

# LIEMITYSJAUHEEN TUOTEKEHITYS JA PANEROINNIT



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Bio- ja elintarviketekniikka, Visamäki

kevät 2021

Jenni Ahlqvist

---

Tekijä	Jenni Ahlqvist	Vuosi 2021
Työn nimi	Liemitys jauheen tuotekehitys ja paneroinnit	
Ohjaaja	Helena Kautola	

---

## TIIVISTELMÄ

Työn toimeksiantaja on MP-Maustepalvelu Oy, joka on osa Barentz-konsernia. MP-Maustepalvelu Oyn toimialaan kuuluvat erilaiset elintarvikekomponentit. Sen toimipiste sijaitsee Hämeenlinnassa. Työn tarkoituksena oli kehittää uusi gluteeniton liemitys jauheresepti kaupallisen liemitys jauheen tilalle. Kehitystyötä varten koottiin tietoa paneerauksista, paneerausprosessista sekä liemityksistä. Liemitysten komponentteja tarkasteltiin tarkemmin kirjallisessa osuudessa.

Kokeellinen työ aloitettiin kokeilemalla eri tärkkelysten toiminnallisia ominaisuuksia. Valittiin modifioitu tärkkelys ja kaksi gluteenitonta jauhoa, peruna- ja maissijauho, joiden määrää reseptissä muutettiin. Eri liemitysversioita verrattiin keskenään niiden viskositeetin ja tarttuvuuden avulla. Tarttuvuutta mitattiin massan avulla sekä aistinvaraisesti. Näitä tuloksia verrattiin keskenään.

Tehtyjen kokeiden perusteella liemitys jauheresepti ei ole vielä tarpeeksi hyvä korvaamaan kaupallista versiota. Parhaimmat tulokset saatiin kuitenkin käyttämällä perunajauhoa maissijauhon sijasta. Viskositeetti ei suoraan korreloinut aistinvaraisesti todettua tarttuvuuden onnistumista, mutta kulki käsi kädessä massan avulla todettuun tarttuvuuteen.

Avainsanat Liemitys, paneeraus, tärkkelykset

Sivut 42 sivua, joista liitteitä 3 sivua

---

Author Jenni Ahlqvist

Year 2021

Subject Development of Batter Coating and Breadings

Supervisor Helena Kautola

---

## ABSTRACT

The work is commissioned by MP-Maustepalvelu Oy, which is part of the Barentz Group. MP-Maustepalvelu Oy's business area includes various food processing components. Its office is located in Hämeenlinna. The purpose of this work was to develop a new gluten-free batter coating powder recipe to replace commercial one. For the development work, information was collected on breading itself, the breading process and batter coating. The components of the batters were discussed in more detail in the written section.

The experimental work began by experimenting with the functional properties of different starches. Modified starch and two gluten-free flours, potato and corn flour, were selected, the amount of which was changed in the recipe. The different versions of batters were compared with each other in terms of their viscosity and adhesion. Adhesion was measured by mass as well as organoleptic. These results were compared.

Based on the experiments done, the broth powder recipe is not yet good enough to replace the commercial version. However, the best results were obtained using potato flour instead of corn flour. The viscosity did not directly correlate with the sensory success of the adhesion observed, but went hand in hand with the adhesion observed with the mass.

Keywords Batter coating, Breading, Starches

Pages 42 pages including appendices 3 pages

# Sisällys

1	JOHDANTO.....	1
2	PANEROINTI.....	2
2.1	Paneeraustyyppit .....	2
2.2	Liemitys .....	5
2.3	Liemityksen vaikutus paneeraukseen .....	6
2.4	Paneerausprosessi.....	8
3	LIEMITYKSEN JAUHOT JA TÄRKKELYKSET .....	10
3.1	Tärkkelykset.....	11
3.2	Tärkkelysten rakenne .....	11
3.3	Tärkkelysten ominaisuudet .....	12
3.4	Proteiini .....	13
3.5	Eri tärkkelyslähteet.....	14
3.6	Tärkkelysten käsittely / modifiointi.....	15
4	LIEMITYSJAUHEEN MUUT KOMPONENTIT .....	18
4.1	Hydrokolloidit yleisesti.....	18
4.2	Metyyliselluloosa.....	19
4.3	Ksantaani ja guarkumi .....	19
4.4	Proteiinit.....	20
4.5	Nostatusaineet .....	20
5	TOIMINNALLINEN OSUUS.....	21
5.1	Koesuunnitelma .....	21
5.2	Raaka-aineet.....	22
5.3	Materiaalit ja menetit .....	23
6	TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU .....	25
6.1	Liemitysten viskositeetti .....	25
6.2	Tarttuvuus massan avulla.....	28
6.3	Tarttuvuus aistinvaraisesti .....	30
6.4	Viskositeetin ja tarttuvuuden riippuvuus.....	33
7	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA .....	35
7.1	Työn onnistuminen .....	35
7.2	Tulosten luotettavuus .....	36
7.3	Jatkoksi .....	36
	LÄHTEET .....	37
	KUVALÄHTEET.....	38

## Kuvat, taulukot ja kaavat

Kuva 1. Liemitys (Ingredion, n.d.) .....	5
Kuva 2. Kanankoipien esileivitys. (Asia Pacific Food Industry, 2017) .....	9
Kuva 3. Liemitettyjen kanafileiden paneeraus. (Asia Pacific Food Industry, 2017) .....	10
Kuva 4. Amyloosin ja amylopektiinin rakenne. (Sanyang ym., 2018, s. 130.) .....	12
Kuva 5. Eri tavalla modifioidut tärkkelykset luokitellaan eri E-numeroiksi. (Kathuria ym., s.351) .....	17
Kuva 6. Brookfield DV-I Prime. ....	24
Kuva 7. Kaupallisella liemityksellä valmistettu leike. ....	30
Kuva 8. Valmiit wienin leikkeet kokonaisina. ....	31
Kuva 9. Leikkeet halkaistuna. ....	32
Kuva 10. E-versiot, joista E2 erittäin onnistunut. ....	33
Kuva 11. D-versiot, joista D2 erittäin onnistunut. ....	33
Taulukko 1. Raaka-aineiden määrät liemitysjauheissa. ....	22
Taulukko 5. Viskositeetti .....	40
Taulukko 6. Massa ennenliemitystä, liemityksen jälkeen ja paneroinnin jälkeen. ....	40
Taulukko 7. Komponentin osuus koko massasta. ....	41
Taulukko 8. Massan prosentuaalinen kasvaminen. ....	41
Taulukko 9. Komponenttien massat. ....	42

## Liitteet

Liite 1	Tulostaulukot
---------	---------------

## 1 Johdanto

Erilaisia paneerauksia käytetään elintarvikkeiden päällä tuomaan tuotteille herkullisia ominaisuuksia. Ruokaa paneroidaan monissa ruokakulttuureissa, joten panerointitapoja on myös monia. Paneroinnin tarttumiseen ja kiinni pysymiseen käytetään usein syötäviä kalvoja eli liemityksiä. Liemitys on matalaviskoosinen taikina, joka tarttuu tiukasti paneroitavaan tuotteeseen sekä sitoo paneerauksen tuotteeseen. Kotikeittiössä liemityksen sijasta käytetään yleensä kananmunaa. Kotioloissa paneroitava tuote käytetään jauhoissa, kananmunassa ja paneerausmurussa ennen paistoa.

Työssä käydään läpi erilaisia paneerauksia sekä paneerausprosessia kokonaisuudessaan. Liemityksen vaikutusta korostetaan, sillä työn yhtenä tavoitteena on kehittää liemitysjauheresepti MP-Maustepalvelu Oylle.

