunista tullut homeeton leipä altistuu ilman tai kosketuspintojen homeitiöille, jotka kasvavat homepesäkkeiksi tai -rihmastoiksi. Itiöt pääsevät kasvamaan, kun leivän kosteuden haihtuminen estyy, silloin leivän vesiaktiivisuus nousee noin 0,85–0,95 yksikköön. [9] Hyvällä hygienialla voidaan vähentää itiöiden määrää valmiin leivän pinnalla. [Kulhomäki, Salovaara, s. 45]

Taulukko 1. Leipän homehtumisalttiutta lisäävät ja vähentävät tekijät. [Kulhomäki, Salovaara, s. 46]

Homehtumisalttiutta lisäävät leivän	Homehtumisalttiutta vähentävät
- suuri kosteuspitoisuus	- siisteys ja hyvä järjestys ja puhtaus leipomossa
- pakkaaminen lämpimänä kuljetuslaatikoihin	- nopea ja riittävä leivän jäähdytys ennen pakkaamista
- viipalointi	- riittävä paisto, paksu kuori
- ohut, rikkonainen kuori	- juuritaikinoiden käyttö (happamampi taikina)
- huono tuotantohygienia	- säilöntäaineiden (homeenestoaineiden) käyttö

4 MUOVI PAKKAUSMATERIAALINA

Ensimmäiset muovit olivat luonnonmuoveja ja niiden valmistukseen käytettiin luonnon omia raaka-aineita, kuten puun selluloosaa, glukoosia ja maidon kaseiinia. Kaseiinia eli maidon proteiinia käytettiin jo faaraoiden aikana side- ja liima-aineena. Öljynjalostuksen kehittymisen ansiosta Justus von Liebig valmisti vuonna 1835 vahingossa vinyylikloridia, joka on polyvinyylidikloridin (PVC) raaka-aine, mutta vasta vuonna 1936 vinyylikloridista opittiin valmistamaan PVC:tä. Muita merkittäviä öljypohjaisia muovikeksintöjä ovat polystyreeni (PS) 1930, polyesterit 1936, polyeteeni (PE) 1939, epoksimuovit (EP) 1947, akrylinitriili-butadieeni-styreeni (ABS) 1948, polypropeeni (PP) ja polykarbonaatti (PC) 1957. [Malen, s.11–12]

Muovien pääraaka-aineet valmistetaan toistaiseksi lähinnä öljystä, tosin vain noin 4 % maailman öljytuotannosta käytetään muoviteollisuuteen. Polymeerien runkona on yleensä hiili, johon on sitoutunut vety, kloori- ja tai fluoriatomeja. Polymeerit syntyvät pienistä molekyyleistä, monomeereistä, jotka liitetään yhteen ketjuksi additiopolymeeroinnilla tai kondensaatiopolymeeroinnilla. Polyadditiossa monomeerien kaksoissidokset aukeavat ja monomeerit liittyvät yhteen. Kondensaatiopolymeeri muodostuu kahdesta vuorottelevasta monomeeristä. Kondensaatioreaktiossa funktionaalisia ryhmiä sisältävät molekyylit liittyvät yhteen, jolloin liittymiskohdasta lohkeaa pois jokin pienimolekyylinen aine, kuten vesi. Polymeerien ketjujen pituutta pystytään säätämään muuttamalla valmistusprosessin olosuhteita, kuten painetta, lämpötilaa, kiertonopeutta ja käyttämällä katalyytteja. Polymeerien joukkoon lisätään erilaisia lisäaineita, kuten pehmittimiä tai täyteaineita, jotka parantavat muovien kestävyttä, lujuutta ja työstettävyyttä. [Malen, s. 25-26]

Muovien ominaisuuksia ovat keveys, kestävyys, muokattavuus sekä se, että muovit eivät sirpaloidu, eivätkä ime kosteutta. Muoveista saadaan erilaisia rakenteita: ohuita, läpinäkyviä tai peittäviä ja painokelpoisia. Pakkausmateriaali valitaan pakattavan tuotteen vaatimuksen perusteella, kuten rasvaisille tuotteille rasvaa läpäisemätön materiaali. Pakkauksen perustehtäviin kuuluu suojata, säilyttää, mahdollistaa jakelu, kertoa tuotteesta, sisältää tuote, lisätä käyttömukavuutta ja olla myyvä. [Järvi-Kääriäinen, Ollila, s. 9]

4.1 Elintarvikepakkausmateriaalien lainsäädäntöä

Pakkausmateriaalien on oltava Euroopan unionin alueella tarkoitukseen hyväksytyjä. Kaikkien elintarvikkeiden kanssa suoraan tai välillisesti kosketukseen joutuvien materiaalien tai tarvikkeiden on oltava riittävän inerttejä, jotta niistä ei pääse siirtymään elintarvikkeeseen mitään aineita sellaisia määriä, jotka voivat vaarantaa ihmisten terveyden, aiheuttaa sopimattomia muutoksia elintarvikkeen koostumuksessa tai heikentää elintarvikkeen aistinvaraisia ominaisuuksia. Pakkaajan tulee selvittää pakkauksen valmistajan kanssa, sopiiko kyseinen pakkausmateriaali pakattavalle tuotteelle kyseisissä olosuhteissa. Muoveilla tämä tarkoittaa sitä, että monomeeritasolta lähtien lähtöaineiden on oltava hyväksytyjä. Elintarvikepakkausmateriaalin tulee soveltua elintarvikekosketukseen. Ei ole sallittua saattaa elintarvikkeiden kanssa kontaktiin tuotetta, joka on selkeästi valmistettu johonkin muuhun käyttöön, vaikka raaka-aine olisikin säädösten mukainen. Pakkausmerkintöjen täytyy olla selkeitä eikä kuluttajaa saa johtaa harhaan, lisäksi tulee ilmoittaa materiaalin mahdollisista käyttörajoituksista. On tärkeää, että jokainen valmistusketjun yritys pyytää tavarantoimittajiltaan kirjallisen selvityksen, vakuutuksen tai todistuksen tuotteen elintarvikekelpoisuudesta määritellyyn käyttötarkoitukseen. [evira]

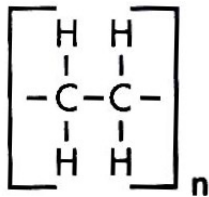
4.2 Polyeteeni

Polyeteeni on yksi yksikertaisimmista ja halvimmista polymeereistä. Se on myös maailman käytetyin muovin polymeerinen raaka-aine. Polyteenimolekyylit sisältävät vain hiili- ja vetyatomeja. Polyeteenit jaetaan niiden tiheyksien mukaan ja sen päätyypit ovat 1) pienitiheyspolyeteeni PE-LD, jonka erikoismuotoja ovat lineaarinen pienitiheyspolyeteeni PE-LLD ja polyeteenin kopolymeerit E/VAC (eteeni/vinyyliaasettaatti), E/VAL (eteeni/vinyylialkoholi) ja E/BA (eteeni/buteeniakrylaatti), 2) keskitiheyspolyeteeni PE-MD ja 3) suuritiheyspolyeteeni PE-HD. Näiden muovityyppien lisäksi on vielä erikoislajit, kuten suurimolekyylinen polyeteeni PE-HMW ja ultrasuurimolekyylinen polyeteeni PE-UHMW. [Järvinen, s. 20]

Näistä PE-LD ja PE-HD ovat käytetyimpiä elintarvikepakkausmateriaaleja. Vuonna 1933 ICI:n laboratoriossa polymeroitiin polyeteeniä, jonka reaktio vaati hyvin korkeat paineet. Se oli niin sanotusti korkeapainemenetelmän alku, josta tällä menetelmällä valmistettu polyeteeni sai nimensä PE-LD (low density polyethylene). [Järvi-Kääriäinen,

Ollilla, s. 91] PE-LD on hydrofobinen aine, joka estää hyvin vesihöyryn läpäisevyyttä, mutta se on melko huono aromi-, happi- ja rasvasuoja. PE-LD eli matalatiheysinen polyeteeni on pehmeää muovia, jolla on hyvät kuumasaumausominaisuudet. Sitä käytetään muun muassa muovipusseissa ja kalvoissa, kuten erilaisissa kutiste- ja kiristepakkauksissa. PE-LD on sitkeää, läpinäkyvää ja vesihöyrynkestävää muovia. [10]

Vuonna 1950 Saksassa professori Zieglerin ja Italiassa professori Nattan johdolla oli kehitetty toinen tärkeä polymerointimenetelmä, jossa yhden barin paineessa käytettiin katalysaattoreina organometallisia yhdisteitä. [Järvi-Kääriäinen, Ollila, s. 92] PE-HD eli korkeatiheysisestä polyeteenistä syntyi lujaa ja jäykkää, rapisevaa ja sameaa muovia, joka kestää hyvin lämpöä ja rasvaa. Suuremman tiheydensä vuoksi PE-HD:n kaasunläpäisevyys on pienempi kuin PE-LD:llä. [Järvinen, s. 24] PE-HD:stä valmistetaan muovipusseja ja kantavia muotokappaleita, kuten pulloja ja kanistereita, sekä lujuutta vaativia tuotteita, kuten juomakoreja.

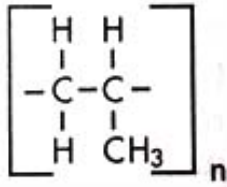


Kuva 3. Polyeteenin toistuvan yksikön rakennekaava. [Kuva: Järvi-Kääriäinen, Ollilla, s. 91]

4.3 Polypropeeni

Polypropeenia (PP) syntyy sivutuotteena öljynjalostuksessa ja rinnakkaistuotteena eteenin valmistuksesta. [Seppälä, s. 176] Polypropeeni muistuttaa ominaisuuksiltaan polyeteeniä, mutta siitä saadaan kirikkaampia, ratisuvia kalvoja ja se kestää kuumuutta melko hyvin. Toisaalta se on kylmänkestävyydeltään huonompi kuin polyeteenit. Kaasujen läpäisevyysarvot vastaavat likimäärin PE-HD arvoja. [Järvi-Kääriäinen, Ollilla, s. 93] Polypropeenilla on parempi rasvan- ja kemikaalinkestävyys kuin polyeteenillä. Lukuisten tertiääristen hiiliatomien vuoksi polypropeeni kestää huomattavasti UV-säteilyä ja ilman hapen vaikutusta kuin polyeteeni, minkä vuoksi siihen on aina lisättävä stabilisaattoreita. [Seppälä, s. 178] Polypropeenin käyttökohteita ovat muun muassa biaksiaalisesti orientoidut kalvot, makeis- ja leipäpakkaukset, paperipussien ikkunat, jogurttitölkit, puhalletut pullot ja kanisterit, erilaiset yhdistelmä materiaalit, kuten esimerkiksi perunalastuspussit. Biaksiaalisesti orientoitu polypropeenikalvo eli BOPP-kalvo on

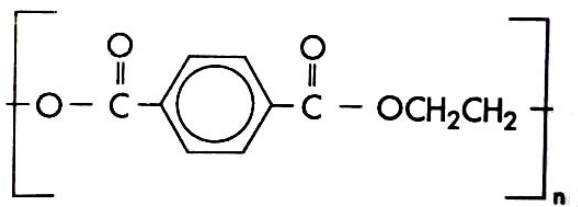
sellofaanikalvo. Sen ainutlaatuinen ominaisuuksia ovat kutistuminen, avoimuus, ja saumautuvuus. Se ei sovellu pakkastuotteille huonon pakkaskestävyyden takia. [Järvi-Kääriäinen, Ollila, s. 94]



Kuva 4. Polypropeenin toistuvan yksikön rakennekaava. [Kuva: Järvi-Kääriäinen, Ollila, s. 93]

4.4 Polyeteenitereftalaatti

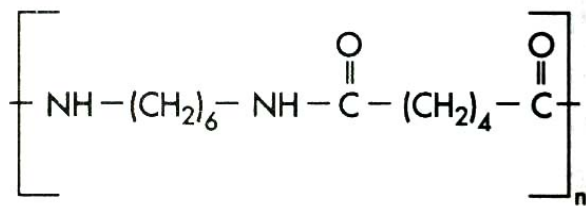
Polyeteenitereftalaattia (PET) valmistetaan polymerisoimalla tereftalaattihappoa ja eteeniglykolia. [Sorsa, s. 208] PET:stä on olemassa sekä osakiteinen (PET-C) että amorfinen (PET-A) tyyppi. Amorfinen PET on lasinkirkas ja taipuisa, sitä käytetään enimmäkseen virvoitusjuomapullojen valmistukseen puhallusmuovaustekniikalla. [Järvinen, s. 42] Polymeeri soveltuu myös erinomaisesti vahvojen kalvojen ja kuitujen valmistukseen. [Seppälä, s. 207] Polyeteenitereftalaatista voidaan myös valmistaa uuninkestäviä annospakkauksia.