Liemityksen ominaisuuksiin vaikuttavia komponentteja käsitellään kirjallisessa osuudessa, jotta saadaan pohjatietoa työn kokeelliseen osaan.

Opinnäytetyön keskeisiä tutkimuskysymyksiä ovat:

1. Millä raaka-aineilla saadaan liemitykselle hyvä toiminnallisuus?
2. Miten liemityksen ominaisuudet vaikuttavat panerointiin?
3. Miten eri reseptivariaatiot vaikuttavat lopputulokseen?

## 2 Panerointi

### 2.1 Paneeraustyytit

Paneeraus saa eri tyylliset ruuat näyttämään ja maistumaan hyvältä. Lisäksi paneeraus suojaa tuotteen flavoria, tekstuuria ja ulkonäköä. (Dyson, 1992, s. 181) Paneeraukset ovat yleensä viljapohjaisia ja sisältävät tyypillisesti jonkun viljan jauhoa, paneerausmuruja ja maissijauhoa. Myös aamupalamuroista, pretzeleistä, maissilastuista ja kokojyvätuotteista valmistetut paneeraukset ovat nykyään trendikkäitä. Paneeraustyyli vaikuttaa tekstuuriin, väriin, flavoriin ja öljyn imeytymiskykyyn paistossa. Erilaiset paneeraukset voidaan jakaa muutamiiin ryhmiin: jauhopaneeraukseen, erilaisiin korppupaneerauksiin, amerikkalaistyylliseen leivänmurupaneeraukseen ja japanilaiseen pankopaneeraukseen. (Perera ym., 2014, s. 133) Käytettävä paneeraustyyli riippuu sen käyttökohteesta. (Sanz ym., 2012, s. 470)

Paneeraus voidaan tehdä suoraan paneroitavaan tuotteeseen, mutta yleensä tuote liemitetään ensiksi. Tällainen paneeraus on kompleksisempi, sillä sen sisältämä liemitys toimii tahmeana liimana paneerausmurulle. (Sanz ym., 2012, s. 469)

Paneerauksella voidaan maustaa tuotetta. Paneerausmuru voidaan maustaa murun valmistusvaiheessa, jolloin pitää huomioida sen lämmönkestävyys tuotteen kypsennyksessä. (Suderman 1990, ss. 73–91)

#### 2.1.1 Jauhopaneeraus

Yksinkertaisin paneeraustyyli on jauhopaneeraus. Se on ulkonäöllisesti itsetehdyn näköinen. (Sanz ym., 2012, s. 470). Tyypillisesti paneerauksessa käytetään vehnäjauhoa, mutta myös erityyppisiä riisi-, maissi- ja soijajauhoja voidaan käyttää. Lopputuotteen tekstuuri, väri ja rasvaisuus riippuvat käytetystä jauhosta. (Perera ym., 2014, s. 133) Paneerauksessa voidaan käyttää myös jauhosekoituksia, tärkkelyksiä, kumeja, väriaineita ja mausteita. (Sanz ym., 2012, s. 470)

### 2.1.2 Korppupaneeraus

Teollisessa paneerausprosessissa paneroitava kappale kuorrutetaan liemityksellä, jonka jälkeen kuljetin vie sen korppujauhopedille ja kuljettaa korppujauhoverhon lävitse tasaisen paneroinnin varmistamiseksi. (Fellows, 2009, s. 459) Tyypillinen korppujauho koostuu jauhoista, vedestä ja nostatusaineesta. (Myllynparas, n.d. ; Hall, 2012, s. 309) Tosinaan käytetään lisäksi rasvaa, suolaa, sokeria ja väriainetta. Kuivat aineet sekoitetaan veden kanssa tiiviiksi taikinaksi, joka muotoillaan levyksi ennen paistamista. Paistoaika riippuu taikinan paksuudesta, lämpötilasta ja kosteuspitoisuudesta. Paistettu taikinalevy rikotaan murskausmyllyssä halutun kokoisiksi partikkeleiksi. (Perera ym., 2014, s. 133) Saatavilla on erilaisia paneerauskorppuja, joiden ulkomuoto vaihtelee hiutaleista pallomaisiin ja purutuntumaltaan kovista paloista suussa sulaviin ja hienorakenteisiin. (Hall, 2012, s. 309)

### 2.1.3 Cracker-tyyppinen paneeraus

Cracker-paneeraus on voileipäkeksien tyyppisistä muruista tehty paneeraus. Se on yleisesti teollisuudessa käytetty. Cracker-paneerausta pidetään ensimmäisenä paneeraustyyppinä sen yksinkertaisen reseptin vuoksi, sillä se sisältää yksinkertaisimmillaan vain jauhoa ja vettä. Joihinkin resepteihin lisätään suolaa ja sokeria. (Perera ym., 2014, s. 134) Toisinaan taikina hapatetaan, jolloin sen sisältämä proteiiniverkko muuttuu. Hapatuksen jälkeen taikina laminoidaan, leikataan ja levitetään. Proteiinimodifikaation ja laminoinnin yhdistelmä antaa pikkuleiville niille ominaisen hiutalemaisesta ja kuplaisen rakenteen. (Gallagher, 2008, s. 324) Taikinaa kypsennetään, kunnes sen kosteuspitoisuus on 30-35 %. Jauhamisen jälkeen tehdään toisinaan toinen kuivatus. Jauhettaessa saadaan tasaisia partikkeleita, joiden rakenne on kiinteä ja lopullinen kosteus on noin 8-10 %. Tämä kosteustaso varmistaa pikkuleipämurulle pitkän ajan stabiilisuuden ja lisää sen imukykyä. Pikkuleipämurua voidaan käyttää itsekseen tai osana muuta paneerausseosta. Tätä paneeraustyyppiä käytetään laajalti kalatuoteissa, joissa se tekee pinnasta kovan ja rapean. (Sanz ym., 2012, s. 470; Perera ym., 2014, s. 134)

#### 2.1.4 Panko

Panko on peräisin 1970-luvun Japanista ja siitä käytetään myös lyhennettä JBC eli Japanese Bread Crumbs. Pankomurujen valmistus perustuu dielektriseen prosessiin, missä sähköä johdetaan taikinan läpi lämmön tuottamiseksi. Dielektrinen kypsennys kypsentää taikinan nopeasti eikä taikinaan muodostu kuorta. Murut jäävät tällöin vaaleiksi. Kypsennysmetodin takia ainesosien suhteet ovat tarkat. Liian matala suolapitoisuus ei kypsennä taikinaa kunnolla, kun taas liian korkea suolapitoisuus polttaa sen. Kypsennyksen jälkeen massa rikotaan, kuivataan ja lajitellaan partikkelikoon mukaan. Prosessin jälkeen murut ovat hentoja ja huokoisia, jonka seurauksena paneeraus on rapea. Pankopaneerausta käytetään usein katkaravuille. (Perera ym., 2014, s. 135; ks. myös Sanz ym., 2012, s. 470)

#### 2.1.5 Amerikkalainen

Amerikkalaisesta paneeraustyylistä käytetään myös lyhennettä ABC, mikä tulee englanninkielisistä sanoista American Bread Crumb. Yksinkertaisimmillaan selitettynä paneeraus koostuu siis kuivista leivän muruista. Usein paneerausmurut tehdään kuitenkin käyneestä taikinasta, joka muistuttaa vaaleaa paahtoleipää. Koko leipä prosessoidaan muruiksi ja panerointi antaa tällöin gourmet-tyyppisen ulkonäön. Muru on herkkää prosessoinnille ja rakenteeltaan cracker-paneerausmurua pehmeämpää, huokoisempaa ja on alttiimpi imemään öljyä ja kosteutta. Amerikkalaiset paneerausmurut muodostavat rapean paneerauksen ja toimivat hyvin uunissa rekonstruoiduilla ja rasvakeittimessä valmistettavilla tuotteilla. Paneerausmuruja on saatavilla eri kokoisina ja niitä käytetään paneerauksen lisäksi myös usein merenelävien kosteuden ylläpitämiseen. (Perera ym., 2014, ss. 134–135) Amerikkalainen paneerausmuru antaa paneroitavalle tuotteelle erinomaisen ulkonäön erikokoisten murujen ansiosta. (Dyson, 1992, s. 179) Amerikkalaiset paneerausmuruilla on taipumus myös tummua. (Sanz ym., 2012, s. 470)

### 2.1.6 Tempura

Tempura on kevyt japanilainen paneeraustaikina. (Japan-guide, 2019)

Tempurataikinalla on korkea kuiva-ainepitoisuus ja se koostuu usein jauhosta, tärkkelyksestä, vedestä ja nostatusaineista. Taikina on viskoosia, mutta on herkkä yliprosessoinnille nostatusaineiden takia. Uppopaistettaessa taikina muuttuu ilmavaksi ja päältä rapeaksi. Se sisältää paljon nostatusaineiden synnyttämiä ilmataskuja. (Barbut, 2015)

### 2.2 Liemitys

Liemitys on nestemäinen taikina, joka luo liimapinnan tuotteen ja paneerauksen väliin. (Barbut, 2015) Se sisältää pitkälti jauhoa ja vettä. Paneroitava tuote kastetaan liemitykseen (ennen panerointia) ja kypsennetään paistamalla, jolloin liemityksen sisältämät nostatusaineet kohottavat liemitystä. (Fizman, Salvador, 2013, s. 399)

Kuva 1. Liemitys (Ingredion, n.d.)



Liemitystä käytetään, sillä se parantaa uppopaistetun tuotteen ulkonäköä, flavoria ja rakennetta. Se vähentää tuotteen kuivumista, vaikuttaa ruskistumiseen ja antaa rapean pinnan paneeraukselle. (Amini ym., 2015, s. 880)

Liemitys edesauttaa tuotteen ominaisuuksien säilymistä pakastettaessa ja uudelleen lämmitettäessä. Liemitys toimii esteenä kosteuden menetykselle. Täten lopputuote pysyy sisäpuolella mureana ja mehukkaana ja ulkopuolelta rapeana. (Amini ym., 2015, s. 880)

Liemityksen haasteita ovat prosessoinnin kestäminen, oikea aikataulutus prosessissa sekä tiksotrofia. Liemityksen reologisten ominaisuuksien huomiointi prosessin optimoinnissa on tärkeää, jos halutaan pitää liemityksen ominaisuudet, tarttuvuus ja yhtenäinen adheesio. (Fizman ym., 2003, s. 400) Oikean paksuuden ylläpito liemityksen valmistuksessa ja annostelussa on kriittistä tasaisen peittyvyyden ja tarttuvuuden takaamiseksi. (Loewe, 2011, s. 15)

Liemityksen reologisiin ominaisuuksiin vaikuttavia tekijöitä ovat ainesosien koostumus ja määrä, kuiva-aineiden ja veden suhde sekä lämpötila. Kuten muidenkin nesteiden, reologisiin ominaisuuksiin vaikuttavat leikkausvoimat, sekoituksen kesto ja aikaisempi lämpökäsittely tai prosessointi. (Fizman ym., 2003, s. 400)

Kuiva liemitysjauhe sisältää useimmiten 80-90 % jauhoa. (Perera ym., 2014, s. 140) Kylmät systeemit vaativat vähemmän kuiva-ainetta kuin lämpimät systeemit. (Loewe, 2011, s. 10)

### **2.3 Liemityksen vaikutus paneeraukseen**

Liemityksen viskositeetti on avainasemassa laadukkaassa paneerauksessa. Se on yksi tärkeimmistä tekijöistä määritettäessä sen suorituskykyä paistettaessa. Viskositeetti vaikuttaa tarttuvuuteen, tuotteen käsittelyyn, sen ulkonäköön ja lopulliseen rakenteeseen. (Fizman ym., 2003, s. 400) Liemityksen viskositeetilla on huomattava vaikutus liemityksen ja substraatin adheesioon. Viskositeetti vaikuttaa liemityksen tarttuvuuteen ja määrään, tuotteen ulkonäköön, rakenteeseen ja paneroidun tuotteen käsittelyyn. Paneroinnin tarttuvuuteen vaikuttaa myös käytetty panerointityyppi. (Perera ym., 2014, s. 139) Loogisesti viskoosimpi liemitys parantaa paneerauksen saantoa enemmän kuin ohut nestemäinen suspensio. (Loewe, 2011, s. 9)

Liemityksen viskositeetin nostaminen vähentää öljyn imeytymistä. (Soorgi ym., 2012, s. 1530) Ohut ja matalaviskositeettinen liemitys, jonka vedensidontakyky on heikko, luo heikon liemityspinnoitteen, joka myös imee paljon öljyä. Öljyn imeytymisen ja veden irtoamisen välillä on vahva yhteys. (Fizman ym., 2003, s. 400)

Hydrokolloidien korkean vedensidontakyvyn ansiosta liemitykselle saadaan hyvä viskositeetti ja kyky vangita nostatusaineiden tuottamat kaasut liemityksen sisään. (Amini ym., 2015, s. 880) Hydrofobiset vuorovaikutukset molekyylien välillä metoksyyliryhmien kanssa muodostavat öljyyn liukenemattoman kalvon, jolla on termisesti palautuvat geelitymisominaisuudet, jotka estävät öljy- ja vesimolekyylien läpäisyn kuumennuksen aikana. (Chen ym., 2008, s. 1341) Hydrokolloidien, kuten kumien, proteiinien, selluloosien ja modifioitujen tärkkelysten, käyttö on osoittautunut tehokkaaksi tavaksi vähentää öljyn imeytymistä. (Amini ym., 2015, s. 880; Sanz ym., 2004, s. 227; Chen ym., 2008, ss. 1337–1338)

Tarttuvuus on paneroidun ruoan kriittinen ominaisuus, joka on liitetty kumeihin. Sakeuttajien tehokkuus tarttuvuuden parantamiseksi johtuu joidenkin hydrokolloidien, kuten selluloosan ja sen johdannaisten, geelinmuodostusominaisuuksista. Tutkimusten mukaan viskositeetin ja adheesion välillä on korrelaatio hydrokolloideja käytettäessä. Kuitenkin ksantaanikumi oli ainoa, joka paransi adheesiota. Tärkkelykset, joilla on korkea amylaasipitoisuus, paransivat paneroitujen tuotteiden adheesiota. (Sanz ym., 2012, s. 471)

Liemityksen mikrorakenne paistamisen jälkeen vaikuttaa tuotteen tekstuuriin, rasvan imeytymiseen ja kosteuden menetykseen. Nämä puolestaan vaikuttavat tuotteen aistinvaraisiin ja tekstuurisiin ominaisuuksiin sekä sen ravintoarvoihin. (Perera ym., 2014, s. 151)

## 2.4 Paneerausprosessi

### 2.4.1 Muotoilu

Jos paneroitava tuote ei ole kokolihaa, tuote muotoillaan halutun muotoiseksi. Massa voidaan muotoilla joko käsin tai koneella nugetiksi tai pihviksi. Markkinoilla on kaksi erityyppistä konetta muotoiluun: niin sanottu korkean paineen muotoilija ja matalan paineen muotoilija. (Barbut, 2015)