Kuva 5. Polyeteenitereftalaatin toistuvan yksikön rakennekaava. [Kuva: Järvi-Kääriäinen, Ollila, s. 97]

4.5 Polyamidit

Polyamidit ovat suuri ryhmä erilaisia muoveja, jotka voidaan erottaa toisistaan nimen lopussa olevalla toistuvan jakson hiiliatomien lukumäärällä. [Järvinen, s.48] Lyhenteen PA jälkeen tulevat luvut kertovat joko kummankin raaka-aineen hiiliatomien lukumäärän (PA 66) tai yhden lähtöaineen hiiliatomien lukumäärän (PA 6). [Seppälä, s. 212] Nestemäisiä tai pehmeitä polyamideja valmistetaan pitkäketjuisista hapoista, kuten dimeroiduista rasvahapoista ja pitkäketjuisista diamiineista. [Seppälä, s. 212] Ylivoimaisesti käytetyimmät polyamidit ovat osakiteiset PA 6 ja PA 66. Polyamideja käytetään useimmiten yhdessä muiden polymeerien kanssa. Polyamidit ovat kirkkaita ja sitkeitä haju- ja makubarriereja, joilla on alhainen hapen läpäisevyys ja hyvä lämmönkesto. [Järvi-Kääriäinen, Ollila, s. 98] Polyamideja käytetään erityisesti tekstiilikuitujen valmistukseen PA 66 (nailon) ja lujuutta vaativiin kohteisiin, kuten leikkuulautoihin. Ohuina kerroksina sitä käytetään erilaisissa yhdistelmäateriaaleissa, esimerkiksi polyeteeniin yhdistettynä, kuten lihan tyhjiökypsytyksessä. [Järvi-Kääriäinen, Ollila, s. 98] Lisäksi sitä käytetään pakkauskalvoina öljyjä ja rasvoja varten. [Seppälä, s. 215]

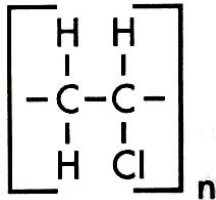


Kuva 6. Polyamidin toistuvan yksikön rakennekaava. [Kuva: Järvi-Kääriäinen, Ollila, s. 98]

4.6 Polyvinyylikloridi

Polyvinyylikloridia (PVC) käytetään enimmäkseen rakennusteollisuudessa, mutta hyvien ominaisuuksien vuoksi myös pakkauksissa. PVC:n valmistus alkaa vinyylikloridimonomeerista, jota valmistetaan klooraamalla eteenikaasua. Lopputuotteiden vaatimuksista riipuen PVC:tä valmistetaan eri menetelmillä: suspenssiopolymeroinnilla, emulssiopolymeroinnilla ja massapolymeroinnilla. Suspenssiopolymeroinnissa valmistettua PVC:tä käytetään pakkaustarkoituksiin, kuten kalvoihin ja pulloihin. Pehmitettyä PVC:tä käytetään kutiste ja käärintäkalvoina, kuten lihan ja lihajalosteiden, hedelmien ja vihannesten pakkaamiseen. Suomessa polyvinyylikloridin käyttö on hyvin vähäistä

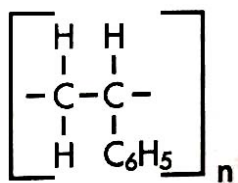
kauppaketjujen kieltämisen takia. Sitä suositellaan käytettäväksi vain sellaisiin pakkauksiin, joissa se on hyvin perusteltavissa ja välttämätöntä. PVC:n polttamisesta vapautuu kloorivetyä, joka liukenee veteen happona ja aiheuttaa ympäristölle korroosiota. [Järvi-Kääriäinen, Ollilla, s. 96]



Kuva 7. Polyvinyylikloridin toistuvan yksikön rakennekaava. [Kuva: Järvi-Kääriäinen, Ollilla, s. 96]

4.7 Polystyreeni

Polystyreenit jaetaan: lasinkirkkaaseen polystyreeniin (PS) ja iskunkestävään polystyreeniin (S/B eli PS/HI) sekä solupolystyreeniin (PS/E) ja kopolymeereihin (ABS, SAN). Polystyreenit valmistetaan joko massa- tai suspenssiopolymeroinnilla. Polystyreenituotella on korkea vesihöyryn- ja hapenläpäisevyys. PS, S/B ja PS-E ovat erittäin tärkeitä pakkausteollisuudessa. PS:ä käytetään kirkkaiden pikareiden valmistamiseen. Polystyreenituotteita ovat syvävedetyt ja ruiskuvaletut pikarit ja kupit, kuten kertakäyttölasit. PS-E:n erinomaisia lämpöeritysominaisuuksia käytetään hyväksi kylmien ja lämpimien elintarvikkeiden kuljettamisessa. Polystyreenisolumuovia käytetään myös irtotyynyinä vaimentaessa pakkausten iskuja. [Järvi-Kääriäinen, Olliala, s.95]



Kuva 8. Polystyreenin toistuvan yksikön rakennekaava. [Kuva: Järvi-Kääriäinen, Ollilla, s. 95]

4.8 Biomuovit

Biopolymeereja valmistetaan uusiutuvista raaka-aineista. Lopputuote hajoaa mikrobien, entsyymien ja kosteuden vaikutuksesta vaarattomiksi pienimolekyylisiksi yhdisteiksi. Biopolymeerit jaetaan synteettisiin ja luonnon polymeereihin. [Järvi-Kääriäinen, Ollila, s. 99] Suurin osa synteettisistä biopolymeereistä on estereitä, niistä tärkeimpiä luonnon raaka-aineisiin perustuvia ovat: polylaktidi (PLA) ja polyhydroksibutyraatti/valeraatti (PHB/V), polyklykolidi (PGA), polyprolaktoni (PCL) sekä polyesteriamidipohjaiset (PEA) polymeerit. Luonnon polymeerejä ovat muun muassa polysakkaridit kuten tärkkelys ja selluloosa, ligniini, sellakka ja luonnonkumi ja proteiinit, kuten kollageeni, kaseiini ja silkki. [Järvinen, s. 58] Biohajoavia muoveja valmistetaan esimerkiksi maissitärkkelyksestä. Niiden tekniset ominaisuudet ovat heikompia kuin muovien yleensä, mutta niitä käytetään erityisesti kohteissa, joissa halutaan välttää luonnossa hajoamattomia pakkauksia, joiden raaka-aineena on uusiutumaton maaöljy. Lääkkeiden kapselikotelossa käytettävien biopolymeerien on sovittava yhteen elimistön kanssa ja niiden hajoamistuotteen on oltava mielellään elimistön omia ainesosia.

5 MENETELMÄT JA LAITTEET

5.1 Työn tavoite

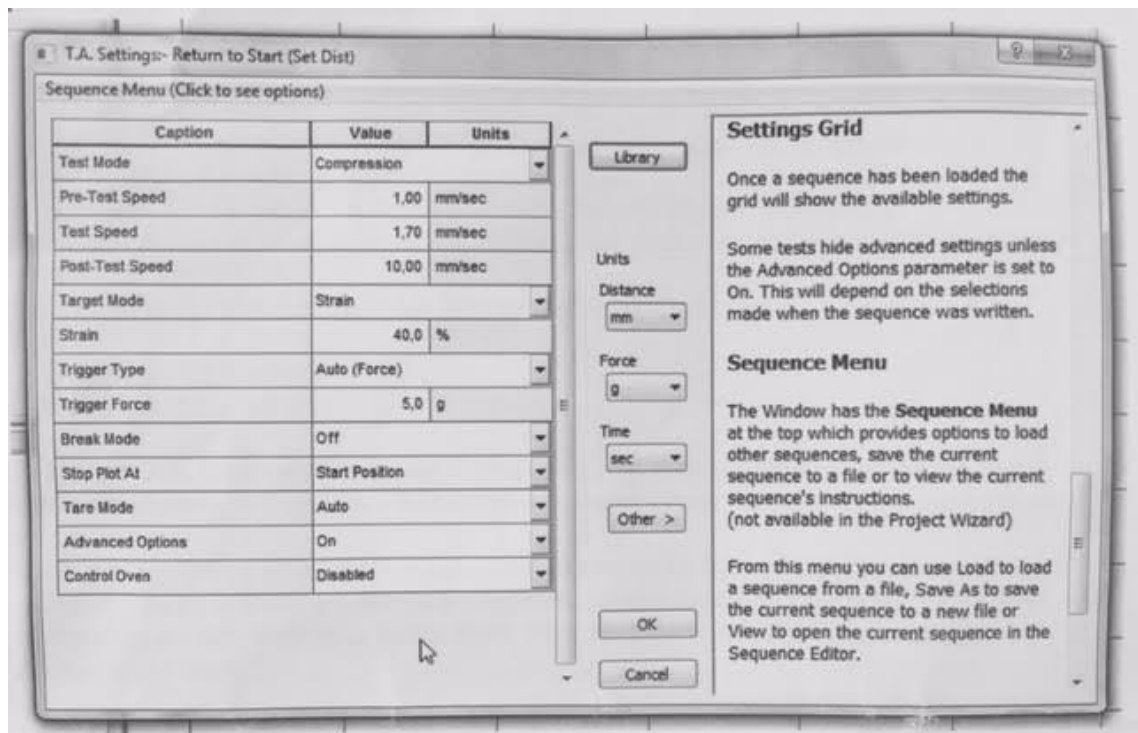
Työn tavoitteena oli testata vaihtoehtoisia pakkausmateriaaleja ja tutkia voisiko uusi pakkaus parantaa tuotteen säilyvyyttä. Työn tehtävänä oli vastata kysymykseen, onko pakkausmateriaalien tulosten keskiarvojen välillä tilastollisesti merkitsevää eroa. Leipien tuoreutta seurattiin kosteusmittauksilla ja mittaamalla leipien pehmeyttä rakenne-mittarilla. Lisäksi näytteiden pehmeyttä arvioitiin aistinvaraisella arvioinnilla parasta ennen päivänä.

Työn kokeellisessa osassa vuokaleipää pakattiin neljään eri pakkaukseen. Ensin leivät pakattiin koneellisesti nykyisin käytössä oleviin pusseihin, minkä jälkeen leivät siirrettiin käsin kolmeen eri näytepakkaukseen. Osa leivistä jätettiin normaalipakkauksiin vertailunäytteeksi. Käsinpakkaaminen uuteen pakkaukseen perustui leivän pujottamiseen toisen pussin kaula-aukosta sisään kontaminaatoriskin välttämiseksi. Laminaattipakkaus muotoiltiin käsin, jolloin siitä tuli samanmittainen kuin tavallinen pussi, mutta sulkeminen tapahtui saumauskoneella. Pussi piti avata repimällä sauman kohdalta. Pakkaus ei ollut uudelleensuljettava ja avaamisen jälkeen leipä oli siirrettävä toiseen väliaikaiseen pussiin. Laminaattipakkauksen tiiviys toimii vain avaattomassa pakkauksessa.

Pakkaamisen jälkeen leipien kosteuden annettiin tasaantua pakkauksissa yhden vuorokauden ajan. Tämän jälkeen eri-ikäisistä näytteistä (1d, 3d, 8d) mitattiin leipien kosteus ja pehmeys sekä tehtiin aistinvarainen arviointi. Testattavat pakkaukset olivat: A) nykyisin käytössä oleva 35 µm:n paksuinen polyeteeni, B) 40 µm:n ja C) 45 µm:n paksuiset polyeteenit sekä D) 20 µm biaksaalisesti orientoitu polypropeeni / 40 µm polyeteeni- laminaattipakkaus. Mittaustulokset analysoitiin yksisuuntaisella- ja kaksisuuntaisella varianssianalyysillä, lisäksi aistinvaraisen arvioinnin tuloksia analysoitiin Friedmanin testillä.

5.2 Koeleipien rakennemittaus

Leipien kemiallista vanhenemista eli tärkkelyksen retrogradaatioista aiheutuvaa leivän kovettumista mitattiin Texture Analyzer -laitteella (kuva 10). Koeleipien kovuus määritettiin yhden, kolmen ja kahdeksan vuorokauden kuluttua leipomisesta. Rakennemittausohjelmaan valmisteltiin Fazer.leipä.2015- käyttöjärjestelmä, jossa käytettiin ohjeiden mukaisia asetusarvoja (kuva 9). Leipäviipaaleiden kovuus mitattiin sylinterin muotoisella mittapäällä, jonka halkaisija oli 40 mm. Näytteen mittaamiseen otettiin kaksi leipäviipaletta, joiden paksuus oli 12 mm. Yhdestä leivästä mitattiin viisi rinnakkaisnäytettä. Laitte kalibrointiin palautuskorkeudeksi 35 mm, palautusnopeudeksi 10 mm/sec, kosketusvoimaksi 1 g ja voimakennon kapasiteetiksi 5 kg. Ohjelma piirsi kuvaajan, jossa se ilmoittaa 25 % ja 40 % kokoonpuristamisen mitta-arvot. Tulos luettiin 40 % kokoonpuristamisarvoista. Näytteiden rakenteen erojen merkitystä testattiin kaksisuuntaisella varianssianalyysillä. Tämän jälkeen analysointia jatkettiin tutkimalla jokaisen mittauspäivän tulokset erikseen yksisuuntaisella varianssianalyysillä.



Kuva 9. Fazer.leipä.2015 -projektin asetusarvot. [Fazer Leipomot Oy, Rakennemittarin käyttöohjeet leivän mittaamiseen]



Kuva 10. Texture Analyzer TA.XT.plus, Stable Micro Systems, Surrey, UK. Laitteeseen kiinnitetty sylinterin muotoinen mittapää, jonka halkaisija on 40 mm. [Kuva: Veronika Gorodilova]

5.3 Koeleipien kosteuspitoisuusmittaus

Vuokaleipien kosteus mitattiin AND MX-50- kosteusanalysaattorilla (kuva 11) kolmena eri päivänä (1d, 3d ja 8d). Mittauksia tehtiin kolmesta leivästä/pussinäyte eli rinnakkaisnäytteiden kanssa yhteensä 6 mittausta/pussinäyte. Leivästä otettiin yksi viipale, josta leikattiin viipaleen keskeltä pystysuunnassa kaksi noin 2–3 g:n painoista suorakulmion muotoista palaa koko viipaleen mitalta niin, että näyte koostui kannesta ja pohjasta. Käytössä oli kaksi samanlaista kosteusanalysaattoria, joihin muutettiin leipien kosteuden analysoimiseen tarkoitettu ohjelma. Kuivaus tapahtui ensin 2 minuuttia 150 °C:ssa ja loppuajan 130 °C:ssa. Mittaus pysähtyi automaattisesti, kun kosteus muuttui vähemmän kuin 0,05 % / min. Ennen mittauksen aloittamista laitteiden vaa'at kalibroitiin. Leipänäytteiden kosteuspitoisuuserojen merkitystä tutkittiin kaksisuuntaisella varianssianalyysillä.



Kuva 11. AND MX-50- kosteusanalysaattorit. [Kuva: Pekka Koivisto]



Kuva 13. Aistinvaraisen arvioinnin koejärjestely. [Kuva: Veronika Gorodilova]

6 TULOKSET

6.1 Kaksisuuntainen varianssianalyysi

Insinööriyön tavoitteena oli vastata kysymykseen, onko pakkausmateriaalien välillä tilastollisesti merkitseviä eroja. Rakenne- ja kosteusmittaustulosten tulkitsemiseen käytettiin Excelin omaa makroa (ANOVA: Two-Factor With Replication).

Tilastollisissa testeissä ennako-olettamusta, jonka paikkansa pitävyyttä tutkitaan, nimitetään nollahypoteesiksi ja se merkitään H_0 . Nollahypoteesin oletetaan olevan voimassa, mikäli tilastollisesti ei voida osoittaa muuta. Nollahypoteesista poikkeavaa käsitystä nimitetään vaihtoehtoiseksi tai vastahypoteesiksi ja se merkitään H_1 . Vaihtoehtoinen hypoteesi voi olla kaksisuuntainen tai yksisuuntainen. [Karjalainen, s.193]

Merkitsevyystaso eli riskitaso (p -arvo) kertoo, kuinka suuri on riski, että oikea nollahypoteesi hylätään. Päätöstentekoon liittyviin virhemahdollisuuksia on kaksi: ensimmäisen lajin virhe eli hylkäämisvirhe, jossa H_0 hylätään, vaikka se on tosi, sekä toisen lajin virhe eli hyväksymisvirhe, jossa H_0 hyväksytään, vaikka se on epätosi. Usein käytetty riskiraja on 5 %. Tilastollisten testien tuloksista saadun p -arvon ollessa alle 0,05, nollahypoteesi hylätään 95 % luottamustasolla. P -arvon ollessa yli 0,05, nollahypoteesia ei hylätä. [Karjalainen, s. 194; Holopainen, Pulkkinen, s. 176]

Kaksisuuntaista varianssianalyysiä käytetään, kun kaksi tekijää voivat vaikuttaa määrittelyn tulokseen. Kaksisuuntaisella varianssianalyysillä voidaan tutkia, onko yhdellä, toisella tai molemmilla tekijöillä tilastollisesti merkitsevä vaikutus tulokseen. Ensin tutkitaan, onko tekijöiden välillä vuorovaikutusta. Mikäli vuorovaikutus on tilastollisesti merkitsevää eli vuorovaikutusermi on alle valitun merkitsevyystason 0,05, päätellään, että molemmat tekijät ovat tärkeitä ja vaikuttavat merkitsevästi tulokseen. Mikäli vuorovaikutus ei ole tilastollisesti merkitsevää, kummankaan tekijän vaikutus ei riipu toisesta tekijästä, ainakaan vahvasti. Tällöin kummankin tekijän vaikutusta tutkitaan erikseen. Tekijällä on tilastollisesti merkitsevä vaikutus määrittelyyn, mikäli tekijän p -arvo on alle valitun merkitsevyystason eli alle 0,05. [Koriseva] Rakenne- ja kosteusmittausten keskiarvoja analysoitiin kaksisuuntaisella varianssianalyysillä.

Kaksisuuntaiselle varianssianalyysille asetettiin hypoteesit:

H_0 : pakkausmateriaalien tulosten keskiarvoilla ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa.

H_1 : pakkausmateriaalien tulosten keskiarvoilla on tilastollisesti merkitsevä ero.

Analysointi tapahtui käyttämällä Excelin omaa makroa ANOVA: Two-Factor With Replication. Kaksisuuntaisen varianssianalyysin tekijät olivat mittauspäivät (1d, 3d, 8d) ja pakkausmateriaalit (A, B, C, D). P-arvon ollessa alle merkitsevyytason eli alle 0,05, nollahypoteesi hylätään eli mittautulosten keskiarvot eroavat tilastollisesti merkitsevästi toisistaan. P-arvon ollessa suurempi kuin valittu merkitsevyytaso eli yli 0,05, nollahypoteesia ei hylätä eli mittautulosten keskiarvot eivät eroa tilastollisesti merkitsevästi toisistaan. [Taavitsainen]

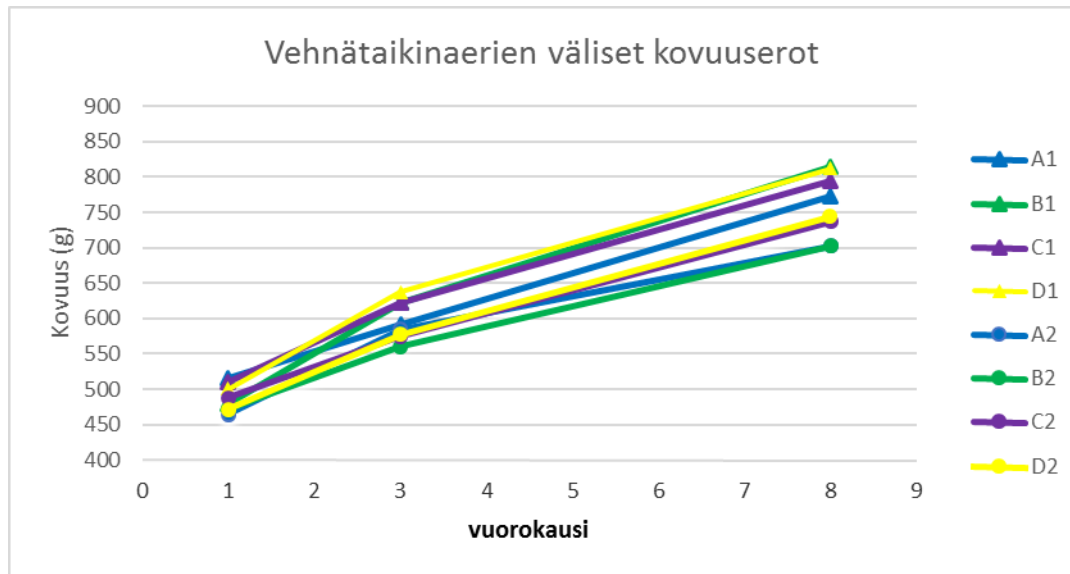
6.2 Kovuusmittausten tulokset

Rakennetta mitattiin kahdesta vehnäpaahtoleivän taikinaerästä sekä kahdesta täysjyvääpaahtoleivän taikinaerästä. Rakennemittausten keskiarvojen tuloksia analysoitiin kaksisuuntaisella varianssianalyysillä edellisen luvun tavoin. Kaksisuuntaisen varianssianalyysin tekijät olivat mittauspäivät ja pakkausmateriaalit.

Taulukko 2. Kaksisuuntaisen varianssianalyysin vehnävuokaleivän 1. ja 2. taikinaerien tulokset, jossa muuttujina ovat mittauspäivät (1d, 3d ja 8 d) ja pakkausmateriaalit (A, B, C ja D).

Tuote	p-arvo	Tulkinta
Vehnävuokaleivän ensimmäinen taikinaerä	0,31	$p > 0,05$ eli pakkausmateriaalien tulosten välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa.
Vehnävuokaleivän toinen taikinaerä	0,43	$p > 0,05$ eli pakkausmateriaalien tulosten välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa.

Vehnävuokaleivän molempien taikinaerien tulokset ovat $p > 0,05$. Jos merkitsevyystasona käytetään tavanomaista arvoa 0,05, voidaan p-arvoista päätellä, että vehnäleipänäytteiden pakkausmateriaalien väliset erot eivät ole tilastollisesti merkitseviä. [Taavitainen] Tulos kertoo, että näytteiden kovuudet ovat samaa luokkaa eri mittauspäivinä. Kuvassa 14 näkyy, että taikinaerien välillä on huomattava ero. Tämä johtuu siitä, että toiseen taikinaeraan oli lisätty 1,5 litraa vettä/295 kilogrammaa taikinaa enemmän kuin ensimmäiseen taikinaeraan, joka oli valmistettu perusreseptillä.

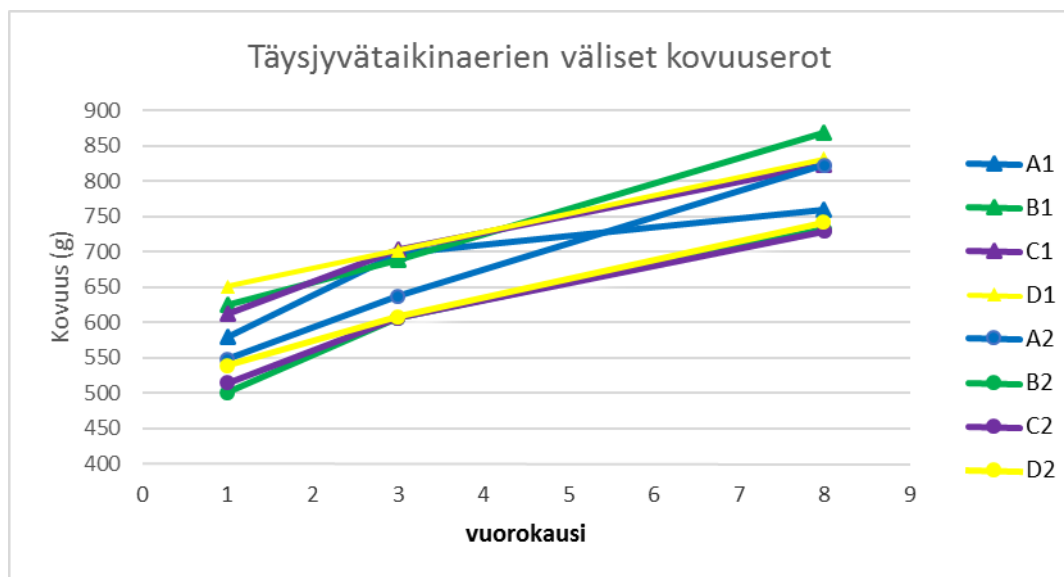


Kuva 14. Vehnätaikinaerien väliset kovuuserot. Näytteitä ovat A, B, C ja D, sekä taikinaerät ovat merkitty kirjainten perään (erä 1 tai 2).

Taulukko 3. Kaksisuuntaisen varianssianalyysin täysjyvävuokaleivän 1. ja 2. taikinaerien tulokset, jossa muuttujina ovat mittauspäivät (1d, 3d ja 8 d) ja pakkausmateriaalit (A, B, C ja D).

Tuote	p-arvo	Tulkinta
Täysjyvävuokaleivän ensimmäinen taikinaerä	0,028	$p < 0,05$ eli pakkausmateriaalien tulosten välillä on eroa. Tulos on tilastollisesti melkein merkitsevä.
Täysjyvävuokaleivän toinen taikinaerä	0,000069	$p < 0,05$ eli pakkausmateriaalien tulosten välillä on eroa. Tulos on tilastollisesti erittäin merkitsevä.