### 2.4.2 Esileivitys

Esileivitystä käytetään parantamaan paneerauksen adheesiota kokonaisuudessaan, parantamaan paneerauksen saantoa sekä lisäämään flavoria ja rapeutta. (Fi&S, n.d.) Esileivityksessä paneroitava tuote leivitetään ohuella jauhokerroksella tai toisinaan hienojakoisella paneerausmurulla. (Barbut, 2015) Tärkkelyksiä, kumeja ja proteiineja voidaan käyttää esileivityksen apuaineina parantamaan sen ominaisuuksia. (Fizman ym., 2003, s. 401) Esileivitys on usein ensimmäinen kerros ennen liemitystä ja paneerausmurua. Esileivitystä ei kuitenkaan aina käytetä riippuen esimerkiksi paneroitavan tuotteen pinnankosteudesta, proteiinipitoisuudesta ja prosessin laitteistosta. Esileivityksen tarkoituksena on imeä paneroitavan tuotteen pinnalta vettä ja täten parantaa tuotteen kykyä muodostaa adheesio sen ja liemityksen välille. Esileivitystä käytetään myös tuotteen mausteiden ja makuaineiden kantajina, sillä alimmassa kerroksessa mausteiden hävikki prosessoinnissa on pienin. (Barbut, 2015; Fizman y., 2003, s. 401; ks. myös Sanz ym., 2012, s. 471)

Kuva 2. Kanankoipien esileivitys. (Asia Pacific Food Industry, 2017)



#### 2.4.3 Liemitys

Liemityksessä tuote päällystetään märällä liuoksella esimerkiksi upottamalla tuote liemitykseen tai valuttamalla liemitys tuotteen päälle. Liemitys luo pohjan paneerausmurun kiinnittymiselle. Liemitystyylillä riippuu liemityksen tyypistä ja ominaisuuksista. (Barbut, 2015)

#### 2.4.4 Paneeraus

Panerointi tehdään usein liemityksen jälkeen, mutta poikkeuksena se voidaan tehdä heti esileivityksen jälkeen, jos tuotteen pinta on märkä. Paneeraus vaikuttaa tuotteen ulkonäköön, rakenteeseen sekä lisää tuotteen volyyymiä ja massaa. (Barbut, 2015)

Teollisuudessa paneroitava tuote kuljetetaan liemityksestä panerointiin, missä se laskeutuu panerointimurukerrokselle, missä sen päälle myös ripotellaan panerointimurua. Panerointimurun määrä prosessissa on paljon suurempi, mitä tuote

pystyy ottamaan vastaan. Tuotteet siirretään varovaisesti eteenpäin ja puhaltimet poistavat ylimääräiset irtonaiset paneerausmurut. (Barbut, 2015)

Kuva 3. Liemitettyjen kanafileiden paneeraus. (Asia Pacific Food Industry, 2017)



#### 2.4.5 Paisto öljyssä

Tuotteet paistetaan useasta syystä. Paistaminen kiinnittää liemityksen ja paneerauksen tuotteeseen ja se saa ruskean tai keltaisen väri. Paisto kypsentää paneroitavan tuotteen ja luo tälle ominaisen tekstuurin ja suutuntuman. Lisäksi saadaan haitalliset mikro-organismit tuhottua. (Barbut, 2015)

Paisto voidaan tehdä nopeasti alle minuutissa, jolloin prosessin vaihetta voidaan nimittää flash-fryksi. Pidemmässä paistossa tuote yleensä kypsennetään kokonaan. Paiston pituus riippuu tuotteen ominaisuuksista ja vaatimuksista. (Barbut, 2015)

### 3 Liemityksen jauhot ja tärkkelykset

Jauhot ja tärkkelykset antavat liemitykselle ja paneeraukselle erilaisia ominaisuuksia. Ne auttavat viskositeetin kontrolloinnissa, liemityksen adheesiossa, kosteuden kontrolloinnissa ja paiston rapeudessa. Vehnäjauho on pääkomponentti monissa

liemityksissä ja paneerauksissa. Vehnän sisältämän proteiinin määrä ja sen kyky verkostoitua tuotteen pinnalla vaikuttavat lopputuotteen laatuun. Jauhojen luoma viskositeetti tukee adheesion synnyttämän tahmean verkoston vaikutusta rakenteeseen. (Perera ym., 2014, s. 140)

### 3.1 Tärkkelykset

Tärkkelys on kasvien merkittävä energiavarasto. Se luokitellaan kompleksiksi hiilihydraatiksi, mitä se kemiallisesti myös on. Ruuansulatuksessa tärkkelykset hajoavat melko nopeasti glukoosiksi. (Edwards, 2007, ss. 35–36)

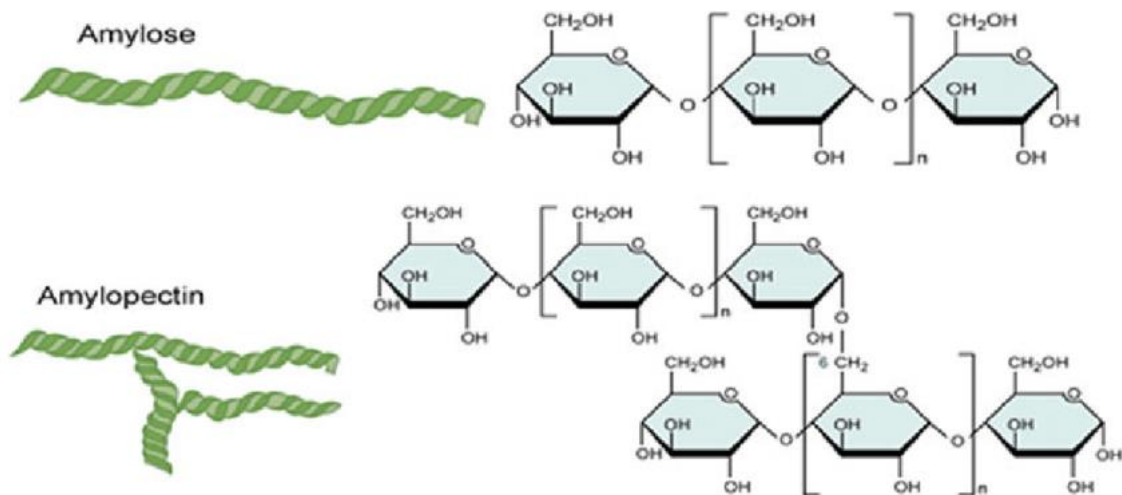
Tärkkelysten ensisijainen rooli on täydentää tai parantaa jauhojen luontaisten tärkkelysten toimintaa liemityksissä. (Meyers ym., 2011, s. 121) Tärkkelykset lisäävät tuotteen stabiilisuutta, jos tuote paistetaan ennen pakastamista. Rakeiset kylmäsaostuvat tärkkelykset auttavat lisäämään viskositeettia. Modifioitujen tärkkelysten pitoisuus voi vaihdella 5-40 % välillä riippuen niiden käyttötarkoituksesta ja tärkkelyksen ominaisuuksista. (Perera ym., 2014, s. 140)

Tärkkelyksiä käytetään myös yhdessä sakeuttajien ja proteiinien kanssa. Liemitysten muodostaminen kaikkien kolmen kalvomuodostajien avulla voi parantaa liemityksen eheyttä. Tietyissä tapauksissa on havaittu synergiaa tärkkelyksien, kumien ja proteiinien välillä tai osan näistä välillä. (Meyers ym., 2011, s. 121)

### 3.2 Tärkkelysten rakenne

Kemiallisesti tärkkelys on glukoosipolymeeri, joka esiintyy kahdessa eri muodossa – amyloosina ja amylopektiininä. Näiden määrä vaihtelee riippuen kasvusta. Tyypillisesti tärkkelyksestä 20-30 % on amyloosia ja 70-80 % amylopektiiniä. (Edwards, 2007, ss. 35–36) Tärkkelykset, joilla on korkeampi amyloosipitoisuus, ovat parempia kalvon muodostajia ja antavat jäykkyyttä. Nämä tärkkelykset parantavat rapeutta ja pidentävät hyllykää lämpölampun alla. Korkean amyloosipitoisuuden on tutkittu vähentävän öljyn imeytymistä. (Perera ym., 2014, s. 141)

Kuva 4. Amyloosin ja amylopektiinin rakenne. (Sanyang ym., 2018, s. 130.)



Tärkkelys koostuu erikokoisista rakeista. Rakeiden koko ja jakauma riippuvat lähteestä, josta tärkkelys on peräisin. Proteiinin ja tärkkelyksen sitoutuminen ja niiden erottamiseen käytetty jauhatusprosessi vaikuttavat tärkkelyksen vaurioitumiseen ja hiukkaskokojakaumaan saaduissa jauhoissa. Sekä tärkkelysvahingot että jauhojen hiukkaskoko vaikuttavat jauhojen toiminnallisiin ominaisuuksiin. (Loewe, 2011, s. 17) Esimerkiksi vaurioituneempi tärkkelys aiheuttaa tummemman värin ja kovemman rakenteen. (Olewnik ym., 2011, s. 113)

### 3.3 Tärkkelysten ominaisuudet

#### 3.3.1 Geelityminen

Tärkkelyksen yksi tärkeimmistä ominaisuuksista on kyky liisteröityä tai geeliiytyä. Alkuperäisessä raerakenteessa huomattava osa tärkkelyksestä on kiteisessä muodossa, joka kohtalaisissa lämpötiloissa on vettä läpäisemätöntä. Yleisesti ottaen tärkkelys on liukenematon kylmään veteen ja ehjät tärkkelysjyvät eivät ime kylmää vettä. On kuitenkin mahdollista tehdä kylmään veteen tärkkelyksen dispersio. Kuumennettaessa läpäisemättömät alueet hajoavat ja altistuvat vedelle, mikä johtaa rakeen turpoamiseen. Turvotessa heikot vetysidokset katkeavat ja viskositeetti kasvaa. Lisäksi

tärkkelysrakeista peräisin olevaa materiaalia, pääasiassa amyloosia, erittyy ja se lisää viskositeettia edelleen. Tärkkelyksen sisällä järjestäytynyt rakenne häviää.

Jäähdytettyinä liisteröityneet tärkkelysmolekyylit muodostavat geelin, jonka lujuus vähitellen kasvaa ajan myötä alhaisemmassa lämpötilassa. Tämän vaiheen aikana tapahtuu prosessi, joka tunnetaan retrogradaationa. Tärkkelysmolekyylit muodostuvat uudelleen ja alkuperäinen tärkkelysrakenne muuttuu. Retrogradaation nopeus ja aste ovat korkeammat lineaariselle amyloosille kuin haaroittuneelle amylopektiinille.

(Edwards, 2007, s. 36 ; Loewe, 2011, s. 18 )

Liisteröitymislämpötila riippuu sokereista, rasvoista ja suoloista. Leipomotuotteissa osa tai kaikki näistä ovat osallisina, jolloin lämpötilaa ei tarvitse tarkkailla kuten puhtaan tärkkelyksen kohdalla. Tärkkelyksen tulee liisteröityä tai tuotteen rakenne rikkoutuu.

(Edwards, 2007, s. 36)

Gelatinoitu tärkkelys, joka on joko jauhokomponentti tai erillinen ainesosa, muodostaa yhdessä jauhoproteiinin kanssa lopullisen kypsennetyn paneroinnin rakenteen.

Hyväksyttävät liemitykset ovat mahdollisia jopa vain jauhosta ja vedestä valmistettuna.

(Loewe, 2011, s. 18)

### 3.3.2 Retrogradaatio

Retrogradaatio on tärkkelyksen toinen tärkeä ominaisuus. Retrogradaatio on tärkkelyksen uudelleen kiteytymistä. Retrogradaatiota tapahtuu leipomotuotteiden kuten leivän vanhetessa. Uudelleenkiteytyminen vapauttaa vettä. Tämän takia pakastus estää tärkkelystä vapauttamasta vettä. Kylmäsäilytyksessä leipä pilaantuu nopeammin. Termisesti vakaimpia ovat tuotteet, joissa retrogradaatioitu tärkkelys on suurimmaksi osaksi amyloosia. (Edwards, 2007, s. 36)

### 3.4 Proteiini

Proteiini ja tärkkelyspitoisuus ovat tärkeimmät tekijät jauhojen toiminnallisuudessa taikinassa. (Perera ym., 2014, s. 151) Korkeampi proteiinipitoisuus parantaa viskositeettia. Proteiineilla on merkittävä vaikutus liemityksen tarttuvuuteen.

Proteiinin vaikutus kuitenkin pienenee, kun liemityksen viskositeetti optimoidaan. Korkeammat pitoisuudet proteiinia aiheuttavat kovan rakenteen, tumman värin ja lisää öljyn imeytymistä. (Olewnik ym., 2011, ss. 97–113)

Proteiinin vaikutuksesta lisää kappaleessa 4.4.

### 3.5 Eri tärkkelyslähteet

#### 3.5.1 Vehnä

Liemitys sisältää tyypillisesti vehnää. (Fizsman ym., 2003, s. 401) Vehnäjauho sisältää hiilihydraatteja ja proteiineja. Hiilihydraatit koostuvat pitkälti tärkkelyksistä, jotka edesauttavat hyvää adheesiota tuotteessa. (Barbut, 2015) Vehnätärkkelys koostuu lineaarisista ja haaroittuneista glukoosipolymeereistä (amyloosi ja amylopektiini). Joissakin sovelluksissa näiden polymeerien suhteella on todettu olevan vaikutuksia tärkkelyksen toiminnallisuuteen. Itse asiassa korkean amyloosin (70 %) tärkkelykset ovat erityisen käyttökelpoisia taikinapäälysteissä, jotka vaativat jatkuvaa kalvoa. (Loewe, 2011, s. 17)

Riippuen vehnäjauhon proteiinipitoisuudesta ja käsittelystä, liemitys vaikuttaa paneerauksen väriin. Vehnäjauho takaa erinomaisen tarttuvuuden tuotteeseen ja yhtenäisemmän rakenteen lopullisessa paneerauksessa. (Perera ym., 2014, s. 140)

Poikkeuksellisten elastisten ominaisuuksiensa vuoksi gluteeni voi paisua paistamisen aikana, luoden huokoisen päälysteen ja helpottaen veden ja öljyn kulkeutumista. Tämän jauhopohjan erilaiset ominaisuudet (kosteus, proteiinipitoisuus ja toiminnallisuus) sekä amyloosin ja amylopektiinin määrä ovat korreloineet hyvin tekstuurin ominaisuuksien, öljyn imeytymisen, hyvän ulkonäön ja yleisen hyväksyttävyyden kanssa. (Fizsman ym., 2003, s. 401)