Täysjyväerien p-arvoista voidaan päätellä, että leipänäytteiden pakkausmateriaalien väliset erot ovat tilastollisesti merkitseviä, sillä $p < 0,05$. Ensimmäisen taikinaerän tulos on tilastollisesti merkitsevä, sillä $p < 0,01$. Toisen taikinaerän tulos on tilastollisesti erittäin merkitsevä, $p < 0,001$. [Holopainen, Pulkkinen, s. 91] Kuvasta 15 huomaa, että taikinaerien mittaustulosten ero on suuri. Toisesta erästä huomattiin reseptin muutos. Perusreseptiä oli muutettu lisäämällä 4,5 litraa vettä/295 kilogrammaa taikinaa, veden lämpötila oli 3 °C korkeampi kuin perusreseptissä, sekä taikinaan lisättiin 2 kilogrammaa/erä gluteenia taikinan sitkon vahvistamiseksi.



Kuva 15. Täysjyvätaikinaerien väliset kovuserot. Näytteitä ovat A, B, C ja D, sekä taikinaerät ovat merkitty kirjainten perään (erä 1 tai 2).

Täysjyvävuokalepien eri takinaerien keskiarvojen tutkimista jatkettiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä, jossa muuttujana oli pakkausmateriaali (A, B, C ja D). Varianssianalyysin avulla tutkitaan sitä, ovatko selitettävän muuttujan keskiarvot tilastollisesti merkitsevästi erisuuruisia selittävän muuttujan eri luokissa. Kovuustuloksista tehtiin jokaiselle mittauspäivälle oma analyysi. [8]

Yksisuuntaiselle varianssianalyysille asetettiin hypoteesit:

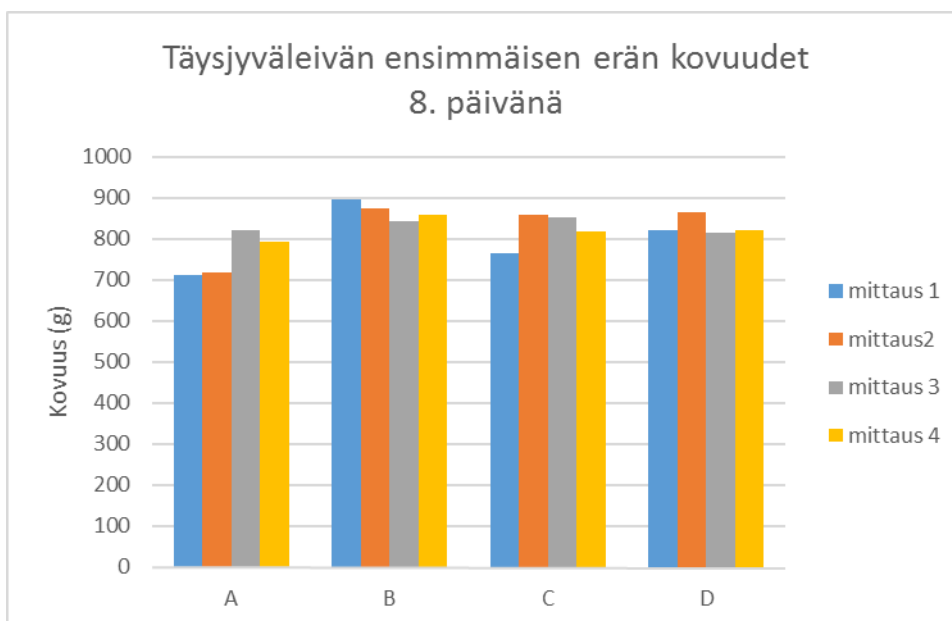
H_0 : pakkausmateriaalien tulosten keskiarvoilla ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa.

H_1 : pakkausmateriaalien tulosten keskiarvoilla on tilastollisesti merkitsevä ero.

Taulukko 4. Täysjyvävuokaleivän ensimmäisen taikinaerän tulokset eri mittauspäiviltä.

Tuote: Täysjyvävuokaleipä ensimmäinen taikinaerä	p-arvo	Tulkinta
1. päivä	0,26	$p > 0,05$ eli pakkausmateriaalien tulosten välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa.
3. päivä	0,96	$p > 0,05$ eli pakkausmateriaalien tulosten välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa.
8. päivä	0,013	$p < 0,05$ eli pakkausmateriaalien tulosten välillä on tilastollisesti merkitsevä ero.

Täysjyväleivän ensimmäisen taikinaerän 8. päivän $p < 0,05$. Tämä tarkoittaa, että kahdeksantena päivänä näytteiden tulokset eroavat tilastollisesti toisistaan. Kuvan 16 avulla huomataan, että A-näyte on muita näytteitä pehmeämpi. A-pakkausmateriaali eli nykyisin käytetyn 35 μm paksuisen polyeteenin keskiarvo on 760. Tuloksen syytä ei ole tiedossa, mutta on hyvä huomioida, että A-pakkausmateriaali on alkuperäinen pussi, johon leivät pakattiin koneellisesti. Muihin pusseihin leivät pakattiin käsin, leivät olivat hetkellisesti ilman pakkausta. Analyysin tulokset ovat tilastollisesti merkitseviä, sillä $p < 0,01$.

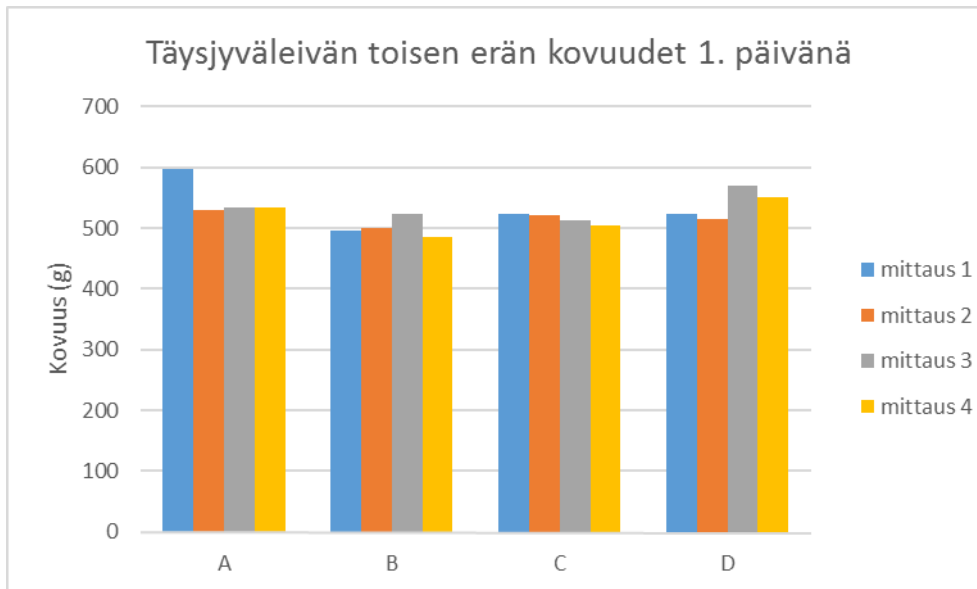


Kuva 16. Täysjyväleivän ensimmäisen taikinaerän kovuudet kahdeksantena päivänä. Materiaalit A = PE 35 μm , B = PE 40 μm , C = PE 45 μm ja D = OPP20/PE40- kalvo.

Taulukko 5. Täysjyvävuokaleivän toisen taikinaerän tulokset eri mittauspäiviltä.

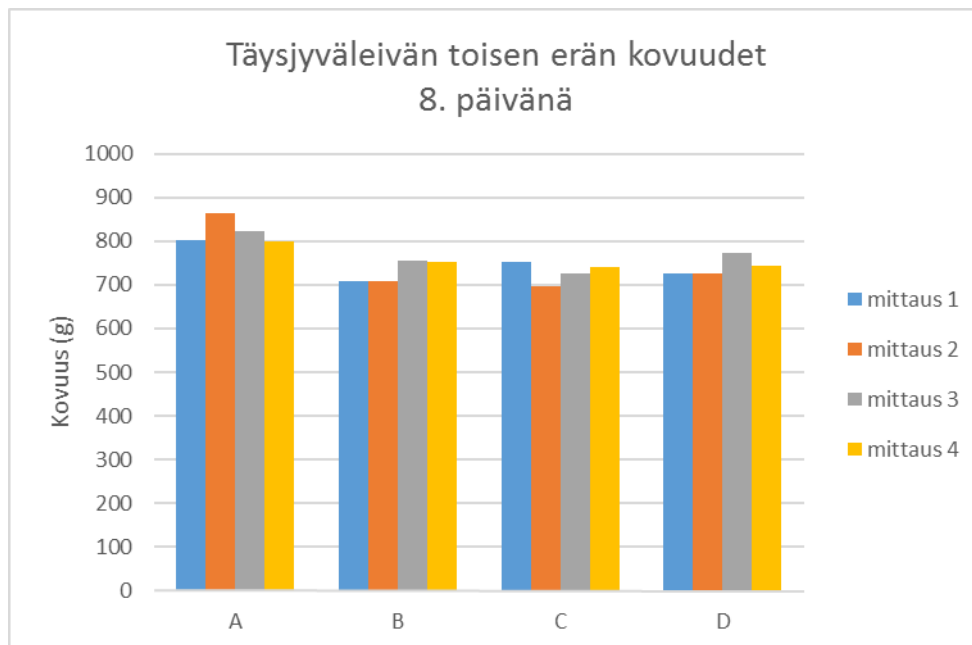
Tuote: Täysjyvävuokaleipä toinen taikinaerä	p-arvo	Tulkinta
1. päivä	0,041	p<0,05 eli pakkausmateriaalien tulosten välillä on tilastollisesti melkein merkitsevä ero.
3. päivä	0,56	p>0,05 eli pakkausmateriaalien tulosten välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa.
8. päivä	0,00061	p<0,05 eli pakkausmateriaalien tulosten välillä on tilastollisesti erittäin merkitsevä ero.

Täysjyvävuokaleivän toisen taikinaerän 1. päivän $p < 0,05$. Tämä tarkoittaa, että ensimmäisen päivän näytteiden tuloksissa oli tilastollisesti merkitsevä ero. Kuvassa 17 näkyy, kuinka yhden päivän aikana pakkausmateriaali on vaikuttanut leipänäytteiden pehmeuteen. Keskiarvojen mukaan pehmeimmät näytteet ovat B-pussinäytteet (501) ja kovimmat A-pussinäytteet (548). Toiseksi pehmein oli C-pussinäyte (514) ja kolmanneksi D-pussinäyte (539). Tulokset ovat tilastollisesti melkein merkitseviä, sillä $p < 0,05$.



Kuva 17. Täysjyväleivän toisen taikinaerän kovuudet ensimmäisenä päivänä. Materiaalit A = PE 35 μm , B = PE 40 μm , C = PE 45 μm ja D = OPP20/PE40- kalvo.

Täysjyvävuokaleivän toisen taikinaerän 8. päivän $p < 0,05$. Tämä tarkoittaa, että kahdeksannen päivän näytteiden tuloksissa oli tilastollisesti merkitsevä ero. Kuvan 18 keskiarvojen mukaan pehmeimmät näytteet ovat C-pakkausmateriaalinäytteet (729) ja kovimmat A-pakkausmateriaalinäytteet (823). Ensimmäisen mittauspäivän kovuuskeskiarvot poikkesivat tilastollisesti melkein merkitsevästi. A-pussinäytteiden kovuuskeskiarvot olivat huonoimmat ensimmäisestä mittauspäivästä asti. Tämän taikinaerän analyysistä saatiin tulokseksi, että täysjyväpaahtoleivän pehmeys säilyy parhaiten C- ja B-pakkauksissa eli 45 μm - ja 40 μm paksuisissa polyeteeneissä. C-näyte on 2,9 yksikköä pehmeämpi kuin B-näyte. Tuloksen varmistamiseksi C- ja B-pakkausmateriaaleille tulisi tehdä lisämittauksia. Kahdeksannen päivän yksisuuntaisen varianssianalyysin tulokset ovat tilastollisesti erittäin merkitseviä, sillä $p < 0,001$.



Kuva 18. Täysjyväleivän toisen taikinaerän kovuudet kahdeksantena päivänä. Materiaalit A = PE 35 μm , B = PE 40 μm , C = PE 45 μm ja D = OPP20/PE40- kalvo.

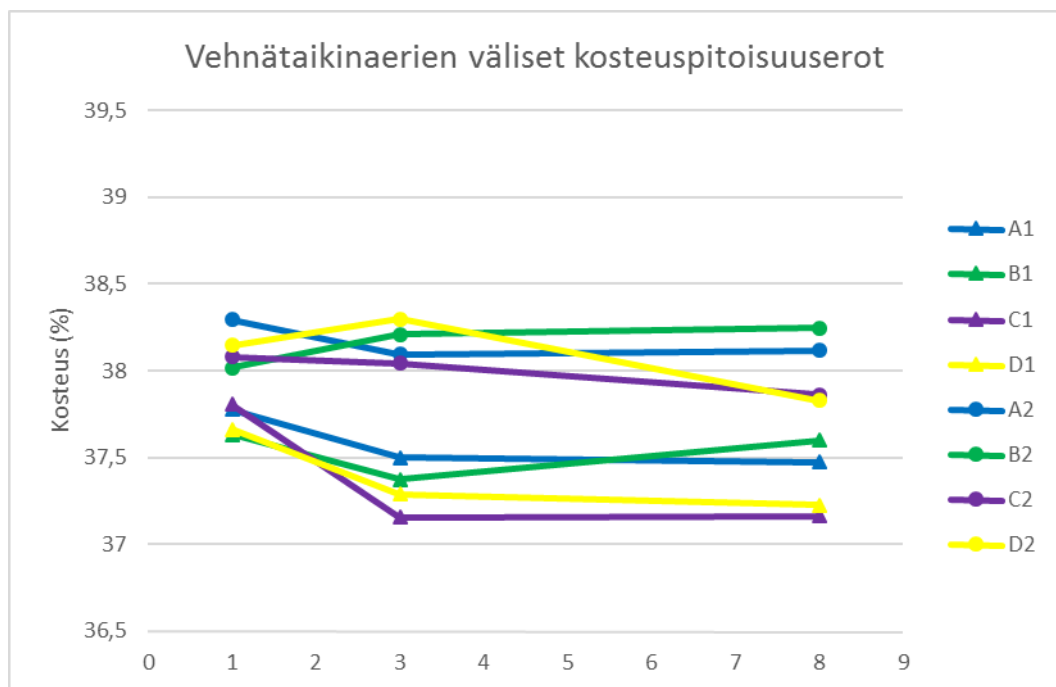
6.3 Kosteusmittausten tulokset

Vehnä- sekä täysjyvävuokalepien kosteuspitoisuuksia on mitattu kahdesta eri taikinaerästä. Kosteuksia mitattiin yhden, kolmen ja kahdeksan vuorokauden ikäisinä. Kosteusmittauksien keskiarvojen tuloksia analysoitiin kaksisuuntaisella varianssianalyysillä. Kaksisuuntaisen varianssianalyysin tekijät ovat mittauspäivä ja kosteuspitoisuus.

Taulukko 6. Kaksisuuntaisen varianssianalyysin vehnävuo kaleivän 1. ja 2. taikinaerien tulokset, jossa muuttujina ovat mittauspäivät (1d, 3d ja 8 d) ja pakkausmateriaalit (A, B, C ja D).

Tuote	p-arvo	Tulkinta
Vehnävuo kaleivän ensimmäinen taikinaerä	0,55	$p > 0,05$ eli pakkausmateriaalien tulosten välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa.
Vehnävuo kaleivän toinen taikinaerä	0,43	$p > 0,05$ eli pakkausmateriaalien tulosten välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa.

Molempien vehnätaikinaerien $p > 0,05$ eli pakkausmateriaalien tulosten välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa. Kuvasta 19 näkyy kuinka vehnäleipänäytteiden kosteuspitoisuudet muuttuvat ensimmäisenä, kolmantena ja kahdeksantena mittauspäivinä. Käyrät ovat laskevia kuin myös osittain nousevia, mutta kosteuden muutos ei ole kovin suuri. Muovipakkaus estää hyvin leivän kuivumisen niin, ettei kosteutta pääse haihtumaan muulloin kuin leivän siirtämisessä pussista toiseen, joten leipien kovettuminen ei johdu kuivumisesta. Taikinaerien välillä oli aiemmin mainittu ero, joka näkyy myös kuvassa..

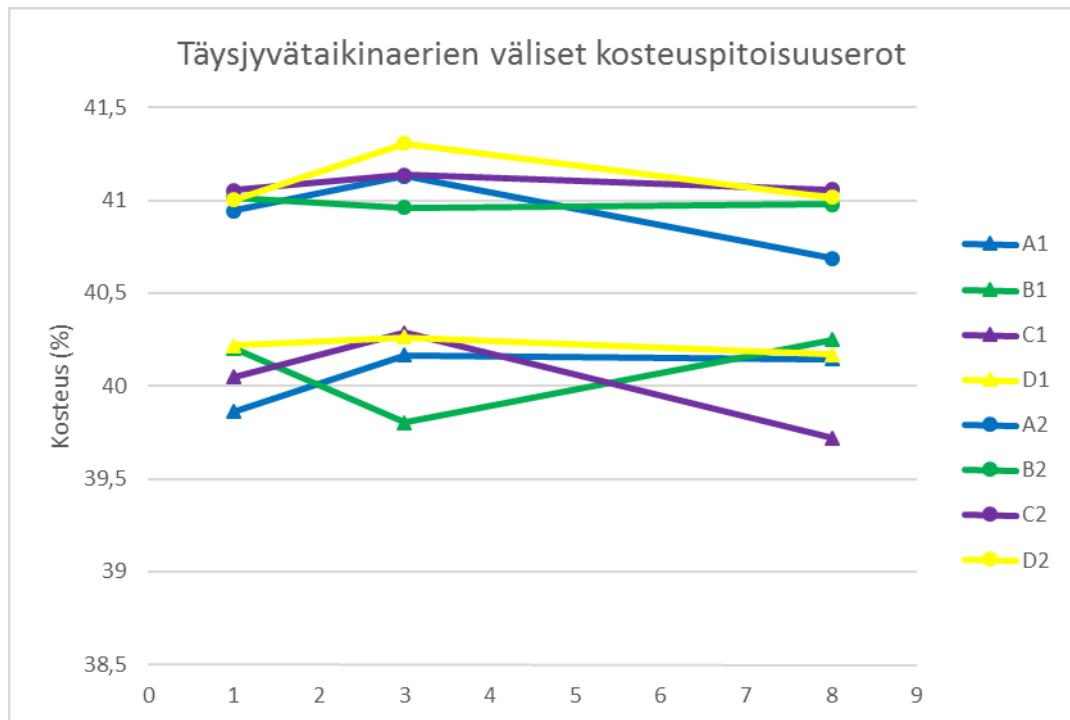


Kuva 19. Vehnäleivän eri taikinoista leivottujen leipien kosteudet. Näytteitä ovat A, B, C ja D, sekä taikinaerät ovat merkitty kirjainten perään (erä 1 tai 2).

Taulukko 7. Kaksisuuntaisen varianssianalyysin täysjyvävuokaleivän 1. ja 2. taikinaerien tulokset, jossa muuttujina ovat mittauspäivät (1d, 3d ja 8 d) ja pakkausmateriaalit (A, B, C ja D).

Tuote	p-arvo	Tulkinta
Täysjyvävuokaleivän ensimmäinen taikinaerä	0,38	$p > 0,05$ eli pakkausmateriaalien tulosten välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa.
Täysjyvävuokaleivän toinen taikinaerä	0,10	$p > 0,05$ eli pakkausmateriaalien tulosten välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa.

Mittaukset tehtiin täysjyvävuokaleivän kahdesta eri taikinaerästä, joiden $p > 0,05$ eli pakkausmateriaalien tulosten välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa. Taikinaerien välillä oli aiemmin mainittu ero. Toisen taikinan reseptimuutos selittää taikinaerien suuret kosteuspitoisuuserot, jotka näkyvät kuvassa 20. Taikinaerien valmistusreseptien ero on niin suuri, että leipäerät eivät ole verrattavissa toisiinsa.



Kuva 20. Täysjyväleivän eri taikinoista leivottujen leipien kosteudet. Näytteitä ovat A, B, C ja D, sekä taikinaerät ovat merkitty kirjainten perään (erä 1 tai 2).

6.4 Aistinvaraisen arvioinnin tulokset

Maistatuksen raati koostui osittain kouluttamattomista henkilöistä, jolloin aistinvaraisessa arvioinnissa ihmisillä on tapana käyttää numeroita epätarkasti. Jotkut raatilaiset eivät halua käyttää asteikon ääripäitä, jolloin asteikon keskiosaa lähempänä olevia numeroita käytetään useammin. Tämän takia aistinvaraisen arvioinnin datasta kannattaa poistaa arvioijien väliset tasoerot, sillä yleensä ei olla kiinnostuneita yksittäisten ihmisten arvioista. [O'Mahony, s.19]

6.4.1 Friedman- testi

Aistinvaraisen arvioinnin tulosten analysoimiseen käytettiin R-ohjelmaa ja Notepad++ - apuohjelmaa. Kun arvioidaan samanaikaisesti useampien näytteiden välisiä eroja, käytetään tilastollisessa analyysissä ANOVAn ei-parametristä vastinetta, Friedman-testiä. Ekonomi Milton Friedmanin kehittämää testiä voidaan käyttää, kun kaikki raadit ovat arvioineet jokaisen näytteen. Jotta testi toimii, arviot täytyy asettaa paremmuusjärjestykseen, mikä R:ssä tapahtuu automaattisesti. Friedman-testin tuloksena saadaan yksi p-arvo, jonka perusteella saadaan tietää, onko näytteiden välillä tilastollisesti merkitsevää eroa. Samasta datasta tehtiin myös Box and Whisker -kuvaajat. [O'Mahony, s. 332]

Friedmanin testille asetettiin hypoteesit:

H_0 : Leipänäytteiden tuoreustuntumassa ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa.

H_1 : Leipänäytteiden tuoreustuntuman välillä on tilastollisesti merkitsevä ero.

Taulukko 8. Friedman-testin tulokset.

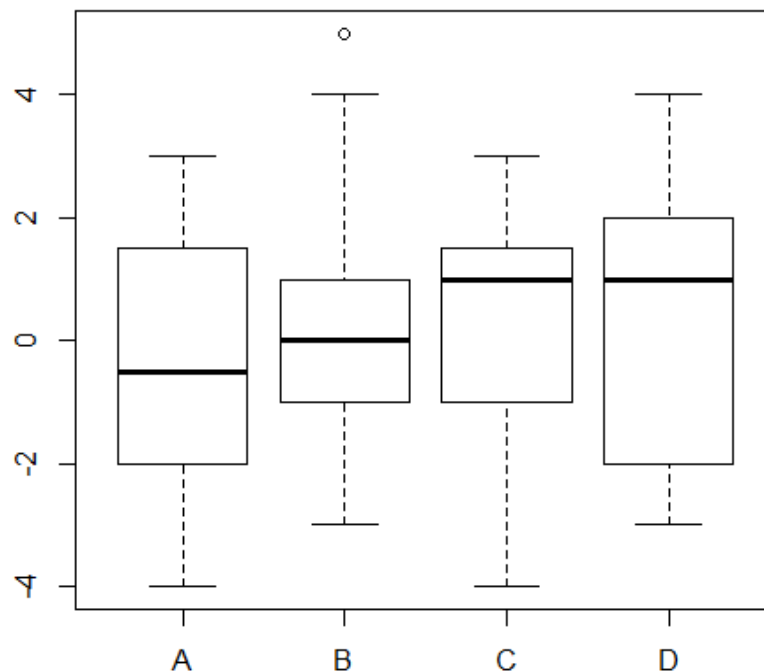
Leipänäyte	p-arvo
Käsituntuma Vehnävuokaleipä	0,77
Suutuntuma Vehnävuokaleipä	0,23
Käsituntuma Täysjyvävuokaleipä	0,66
Suutuntuma Täysjyvävuokaleipä	0,19

6.4.2 Box and Whisker

Box and Whisker -kuvaajaa käytetään datan hajonnan visualisointiin. Kuvaaja koostuu laatikosta ja kahdesta viiksestä. Mediaani jakaa laatikon kahtia ja laatikon molemmista päistä lähtevät viikset. Kuvaaja jakautuu neljään osaan, jotka kaikki kattavat 25 % datasta. Mediaani on datan keskikohta eli 50 % datasta on sen alapuolella ja 50 % ylä-

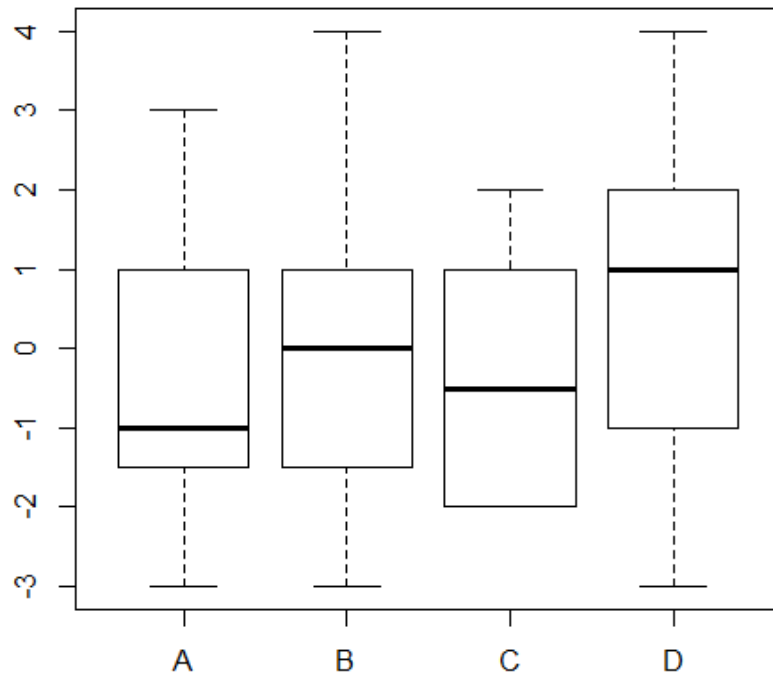
puolella. Pallot tarkoittavat yksittäisiä arvioita, jotka poikkeavat huomattavasti muista arvioista. [7]

Vehnävuokaleivän käsituntuman p-arvoksi saatiin 0,77. Johtopäätös $p > 0,05$, H_0 jää voimaan. Pussinäytteiden tulosten välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa. Kuvasta 21 nähdään, laatikon viikset eli hajonta on suuri. Näytteiden välisiä pehmeyseroja oli vaikeata erottaa, saman näytteen suuri hajonta tarkoittaa, että maistajilla ei ollut selkeää yksisuuntaista varmuutta näytteen pehmeydelle.