Kovat vehnäjauhot vaativat korkeamman proteiinipitoisuutensa takia enemmän vettä, kuin pehmeät vehnäjauhot vertailtavissa olevaan viskositeettiin. Tämä johtuu gluteenin tehokkaasta vedensidontakyvystä. (Loewe, 2011, s. 17) Vehnäproteiini eli

gluteeni on sekoitus proteiineja, jotka voidaan luokitella gluteniineiksi ja gliadiineiksi. Gluteeniit edesauttavat venyvyyttä, kun gliadiinit edistävät elastiivisuutta sekä koheesiota. (Edwards, 2007, s. 33) Pehmeät vehnäjauhot eivät ole yhtä alttiita jauhamisen aiheuttamalle vaurioitumiselle kuin kovat vehnät. (Olewnik ym., 2011, s. 94)

### 3.5.2 Maissi

Käsittelemätön maissijauho antaa tuotteelle keltaisen värin ja parantaa rapeutta vähentämällä kosteuden siirtymistä. (Perera ym., 2014, s. 140; Loewe, 2011, s. 19) Maissijauhon natiivin tärkkelyksen gelatinoituminen edesauttaa rakenteen muodostumista kypsennetyissä tuotteissa samalla tavalla kuin vehnätärkkelys. (Loewe, 2011, s. 19) Modifioidut maissitärkkelykset ovat yleisesti käytettyjä liemityssysteemeissä. (Perera ym., 2014, s. 140)

Maissitärkkelyksen käyttö lisää merkittävästi emulsion stabiilisuutta verrattuna vehnään. Se voi johtua maissitärkkelyksen paremmista sitoutumisominaisuuksista muihin tärkkelyksiin verrattuna. Myös tuotteiden tekstuuri profiilit ja histologinen rakenne osoittavat, että maissitärkkelyksellä valmistetuilla tuotteilla on kiinteämpi rakenne ja tiheämpi proteiinimatriisi. Maissitärkkelyksellä on kyky muodostaa kiinteä geeli, joka vaikuttaa rapeamman tekstuurin aikaansaamiseen. (Amini ym., 2015, s. 880)

Maissitärkkelyspohjainen liemitys vaatii jatkuvaa sekoittamista prosessoinnin aikana, koska kuiva-aineilla on taipumus laskeutua helposti. Se muuttaa taikinan viskositeettia koko tuotantajakson ajan, mikä johtaa epäsäännölliseen tarttumiseen. Sakeuttajan lisääminen kuiva-aineiden pitämiseksi suspensiossa auttaa ratkaisemaan tämän ongelman. (Fizman ym., 2003, s. 402)

## 3.6 Tärkkelysten käsittely eli modifiointi

Erilaisia ominaisuuksia omaavia tärkkelyksiä on olemassa luontaisesti sekä keinotekoisesti. Esimerkiksi vahamaissi on melkein puhdasta amylopektiiniä

luonnostaan. (Edwards, 2007, s. 39) Modifioinnilla voidaan parantaa ja muuttaa tärkkelysten ominaisuuksia. (Barbut, 2015)

Modifioinnilla saadaan kattavat vaihtelut haarautumisasteessa (amyloosi- ja amylopektiinipitoisuuden vaihtelut), keskimääräisessä ketjun pituudessa sekä silloituksen laajuudessa. Modifioinnit suoritetaan kemiallisesti tai lämpökäsittelyillä, jotka ovat usein patentoituja. (Loewe, 2011, s. 21)

Saatavana on myös useita modifioituja tärkkelyksiä, joilla on laaja valikoima hydraatio-, adheesio- ja kalvonmuodostusominaisuuksia. Yksinkertaisin modifikaatio on esigelatointi. Tätä varten tärkkelystä kuumennetaan vedessä, kunnes gelatointi on saavutettu, ja sitten se kuivataan jauheeksi. (Loewe, 2011, s. 21)

Jauhojen lämpökäsittelyllä on positiivinen vaikutus viskositeettiin ja mikrobiologiseen stabiilisuuteen. Lämpökäsittely joko tuhoaa tai vähentää amylaasiaktiivisuutta. Alfa-amylaasi on entsyymi, joka rikkoo tärkkelystä ja vähentää täten viskositeettia. Tätä kutsutaan myös liemityksen ohentumiseksi. Tämä parannettu toiminnallisuus varmistaa, että viskositeetti on korkea, mikä taas vaikuttaa tarttuvuuteen ja koheesioon. (Perera ym., 2014, s. 140)

Hapetetuilla tärkkelyksillä on karboksyylifunktionaalisia ryhmiä, jotka sitoutuvat substraatin proteiineihin. Tämä sitoutuminen saa taikinan tarttumaan. Muunnetuilla tärkkelyksillä, joilla on korkea amyloosipitoisuus, on hyvät kalvonmuodostusominaisuudet, jotka yksinään tai yhdessä muiden ainesosien, kuten riisijauhojen tai muista viljoista saatujen jauhojen, dekstriinin jne. kanssa, auttavat vähentämään öljyn imeytymistä luomalla tehokkaan esteen öljyä vastaan. Näillä tärkkelyksillä on yleensä korkeampi hyytelöitymislämpötila. (Fizman ym., 2003, s. 402)

”Vaurioitunut tärkkelys” on termi jyville, jotka ovat mekaanisesti muuttuneet jauhamisen aikana. Esimerkiksi kovasta vehnästä saaduissa jauhoissa on yleensä suurempi osa vahingoittunutta tärkkelystä kuin pehmeistä vehnäjauhoista. Koska tärkkelys ja proteiini sitoutuvat tiiviimmin koviin vehnäjyviin, jauhatusprosessi aiheuttaa jonkin verran häiriöitä tärkkelysrakeiden rakenteessa. Näillä vaurioituneilla

tärkkelysrakeilla on huomattavasti suurempi vedenimeytymiskyky kuin vahingoittumattomilla tärkkelysrakeilla. Vettä tarvitaan normaalia enemmän liemityksen viskositeetille, kun käytetään jauhoja, joilla on kohonnut tärkkelysvaurio. (Loewe, 2011, s. 17; ks. myös Edwards, 2007, s. 39)

Vaurioituneella tärkkelyksellä oli huomattava vaikutus tarttuvuuteen. Kovilla vaurioituilla tärkkelyksillä on parempi tarttuvuus kuin pehmeillä. Vaikutus pienenee, kun viskositeetti optimoidaan. (Olewnik ym., 2011, ss. 101–102)

Puhtaita kaupallisesti modifioimattomia tärkkelyksiä käytetään myös usein. Vehnästä ja pääasiassa maissista eristettyjen ainesosien vaikutus on verrattavissa jauhojen proteiinipitoisuuteen ja vaurioituneiden tärkkelysten pitoisuuden vähentämiseen. (Loewe, 2011, s. 21)

Kuva 5. Eri tavalla modifioidut tärkkelykset luokitellaan eri E-numeroiksi. (Kathuria ym., s.351)

<b>E Number</b>	<b>Name of food additive</b>
E1404	Oxidised starch
E1410	Monostarch phosphate
E1412	Distarch phosphate
E1413	Phosphated distarch phosphate
E1414	Acetylated distarch phosphate
E1420	Acetylated starch
E1422	Acetylated distarch adipate
E1440	Hydroxyl propyl starch
E1442	Hydroxy propyl distarch phosphate
E1450	Starch sodium octenyl succinate
E1451	Acetylated oxidised starch
E1452	Starch aluminium Octenyl succinate