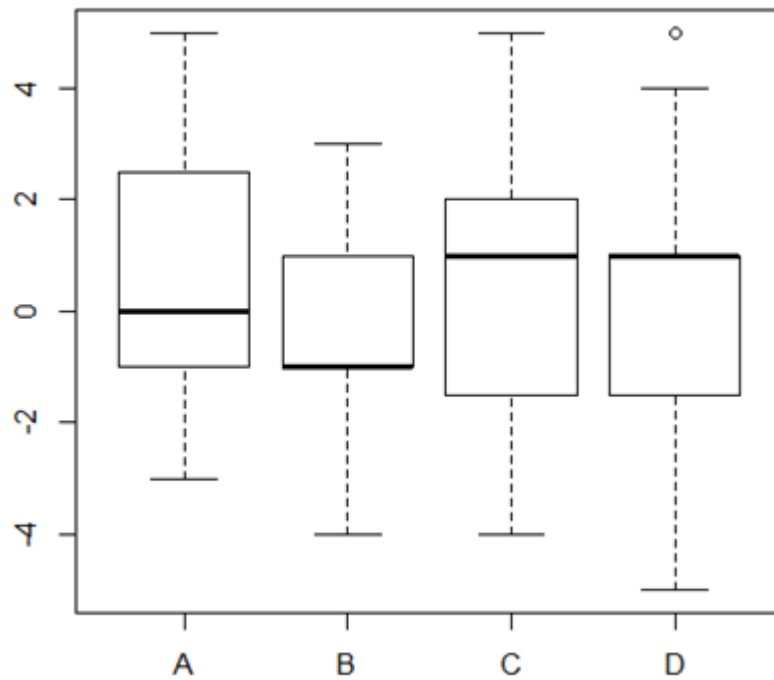
Kuva 21. Box and Whisker –kuvaajat vehnävuokaleivän käsituntumasta. Materiaalit A = PE 35 μm , B = PE 40 μm , C = PE 45 μm ja D = OPP20/PE40- kalvo.

Vehnävuokaleivän suutuntuman p-arvoksi saatiin 0,23. Johtopäätös $p > 0,05$, H_0 jää voimaan. Pussinäytteiden tulosten välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa.



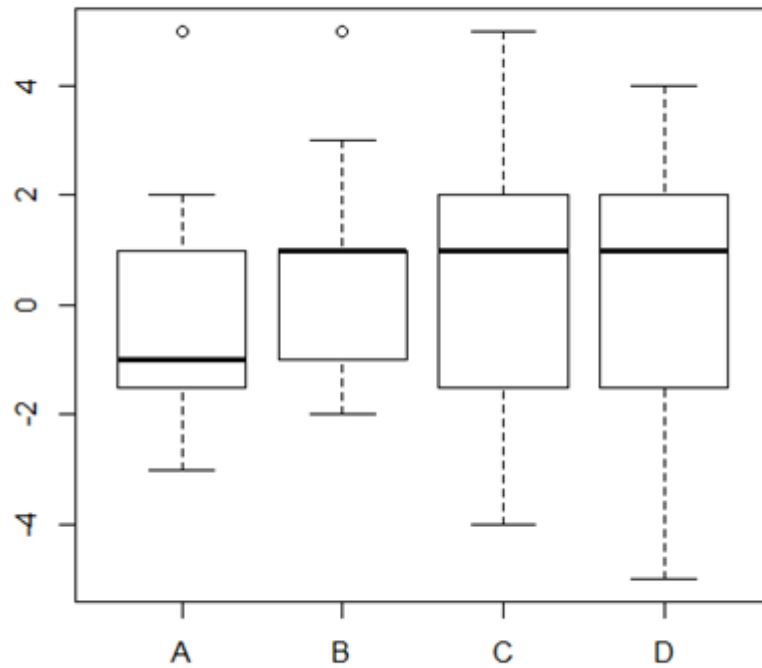
Kuva 22. Box and Whisker –kuvaajat vehnävuokaleivän suutuntumasta. Materiaalit A = PE 35 μm , B = PE 40 μm , C = PE 45 μm ja D = OPP20/PE40- kalvo.

Täysjyvävuokaleivän käsittämisen p-arvoksi saatiin 0,66. Johtopäätös $p > 0,05$, H_0 jää voimaan. Pussinäytteiden tulosten välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa.



Kuva 23. Box and Whisker –kuvaajat täysjyvävuokaleivän käsittämistä. Materiaalit A = PE 35 μm , B = PE 40 μm , C = PE 45 μm ja D = OPP20/PE40- kalvo.

Täysjyvävuokaleivän suutuntuman p-arvoksi saatiin 0,1905. Johtopäätös $p > 0,05$, H_0 jää voimaan. Pussinäytteiden tulosten välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa.



Kuva 24. Box and Whisker –kuvaajat täysjyvävuokaleivän suutuntumasta. Materiaalit A = PE 35 μm , B = PE 40 μm , C = PE 45 μm ja D = OPP20/PE40- kalvo.

7 Yhteenveto ja johtopäätökset

Insinööri työ tehtiin asiakasyritykselle ja työssä testattiin neljän eripaksuisen pakkausmateriaalin vaikutusta vuokaleivän säilyvyyteen. Työn tarkoituksena oli testata vaihtoehtoisia pakkausmateriaaleja ja tutkia, voisiko uusi pakkaus parantaa tuotteen säilyvyyttä. Leipien tuoreutta seurattiin kosteusmittauksilla ja mittaamalla leipien pehmeyttä rakennemittarilla. Lisäksi näytteiden pehmeyttä arvioitiin aistinvaraisella arvioinnilla parasta ennen päivänä. Testattavat pakkaukset olivat: Nykyisin käytetty A) 35 µm paksuinen polyeteeni-, B) 40 µm ja C) 45 µm paksuiset polyeteenit sekä D) 20 µm biaksaalisesti orientoitu polypropeeni / 40 µm polyeteeni- yhdistelmä materiaali, joka vaati kuumasaurin pussin suljentaan. Tuloksia analysoitiin yksisuuntaisella ja kaksisuuntaisella varianssianalyysillä. Aistinvaraisen arvioinnin tuloksia analysoitiin Friedmanin testillä.

Mittaukset suoritettiin onnistuneesti ja aikataulussa. Kummankaan leipälajin kosteuspiitoisuudet eivät kahdeksan päivän säilytyksen aikana riippuneet pakkausmateriaalista, vaan leipien kosteus pysyi suhteellisen samana mikä tarkoittaa sitä, että leivän kovettuminen ei johdu kuivumisesta. Aistinvaraisen arvioinnin tuloksilla ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa. Tavallinen ihminen ei pysty erottamaan makuaistilla pieniä eroja leipänäytteiden välillä. Testi ei soveltunut tähän työhön, sopivin testi olisi ollut erotustesti.

Tilastollisten testien perusteella todettiin, että vehnäleivän rakennemittausten keskiarvojen tuloksissa ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa. Täysjyväleivän ensimmäisen ja toisen taikinaerän rakennemittausten keskiarvojen tulokset poikkesivat toisistaan, syyinä saattaa olla toisen taikinaerän reseptimuutos. Täysjyväleivän ensimmäisen taikinaerän rakennemittausten keskiarvoilla oli tilastollisesti merkitsevä ero, jossa pehmeimmäksi leipänäytteeksi erottui näyte, joka oli pakattu nykyisin käytettyyn 35 µm paksuiseen polyeteeniin. Tuloksen syy ei ole tiedossa, mutta on hyvä huomioida, että A-pakkausmateriaali on alkuperäinen pussi, johon leivät pakattiin koneellisesti. Muihin pusseihin leivät pakattiin käsin, jolloin leivät olivat hetkellisesti ilman pakkausta.

Täysjyväleivän toisen taikinaerän 1. päivän tulokset olivat tilastollisesti melkein merkitseviä. Yhden päivän aikana pakkausmateriaali oli vaikuttanut huomattavasti leipänäytteiden pehmeuteen. Keskiarvojen mukaan pehmeimmät näytteet olivat pakattu B-

pakkaukseen ja kovimmat A-pakkaukseen eli alkuperäiseen pussiin. Täysjyväleivän toisen taikinaerän 8. päivän analyysistä havaittiin tulosten välillä tilastollisesti erittäin merkitsevän eron. Täysjyväpaahtoleivän pehmeys säilyi parhaiten C- ja B-pakkauksissa. C-näyte oli 2,89 yksikköä pehmeämpi kuin B-näyte. A-näyte oli kovin näyte. Tämän työn tulosten perusteella 45 µm- ja 40 µm paksuisten polyeteenien täysjyväleipänäytteet säilyivät pehmeämpänä kuin nykyisin käytetyssä 35 µm paksuisessa polyeteenissä. Tuloksen varmistamiseksi C- ja B-pakkausnäytteille tulisi tehdä lisämittauksia. D-laminaattipakkauksessa leivät hikoilivat, jolloin mikrobien kasvulle välttämättömän veden määrä leivän pinnalla nousi ja leivät homeutuivat helpommin. D-näytteistä melkein puolet (3/8) oli homeisia.

Tilastollinen tarkastelu osoitti, että rakennemittauksissa materiaalien paksuudella on eroa, mutta tämä ilmeni vain täysjyväleivällä, jossa oli erien välillä ristiriitaisuuksia, sillä taikinaerien reseptit poikkesivat toisistaan. Paremman tilastollisen tarkastelun saamiseksi tulevaisuudessa tulee suorittaa rakenteelle lisäkokeita huomioiden, että taikinaerät eivät poikkea toisistaan.

Lähteet

Auvinen Sulo. Minun leipäni. Itä-Uudenmaan paino Oy. Loviisa 1990.

Alsberg CL. 1928. The role of starch in bread making. In: Walton RP, editor. A Comprehensive Survey of Starch Chemistry. Chemical Catalog Co. New York. s. 87-99.

Holopainen Martti, Pulkkinen Pekka. Tilastolliset menetelmät. WSOY Oppimateriaalit Oy. Porvoo 2008. Viides, uudistettu painos.

Järvi-Kääriäinen Terhen, Ollila Margareetta. Toimiva pakkaus. Pakkausteknologia – PTR. Helsinki 2007.

Järvinen Pasi. Muovin Suomalainen käsikirja. Muovifakta Oy, WS Bookwell Oy. Porvoo 2000.

Karjalainen Leila. Tilastomatematiikka. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä 2004. Kahdeksas, uudistettu painos.

Knightly WH. 1977. The staling of bread: A review. Bakers Dig. 51(5):52.

Korhonen Ritva. Fazer leipomoryhmä. Fazerilan leipomo 1984.

Koriseva Eija. Kaksisuuntainen ANOVA. Koesuunnittelu ja tilastollinen laadunohjaus. Metropolia Ammattikorkeakoulu. 2014.

Kulhomäki Sisko, Salovaara Hannu. Laatuleipää käsikirja leipurille. Leipomoalan Edistämissäatiö. Helsinki 1985.

Kurri Veijo, Malen Timo, Sandell Risto, Virtanen Matti. Muovitekniikan perusteet. Hakapaino Oy 2002.

O'Mahony M. 1986. Sensory Evaluation of Food: Statistical Methods and Procedures. New York: Marcel Dekker, Inc.