## 4 Liemitysjauheen muut komponentit

### 4.1 Hydrokolloidit yleisesti

Hydrokolloidit ovat proteiineja tai polysakkarideja, joiden funktionaalisia ominaisuuksia ovat paksuuntuminen, geelytyminen, stabiloiminen, kalvon muodostus, dispersio sekä rakenteen muokkaaminen. (Amini ym., 2015, s. 873) Suurin osa hydrokolloideista on polymeereja, joilla on joku seuraavista rakenteista: lineaarinen (selluloosa, amyloosi), substituoitunut lineaarinen (guarkumi, metyyliiselluloosa) tai haarautunut (arabikumi, amylopektiini). (Meyers ym., 2011, s. 117)

Hydrokolloidit pidättävät kosteutta ja sisältävät geeliä muodostavia aineita. (Weller ym., 2019, s. 117) Toinen geelytymisominaisuus hydrokollodeilla on geelytyä lämmön vaikutuksesta. Geeli muodostuu, kun tuote paistetaan, jolloin syntyy adheesio tuotteen ja sen pinnoituksen välille ja fysikaalinen este öljyn imeytymiselle sekä veden vapautumiselle. (Friszman ym., 2003, s. 403) Hydrokolloideilla on kyky säilyttää geeli lämpötilan muuttuessa. (Amini ym., 2015, s. 881)

Hydrokolloideja käytetään lihatuotteissa parantamaan toiminnallisia ominaisuuksia ja kompensoimaan rasvan ja suolan vähenemisen vaikutuksia sekä pakkausprosessin vaikutuksia. (Amini ym., 2015, s. 872)

Hydrokolloideja käytetään liemityksessä funktionaalisina komponentteina parantamaan liemityksen tarttuvuutta sekä vähentämään öljyn imeytymistä. (Amini ym., 2015, s. 873) Pinnoitteen prosentuaalinen tarttuvuus paranee huomattavasti hydrokolloidien pitoisuutta nostettaessa. (Perera ym., 2014, ss. 148–151)

Hydrokolloidit tai kumit auttavat jauhepartikkeleita suspensoitumaan ja edesauttavat liemityksen viskositeettia pysymään tasaisena prosessoinnin aikana. Ne kontrolloivat myös kosteuden siirtymistä substraatista kuorrukseen, kun tuote on jäässä.

Hydrokolloidit auttavat paneerausta liimautumaan substraattiin sekä jakautumaan tasaisesti ennen paistoa. (Perera ym., 2014, s. 141)

Hydrokolloideja, kuten ksantaania, guaria ja modifioituja selluloosia, käytetään sakeuttajina liemitysprosessissa parantamaan viskositeettia sekä vähentämään liemityksen valumista. (Barbut, 2015)

## 4.2 Metyylielluloosa

Metyylielluloosa on yksi käytetyimmistä hydrokolloideista elintarviketeollisuudessa. Metyylielluloosa saa aikaan adheesiota lämpögeeliytymisominaisuuksillaan, jotka ovat samankaltaiset kuin kananmunalla. Metyylielluloosan kyky geeliytyä korkeissa lämpötiloissa estää kosteutta siirtymästä liian nopeasti lihasta panerointiin. Geeli on kestävä este myös öljyn ja hapen siirtymiselle. Tämän barrier-ominaisuuden ansiosta rasvaa siirtyy paistossa tuotteeseen vähemmän. (Perera ym., 2014, ss. 141–152; ks. myös Sanz ym., 2004, s. 227; Barbut, 2015)

Tyypillisesti metyylielluloosaa käytetään 0,1-0,4 % märissä systeemeissä ja 0,8 % kuiva-aineissa. (Perera ym., 2014, s. 141) Jo pienellä määrällä metyylielluloosaa voidaan vaikuttaa liemityksen toiminnallisuuteen.

## 4.3 Ksantaani ja guarkumi

Kumien ensisijainen käyttö perustuu niiden vedensidontakykyyn ja vaikutukseen parantaa viskositeettia. Ominaisuudet vaikuttavat yleisesti paneerauksen adheesioon sekä parantavat paneerauksen osuutta tuotteen massasta. Guar- ja ksantaanikumin käyttö liemityksissä, joiden kuiva-ainepitoisuus on matala, auttaa pitämään kuiva-aineet suspendoituneena. (Fizman ym., 2003, s. 403)

Ksantaanikumi liukenee kylmään veteen ja parantaa viskositeettia, mikä edelleen auttaa parantaa tarttuvuutta. Ksantaani parantaa liemityksen prosessointia. Tyypillinen ksantaanikumin käyttömäärä on 0,2-0,5 % liemityksen kuiva-aineesta. Tätä suurempi määrä tekee rakenteesta sitkeän. Ksantaanikumin lisääminen 0,5 % ja 1,0 % lisää kypsennetyn saannon prosenttimäärää vastaavasti 16 % ja 30 %. (Perera ym., 2014, ss. 141–151)

Guarkumi sakeuttaa liemitystä. Guarkumi liukenee kylmään veteen ja sen pieni partikkelikoko edesauttaa sen sekoittumista. Tyypillisesti guarkumin käyttömäärä liemityksissä on alle 0,2 %. (Perera ym., 2014, s. 141)

#### 4.4 Proteiinit

Proteiini vaikuttaa liemityksen funktionaalisiin ominaisuuksiin. Yleensä liemityksessä on 10-15 % proteiineja. Korkeampi proteiinipitoisuus parantaa sidosaineiden ominaisuuksia. Jauhojen proteiini edesauttaa hydraatiota ja parantaa vedensidontakykyä, mikä taas lisää liemityksen viskositeettia. Proteiini toimii emulgaattorina sitomalla hydrofiilisiä sekä hydrofobisia alueita substraattiin. (Perera ym., 2014, ss. 141–142) Varhainen sidonta tapahtuu jo liemityksen levitysvaiheessa ja sidos vahvistuu kypsennettäessä, kun proteiinit denaturoituvat ja muodostavat jäykän matriisin. Proteiinit kiinteytyvät lämmitettäessä ja muodostavat itsestään koossa pysyvän geelin. (Barbut, 2015) Tämä auttaa edelleen substraattia pitämään kosteustasonsa, rakenteensa ja flavorinsa kypsennetyssä tuotteessa. (Perera ym., 2014, ss. 141–142)

Liemityksien proteiinipitoisuutta voidaan lisätä vehnäproteiineilla (pääasiassa gluteenia), kananmunaproteiineilla, maitoproteiineilla ja soijaproteiineilla. (Barbut, 2015) Eri kasviproteiinejakin käytetään nykyään laajalti.

Paistaessa proteiinit koaguloituvat tai denaturoituvat ja auttavat stabiloimaan rakennetta. Proteiinien aminohapot reagoivat pelkistävien sokerien kanssa muodostaen toivottuja värejä Maillardin ruskistumisreaktion kautta. Reaktio antaa paistetulle ruoalle kullanruskean värin ja maukkaan maun. (Perera ym., 2014, ss. 141–142)

#### 4.5 Nostatusaineet

Nostatusaineita käytetään luomaan ilmakuplia tai -taskuja panerointiin. Ne antavat lopputuotteen paneerukseen ilmavan rakenteen. Yleisimmin käytetty nostatusaine on natriumbikarbonaatti, joka tarvitsee avukseen hapon, jotta kaasun muodostus

onnistuu. Nesteessä nostatusaine ja happo muodostavat hiilidioksidia, josta suurin osa jää liemitystaikinan sisään. Onkin tärkeää, että nostatusaineita käytettäessä prosessi liemityksestä paistoon on nopea, jotta kaasut eivät pääse karkaamaan. Liemityksen ilmakuplat lisäävät liemityksen massaa lopputuotteessa sekä tekevät paneroinnista vähemmän tiiviin. Muodostuvan hiilidioksidin määrä riippuu myös käytetystä haposta, nostatusaineen partikkelikoosta, lämpötilasta sekä ajasta. (Barbut, 2015)

Natriumbikarbonaatti vapauttaa hiilidioksidia reagoidessaan hapon suolojen kanssa lämmitettäessä. Hiilidioksidin vapautumisen kontrollointi perustuu neutralointiarvoon ja hapatushappojen reaktionopeuteen natriumbikarbonaatin kanssa. (Loewe, 2011, s.19) Hiilidioksidi muodostaa kuplia, jotka laajenevat paistettaessa.