Parkkinen Kirsti, Rautavirta Kaija. Utelias kokki: elintarviketietoa ja kemiaa ruoanvalmistajalle. Hansaprint Direct Oy. Vantaa 2010.

Saarela Anna-Maria, Hyvönen Paula, Määttä Sinikka, von Wright Atte. Elintarvikeprosessit. Suomen Graafiset Palvelut Oy Ltd Kuopio 2010.

Seppälä Jukka. Polymeeritekniikan perusteet. Otatieto. Hakapaino Oy. Helsinki 2005. 5. tarkastettu ja korjattu painos.

Taavitsainen Veli-Matti. Koesuunnittelun kurssi. Metropolia Ammattikorkeakoulu. 2011. Tuorila Hely, Appelby Ulla. Elintarvikkeiden aistinvaraiset tutkimusmenetelmät. Yliopistopaino. Helsinki 2005.

Ylönen Kirsi, Suutainen Elena. Fazer Leipomot Oy. Rakennemittarin käyttöohjeet leivän mittaamiseen. Hyväksytty 13.10.2014.

Internet lähteet

1. https://www.fazergroup.com/globalassets/global/fazergroup/about-us/annual-review-2014/reports/fq_external_result_long_fi_2015-03-26_nettiin.pdf Viitattu 06.11.15.
2. <http://www.fazergroup.com/fi/tietoa-meista/vuosikertomus/fazer-leipomot> Viitattu 25.11.15.
3. Heli Anttilan artikkeli <http://www.fazer.fi/tuotteet-ja-asiakaspalvelu/leipa/artikkelit/rapean-kuoren-ja-pehmean-sisuksen-salaisuus-sailyta-leipa-oikein/> Viitattu 28.08.2015
4. <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:338:0004:0017:FI:PDF> Viitattu 09.09.2015
5. www.muoviteollisuus.fi/fin/muovitiet Viitattu 14.09.2015

6. J.A. Gray, J.N. Bemiller. Bread staling: Molecular basis and control. Institute of Food Technologies 2003. Viitattu 29.09.2015
Saatavilla:
http://www.researchgate.net/profile/James_Bemiller/publication/227679430_Bread_Staling_Molecular_Basis_and_Control/links/5419d0c90cf203f155ae1277.pdf
7. How to Read (and Use) Box-and-Whisker Plot. 5.2.2008.
<http://flowingdata.com/2008/02/15/how-to-read-and-use-a-box-and-whisker-plot/>
Viitattu 12.10.15.
8. www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/variassi/anova.htm
Viitattu 05.11.15.
9. <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/hygieniaosaaminen/vedenaktiivisuus.htm>
Viitattu 25.11.15.
10. <http://www04.edu.fi/elintarvikkeidenpakkaaminen/sivut/taulumuovi.htm> Viitattu 7.7.15

Aistinvaraisen arvioinnin lomake

Olette vastaanottaneet tutkimuksen, johon kuuluu vuokaleipien pehmeiden arviointi. Tutkimuksen tarkoituksena on vertailla koodattuja näytteitä vertailunäytteeseen. Pyydämme teitä arvioimaan leipänäytteiden pehmeyttä käsituntumalla ja suutuntumalla. Teillä on yksi kappale jokaista koodattua näytettä, jolla leivän pehmeys arvioidaan kahdella eri tavalla: kädellä puristamisella ja suutuntumalla.

NÄYTE _____

KÄSITUNTUMA:

|-----|-----|
Kova vertailunäyte Pehmeä

SUUTUNTUMA:

|-----|-----|
Kova vertailunäyte Pehmeä

Lomakkeessa oli jokaiselle näytteelle oma graafinen jana-asteikko.

KIITOS OSALLISTUMISESTA!

Kovuusmittauksen tulokset

Vehnävuokaleivän ensimmäisen taikinaerän kaksisuuntaisen varianssianalyysin tulokset.

H_0 : pakkausmateriaalien tulosten keskiarvoilla ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa.

H_1 : pakkausmateriaalien tulosten keskiarvoilla on tilastollisesti merkitsevä ero.

	1. päivä	3. päivä	8. päivä
A	548.7504	558.6842	814.3026
	510.7546	617.6992	732.1736
	474.2398	601.7552	791.552
	525.478	589.3814	755.1472
B	481.5688	672.0246	819.5294
	434.1442	581.7178	833.2952
	487.7402	629.1384	800.708
	510.6656	608.7178	805.2692
C	489.9158	656.9574	743.0974
	483.457	621.1294	770.115
	558.7336	611.195	829.155
	505.872	598.926	838.1838
D	490.1584	630.5738	784.8896
	495.1074	616.8648	830.2412
	522.5902	654.9056	794.1544
	493.446	647.6304	837.8188

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit	
Sample	3363.581	3	1121.194	1.25131	0.305597	2.866266	p>0,05
Columns	720504.9	2	360252.5	402.0604	2.37E-25	3.259446	
Interaction	8454.145	6	1409.024	1.572544	0.183482	2.363751	
Within	32256.56	36	896.0157				
Total	764579.2	47					

Johtopäätös $p > 0,05$ ($p = 0,305597$), H_0 jää voimaan. Pussinäytteiden tulosten keskiarvojen välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa. Väärän johtopäätöksen todennäköisyys on 30,5 %.

Vehnävuokaleivän toisen taikinaerän kaksisuuntaisen varianssianalyysin tulokset.

H_0 : pakkausmateriaalien tulosten keskiarvoilla ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa.

H_1 : pakkausmateriaalien tulosten keskiarvoilla on tilastollisesti merkitsevää eroa.

	1. päivä	3. päivä	8. päivä
A	475.8158	569.1388	714.517
	489.3878	558.399	646.6164
	435.8344	625.8886	798.5508
	454.3992	584.3662	651.6142
B	484.842	535.4406	709.0028
	474.1282	568.6426	747.38
	453.896	529.7888	693.023
C	476.882	607.2532	661.5718
	479.9584	511.0134	740.9038
	452.0484	580.146	681.1732
	516.7252	635.894	751.12
D	502.0892	573.1722	774.3274
	476.9354	595.1444	721.7164
	470.4976	546.0406	719.4746
	464.1492	556.391	728.375
	474.9944	611.7294	808.1144

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit	
Sample	3966.136502	3	1322.046	0.934113	0.434239	2.866266	p>0,05
Columns	497171.86	2	248585.9	175.6424	2.68E-19	3.259446	
Interaction	4314.389235	6	719.0649	0.508067	0.798131	2.363751	
Within	50950.64756	36	1415.296				
Total	556403.0333	47					

Johtopäätös $p > 0,05$ ($p = 0,434239$), H_0 jää voimaan. Pussinäytteiden tulosten keskiarvojen välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa. Väärän johtopäätöksen todennäköisyys on 43,4 %.

Täysjyvävuokaleivän ensimmäisen taikinaerän kaksisuuntaisen varianssianalyysin tulokset.

H_0 : pakkausmateriaalien tulosten keskiarvoilla ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa.

H_1 : pakkausmateriaalien tulosten keskiarvoilla on tilastollisesti merkitsevä ero.

	1. päivä	3. päivä	8. päivä
A	597.3986	672.4848	710.9232
	599.843	754.9422	718.1938
	545.2314	719.1478	819.7728
	575.2314	644.1886	792.1774
B	554.2246	665.1648	896.5034
	623.9762	655.5852	874.2062
	667.9826	715.0652	844.0308
	653.1834	718.1948	859.2266
C	584.211	753.259	763.6852
	584.7518	680.8602	858.5454
	606.6828	675.1654	852.4726
	672.9456	701.5782	816.7962
D	718.3412	731.2344	822.5912
	697.1854	753.0966	865.8536
	584.9122	678.5516	816.2444
	604.3652	645.8048	821.892

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Sample	18974.50137	3	6324.834	3.398312	0.028025	2.866266
Columns	337397.4964	2	168698.7	90.64128	8.85E-15	3.259446
Interaction	16453.21894	6	2742.203	1.473377	0.215005	2.363751
Within	67002.08913	36	1861.169			
Total	439827.3058	47				

$p < 0,05$

Johtopäätös $p < 0,05$ ($p = 0,028025$), H_0 :a hylätään. Pussinäytteiden tulosten keskiarvojen välillä on eroa. Väärän johtopäätöksen todennäköisyys on 2,8 %. Tulos on tilastollisesti melkein merkitsevä, sillä $p < 0,05$.

Täysjyvävuokaleivän toisen taikinaerän kaksisuuntaisen varianssianalyysin tulokset.

H_0 : pakkausmateriaalien tulosten keskiarvoilla ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa.

H_1 : pakkausmateriaalien tulosten keskiarvoilla on tilastollisesti merkitsevä ero.

	1. päivä	3. päivä	8. päivä
A	597.1402	584.6304	802.1598
	528.589	621.7702	864.159
	534.1906	663.53	823.1996
	532.7348	679.7266	800.7258
B	495.6668	617.302	709.6028
	499.9832	585.9198	709.9232
	523.0452	623.2218	756.0458
	485.956	600.07	752.2078
C	522.2258	617.302	753.5834
	520.1822	585.9198	696.4022
	511.963	623.2218	725.2546
	503.4986	600.07	741.002
D	522.9896	603.0022	726.608
	515.2422	542.1698	725.6952
	569.4224	623.0396	772.1428
	550.1166	665.3466	743.9142

ANOVA							
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit	
Sample	23833.93655	3	7944.646	9.868097	6.89E-05	2.866266	p<0,05
Columns	432833.4535	2	216416.7	268.8127	2.28E-22	3.259446	
Interaction	8307.170404	6	1384.528	1.719732	0.144574	2.363751	
Within	28983.01903	36	805.0839				
Total	493957.5795	47					

Johtopäätös $p < 0,05$ ($p = 0,0000689$), H_0 :a hylätään. Pussinäytteiden tulosten keskiarvojen välillä on eroa. Väärän johtopäätöksen todennäköisyys on 0,00689 %. Tulos on tilastollisesti erittäin merkitsevä, sillä $p < 0,001$.

Täysjyvävuokaleivän ensimmäisen taikinaerän 1. päivän mittausten yksisuuntaisen varianssianalyysin tulokset

Yksisuuntaiselle varianssianalyysille asetettiin hypoteesit:

H_0 : pakkausmateriaalien tulosten keskiarvoilla ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa.

H_1 : pakkausmateriaalien tulosten keskiarvoilla on tilastollisesti merkitsevä ero.

Anova: Single Factor

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
A	4	2317.704	579.4261	642.2445
B	4	2499.367	624.8417	2550.638
C	4	2448.591	612.1478	1752.415
D	4	2604.804	651.201	4403.39

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	10666.02	3	3555.341	1.521215	0.259407	3.490295
Within Groups	28046.06	12	2337.172			
Total	38712.08	15				

p>0.05

Täysjyväleivän ensimmäisen taikinaerän 1. päivän mittausten keskiarvojen p-arvo on 0,259407. Johtopäätös $p > 0,05$, H_0 jää voimaan. Pussinäytteiden tulosten keskiarvojen välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa. Väärän johtopäätöksen todennäköisyys on 25,9 %.

Täysjyvävuokaleivän ensimmäisen taikinaerän 3. päivän mittausten yksisuuntaisen varianssianalyysin tulokset

Yksisuuntaiselle varianssianalyysille asetettiin hypoteesit:

H_0 : pakkausmateriaalien tulosten keskiarvoilla ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa.

H_1 : pakkausmateriaalien tulosten keskiarvoilla on tilastollisesti merkitsevä ero.

Anova: Single Factor

SUMMARY					
<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>	
A	4	2790.763	697.6909	2411.984	
B	4	2754.01	688.5025	1071.802	
C	4	2810.863	702.7157	1264.2	
D	4	2808.687	702.1719	2391.041	

ANOVA						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	518.9162	3	172.9721	0.096916	0.960248	3.490295
Within Groups	21417.08	12	1784.757			
Total	21936	15				

p>0.05

Täysjyväleivän ensimmäisen taikinaerän 3. päivän mittausten keskiarvojen p-arvo on 0,960248. Johtopäätös $p > 0,05$, H_0 jää voimaan. Pussinäytteiden tulosten keskiarvojen välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa. Väärän johtopäätöksen todennäköisyys on 96 %.

Täysjyvävuokaleivän ensimmäisen taikinaerän 8. päivän mittausten yksisuuntaisen varianssianalyysin tulokset

Yksisuuntaiselle varianssianalyysille asetettiin hypoteesit:

H_0 : pakkausmateriaalien tulosten keskiarvoilla ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa.

H_1 : pakkausmateriaalien tulosten keskiarvoilla on tilastollisesti merkitsevä ero.

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
A	4	3041.067	760.2668	2921.393
B	4	3473.967	868.4918	500.4962
C	4	3291.499	822.8749	1896.26
D	4	3326.581	831.6453	528.1664

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	24242.78	3	8080.927	5.528903	0.012828	3.490295
Within Groups	17538.95	12	1461.579			
Total	41781.73	15				

p<0,05

Täysjyväleivän ensimmäisen taikinaerän 8. päivän mittausten keskiarvojen p-arvo on 0,012828. Johtopäätös $p<0,05$, H_0 :a hylätään. Pussinäytteiden tulosten keskiarvojen välillä on tilastollisesti merkitsevä ero. Väärän johtopäätöksen todennäköisyys on 1,28 %.

Tulkinta: A-näyte arvioitiin parhaimmaksi pakkausmateriaaliksi. A-pakkausmateriaali eli nykyisin käytetyn 35 μ m paksuisen polyeteenin keskiarvo on 760,2668. Tuloksen syytä ei ole tiedossa, mutta on hyvä huomioida, että A-pakkausmateriaali on alkuperäinen pussi, johon leivät pakattiin koneellisesti. Muihin pusseihin leivät pakattiin käsin, leivät olivat hetkellisesti ilman pakkausta. Analyysin tulokset ovat tilastollisesti merkitseviä, $p<0,01$.

Täysjyvävuokaleivän toisen taikinaerän 1. päivän mittausten yksisuuntaisen varianssianalyysin tulokset

Yksisuuntaiselle varianssianalyysille asetettiin hypoteesit:

H_0 : pakkausmateriaalien tulosten keskiarvoilla ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa.

H_1 : pakkausmateriaalien tulosten keskiarvoilla on tilastollisesti merkitsevä ero.

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
A	4	2192.655	548.16365	1071.722
B	4	2004.651	501.1628	247.2279
C	4	2057.87	514.4674	73.1461
D	4	2157.771	539.4427	623.0278

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	5686.701	3	1895.566956	3.762682	0.040956	3.490295
Within Groups	6045.37	12	503.7808446			
Total	11732.07	15				

p<0.05

Täysjyväleivän toisen taikinaerän 1. päivän mittausten keskiarvojen p-arvo on 0,040956. Johtopäätös $p < 0,05$, H_0 :a hylätään. Pussinäytteiden tulosten keskiarvojen välillä on tilastollisesti merkitsevä ero. Väärän johtopäätöksen todennäköisyys on 4,09 %.

Tulkinta: Yhden päivän aikana pakkausmateriaali on vaikuttanut suuresti leipänäytteiden pehmeuteen. Keskiarvojen mukaan pehmeimmät näytteet ovat B-pussinäytteet (501,1628) ja kovimmat A-pussinäytteet (548,1637). Toiseksi pehmein oli C-pussinäyte (514) ja kolmanneksi D-pussinäyte (539). Tulokset ovat tilastollisesti melkein merkitseviä, sillä $p < 0,05$.

Täysjyvävuokaleivän toisen taikinaerän 3. päivän mittausten yksisuuntaisen varianssianalyysin tulokset

Yksisuuntaiselle varianssianalyysille asetettiin hypoteesit:

H_0 : pakkausmateriaalien tulosten keskiarvoilla ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa.

H_1 : pakkausmateriaalien tulosten keskiarvoilla on tilastollisesti merkitsevä ero.

Anova: Single Factor

SUMMARY					
<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>	
A	4	2549.657	637.4143	1834.413	
B	4	2426.514	606.6284	287.0418	
C	4	2426.514	606.6284	287.0418	
D	4	2433.558	608.3896	2624.269	

ANOVA						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	2744.183	3	914.7276	0.727018	0.555245	3.490295
Within Groups	15098.3	12	1258.191			
Total	17842.48	15				

p>0.05

Täysjyväleivän toisen taikinaerän 3. päivän mittausten keskiarvojen p-arvo on 0,555245. Johtopäätös $p > 0,05$, H_0 jää voimaan. Pussinäytteiden tulosten keskiarvojen välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa. Väärän johtopäätöksen todennäköisyys on 55,5 %.

Täysjyvävuokaleivän toisen taikinaerän 8. päivän mittausten yksisuuntaisen varianssianalyysin tulokset

Yksisuuntaiselle varianssianalyysille asetettiin hypoteesit:

H_0 : pakkausmateriaalien tulosten keskiarvoilla ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa.

H_1 : pakkausmateriaalien tulosten keskiarvoilla on tilastollisesti merkitsevä ero.

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
A	4	3290.244	822.5611	874.5954
B	4	2927.78	731.9449	658.5211
C	4	2916.242	729.0606	608.3405
D	4	2968.36	742.0901	471.6601

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	23710.22	3	7903.408	12.09805	0.000612	3.490295
Within Groups	7839.351	12	653.2793			
Total	31549.57	15				

p<0.05

Täysjyväleivän toisen taikinaerän 8. päivän mittausten keskiarvojen p-arvo on 0,000612. Johtopäätös $p < 0,05$, H_0 :a hylätään. Pussinäytteiden tulosten keskiarvojen välillä on tilastollisesti merkitsevä ero. Väärän johtopäätöksen todennäköisyys on 0,06 %.

Tulkinta: Keskiarvojen mukaan pehmeimmät näytteet ovat C-pakkausmateriaalinäytteet (729,0606) ja kovimmat A-pakkausmateriaalinäytteet (822,5611). Ensimmäisen mittauspäivän kovuuskeskiarvot poikkesivat tilastollisesti melkein merkitsevästi. A-pussinäytteiden kovuuskeskiarvot olivat huonoimmat ensimmäisestä mittauspäivästä asti. Tämän taikinaerän analyysistä saatiin tulokseksi, että täysjyväpaahtoleivän pehmeys säilyy parhaiten C- ja B-pakkausissa eli 45 μm - ja 40 μm paksuisissa polyeteeneissä. C-näyte on 2,9 yksikköä pehmeämpi kuin B-näyte. Tuloksen varmistamiseksi C- ja B-pakkausmateriaaleille tulisi tehdä lisämittauksia. Kahdeksannen päivän yksisuuntaisen varianssianalyysin tulokset ovat tilastollisesti erittäin merkitseviä, sillä $p < 0,001$.

Kosteusmittausten tulokset

Vehnävuokaleivän ensimmäisen taikinaerän kaksisuuntaisen varianssianalyysin tulokset.

H_0 : pakkausmateriaalien tulosten keskiarvoilla ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa.

H_1 : pakkausmateriaalien tulosten keskiarvoilla on tilastollisesti merkitsevä ero.

	1. päivä	3. päivä	8. päivä
A	37.64	37.78	37.51
	37.795	37.48	37.49
	37.9	37.24	37.42
B	37.71	37.87	37.52
	37.675	37.55	37.41
	37.515	36.70	37.87
C	37.865	36.36	37.43
	37.37	37.57	37.27
	38.185	37.53	36.79
D	37.785	37.47	37.24
	37.67	37.75	37.23
	37.53	36.64	37.21

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit	
Sample	0.292747	3	0.097582	0.719089	0.550346	3.008787	p>0,05
Columns	1.120972	2	0.560486	4.130248	0.02874	3.402826	
Interaction	0.344594	6	0.057432	0.423222	0.856182	2.508189	
Within	3.256867	24	0.135703				
Total	5.015181	35					

Johtopäätös $p > 0,05$ ($p = 0,550346$), H_0 jää voimaan. Pussinäytteiden tulosten keskiarvojen välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa. Väärän johtopäätöksen todennäköisyys on 55 %.

Vehnävuokaleivän toisen taikinaerän kaksisuuntaisen varianssianalyysin tulokset.

H_0 : pakkausmateriaalien tulosten keskiarvoilla ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa.

H_1 : pakkausmateriaalien tulosten keskiarvoilla on tilastollisesti merkitsevä ero.

	1. päivä	3. päivä	8. päivä
A	38.175	38.32	38.35
	38.355	37.835	38.315
	38.355	38.125	37.685
B	38.165	38.36	37.895
	37.88	38.03	38.425
	38.01	38.235	38.415
C	37.855	38.06	37.78
	38.02	38.165	37.83
	38.365	37.9	37.98
D	37.62	38.145	37.995
	38.43	38.465	37.815
	38.385	38.28	37.68

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit	
Sample	0.171244	3	0.057081	0.971864	0.422275	3.008787	p>0,05
Columns	0.146543	2	0.073272	1.247514	0.305184	3.402826	
Interaction	0.435518	6	0.072586	1.235848	0.32324	2.508189	
Within	1.409617	24	0.058734				
Total	2.162922	35					

Johtopäätös $p > 0,05$ ($p = 0,422275$), H_0 jää voimaan. Pussinäytteiden tulosten keskiarvojen välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa. Väärän johtopäätöksen todennäköisyys on 42,2 %.

Täysjyvävuokaleivän ensimmäisen taikinaerän kaksisuuntaisen varianssianalyysin tulokset.

H_0 : pakkausmateriaalien tulosten keskiarvoilla ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa.

H_1 : pakkausmateriaalien tulosten keskiarvoilla on tilastollisesti merkitsevä ero.

	1. päivä	3. päivä	8. päivä
A	39.85	40	40.18
	40.15	40.225	40.25
	39.585	40.275	40
B	40.25	39.265	40.065
	40.235	39.9	40.365
	40.13	40.245	40.32
C	40.34	40.165	39.655
	39.685	40.305	39.55
	40.12	40.39	39.955
D	40.23	40.42	39.92
	40.18	40.105	39.985
	40.24	40.26	40.6

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Sample	0.197241	3	0.065747	1.080181	0.376277	3.008787
Columns	0.023339	2	0.011669	0.191721	0.826789	3.402826
Interaction	1.011228	6	0.168538	2.76897	0.03438	2.508189
Within	1.4608	24	0.060867			
Total	2.692608	35				

p>0,05

Johtopäätös $p > 0,05$ ($p = 0,376277$), H_0 jää voimaan. Pussinäytteiden tulosten keskiarvojen välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa. Väärän johtopäätöksen todennäköisyys on 37,6 %.

Täysjyvävuokaleivän toisen taikinaerän kaksisuuntaisen varianssianalyysin tulokset.

H_0 : pakkausmateriaalien tulosten keskiarvoilla ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa.

H_1 : pakkausmateriaalien tulosten keskiarvoilla on tilastollisesti merkitsevä ero.

	1. päivä	3. päivä	8. päivä
A	41.07	41.125	40.54
	40.675	41.41	40.965
	41.09	40.855	40.555
B	40.995	41.005	40.87
	40.95	40.95	41.09
	41.105	40.925	40.975
C	41.05	40.85	40.89
	41.095	41.255	41.085
	41.02	41.31	41.2
D	41.045	41.32	40.945
	41.12	41.275	40.86
	40.845	41.325	41.245

ANOVA							
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>	
Sample	0.207119	3	0.06904	2.294521	0.103473	3.008787	p>0.05
Columns	0.243913	2	0.121956	4.053199	0.030439	3.402826	
Interaction	0.248254	6	0.041376	1.375115	0.26465	2.508189	
Within	0.722133	24	0.030089				
Total	1.421419	35					

Johtopäätös $p > 0,05$ ($p = 0,103473$), H_0 jää voimaan. Pussinäytteiden tulosten keskiarvojen välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa. Väärän johtopäätöksen todennäköisyys on 10,3 %.

Aistinvaraisen arvioinnin tulokset

Tulosten analysoimisessa käytettiin R-ohjelmaa ja Notepad++ - apuohjelmaa.

Ensin maistajien tulokset tallennettiin Notepad++ :lle pussi_maistaja_tulos.txt-nimiseksi tiedostoksi.

tulos	pussi	maistaja
1	A	1
3	A	2
-1	A	3
-2	A	4
.	B	1
.	B	2
.	.	.

Tämän jälkeen syötettiin R- ohjelmaan seuraavat komennot:

```
aisti <- read.table ('pussi_maistaja_tulos.txt',header=TRUE) #Luetaan data.
```

```
attach (aisti) #Viittaa otsikkoihin
```

```
friedman.test (tulos,pussi,maistaja) #Friedman-testi
```

```
plot (pussi,tulos) #Box and Whisker kuvaaja
```

Taulukko. Friedman-testin tulokset.

Leipänäyte	p-arvo
Käsituntuma Vehnävuokaleipä	0,77
Suutuntuma Vehnävuokaleipä	0,2275
Käsituntuma Täysjyvävuokaleipä	0,6644
Suutuntuma Täysjyvävuokaleipä	0,1905

Johtopäätös p-arvot ovat $p > 0,05$, H_0 jää voimaan. Pussinäytteiden tulosten välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa. Väärän johtopäätöksen todennäköisyys on:

Käsituntuma Vehnävuokaleipä 77 %

Suutuntuma Vehnävuokaleipä 22,8 %

Käsituntuma Täysjyvävuokaleipä 66,4 %

Suutuntuma Täysjyvävuokaleipä 19 %

D-laminaattipakkauksessa hikoilleita leipiä