Kaasunmuodostusominaisuudet vaikuttavat siis lopputuotteen rakenteeseen. Kaasun vapautumisen ajankohta prosessissa vaikuttaa esimerkiksi tarttuvuuteen. (Perera ym., 2014, s. 142)

Nostatusaineet eroavat toisistaan reaktiivisten ominaisuuksien sekä reaktiolämpötilan perusteella. Reaktiivisuus riippuu suurimmaksi osin liukoisuudesta, mikä taas puolestaan riippuu kemiallisesta koostumuksesta, hiukkaskoosta ja nostatusaineen käsittelystä. Nostatusaineet jaotellaan hitaisiin, maltillisiin ja nopeisiin. (Perera ym., 2014, s. 142)

## **5 Toiminnallinen osuus**

### **5.1 Koesuunnitelma**

Liemityksen toimivuutta testataan wieninleikkeessä paneerauskorpulla. Porsaan ulkofilee nuijitaan itse tasakokoisiksi pihveiksi ja leikataan sopiviksi siivuksiksi.

Paneerauskorppu on koko ajan sama, jotta tuloksia voidaan vertailla keskenään.

Liemitysversioiden valmistus tehdään jokainen kerta samalla tavalla. Eri liemitysreseptejä verrataan toisiinsa.

Tarttuvuutta tutkitaan ensisijaisesti aistinvaraisesti: onko paneeraus tarttunut lihaan ja pysyykö panerointi ajan kuluessa. Tarttuvuutta mitataan myös massan avulla: ennen

liemitystä, liemityksen jälkeen sekä paneroinnin jälkeen. Liemityksen viskositeetti mitataan, jotta voidaan tarkastella tarttuvuuden ja viskositeetin riippuvuutta.

Liemitykset yksilöidään kirjaimin A-F. Kuiva-aineseoksen sisällöstä kertoo A-F-kirjain ja veden määrästä numerointi kirjaimen perässä. Esimerkiksi A2-liemityksessä on A mukainen kuiva-aine ja vettä on suhteessa 1:2.

## 5.2 Raaka-aineet

Liemitykset valmistetaan kuiva-aineseoksesta sekä vedestä. Kuiva-aineseokset koostuvat jauhoista, tärkkelyksistä sekä suolasta. Käytetyt komponentit valikoituvat kymmenien eri koeversioiden perusteella, joissa kartoitettiin myös komponenttien toiminnallisuutta. Kaupallisten liemitysjauheiden raaka-ainesältöjä vertailtiin ja niiden antamia raaka-ainesuhteita arvioitiin.

Taulukko 1. Raaka-aineiden määrät liemitysjauheissa.

	<i>suola</i>	<i>maissi- jauho</i>	<i>peruna- jauho</i>	<i>modifioitu maissitärk- kelys 1</i>	<i>modifioitu maissitärk- kelys 2</i>
<i>A</i>	10	50	0	35	5
<i>B</i>	10	35	0	50	5
<i>C</i>	10	20	0	65	5
<i>D</i>	10	0	50	35	5
<i>E</i>	10	0	35	50	5
<i>F</i>	10	0	20	65	5

Reseptien muuttuvina tekijöinä ovat maissijauhon, perunajauhon, modifioidun tärkkelyksen 1 sekä veden määrä. Modifioitun maissitärkkelyksen 2 ja suolan määrä pysyy vakiona. Suolan määrällä ei oleteta olevan vaikutusta lopputulokseen. Suola antaa leikkeelle makua ja monissa liemityksissä suola on yksi kuiva-ainekomponenteista. Modifioitu maissitärkkelys 2 toimii sakeuttajana liemityksissä. Sen määrää säätämällä voitaisiin vaikuttaa liemitysten viskositeettiin, mutta melkein saman asian ajaa myös veden määrän säätely.

A-, B- ja C- versioissa käytetään maissijauhoa ja D-, E- ja F-versioissa käytetään perunajauhoa. Jauhojen tarkoitus on lisätä kuiva-aineen määrää ja toimia kantajana

muille hydrokolloideille. Jauhoilla on myös sakeuttava ominaisuus. Maissi- ja perunajauhoversion rinnakkainasettelulla voidaan vertailla näiden kahden jauhun vaikutusta paneroinnin onnistumiseen, kun muiden kuiva-aineiden määrät ovat samat. Molemmat jauhot vaikuttavat viskositeettiin sekä liemityksen rakenteeseen ja ominaisuuksiin hieman eri tavalla.

Jauhon ja modifioidun tärkkelyksen 1 määrää muuttamalla liemityksen ominaisuudet muuttuvat. Modifioitu tärkkelys 1 on itsessään vahva sakeuttaja ja ilman maissi- tai perunajauhoa se luo liian vahvan geelin paistossa. Veden määrällä taas vaikutetaan liemitysten viskositeettiin ja täten myös liemityksen tarttuvuuteen.

### **5.3 Materiaalit ja metodit**

#### **5.3.1 Liemityksen valmistus**

Kuiva-aineet sekoitettiin ensin keskenään ja sitten huoneenlämpöisen veden kanssa manuaalisesti vispilällä, kunnes kuiva-aine on sekoittunut veteen täysin. Samasta kuiva-aineseoksesta tehdään kaksi eri versiota, joista toinen tehdään laimennossuhteella 1:1,7 ja toinen 1:2.

#### **5.3.2 Viskositeetin mittaus**

Viskositeetti mitataan liemityksistä huolellisen sekoittamisen jälkeen. Laite on Brookfield Viscometer DV-I Prime. Mittarin säädöt tehdään ohjeiden mukaisesti ja oikea spindelikoko haetaan liemitysten mittausten yhteydessä. Laite vaatii spindelikoon säätöä, jotta mittari antaa luotettavia tuloksia.

Mittaustulokset otetaan 20-30 sekuntia mittauksen aloittamisen jälkeen. Mittaus toistetaan eri spindelikoilla, jotta saadaan luotettava tulos.

Kuva 6. Brookfield DV-I Prime.



### 5.3.3 Leikkeen paneeraus ja paisto

Nuijittu porsaan ulkofilee kastetaan liemitykseen kauttaaltaan ja pyöritellään paneerauksessa. Leike paistetaan rypsiöljyssä rasvakeittimessä 3 minuuttia 180 asteessa. Paiston jälkeen leike nostetaan jäähtymään paperilla vuoratulle lautaselle, jotta ylimääräinen rasva saadaan valutettua pois.

### 5.3.4 Liemityksen tarttuvuus

Tarttuvuus on yksi eniten käytettyjä menetelmiä paneroidun ruoan laadun objektiiviseksi arvioimiseksi. Liemityksen toimintakyky on tärkeä tekijä paneroiduissa tuotteissa, sillä paneerausmassan määrä vaikuttaa koko tuotteen massaan ja täten myös tuotteen loppuhintaan. (Sanz, Salvador, 2012, s. 471)

Liemityksen ahdeesiota mitataan punnitsemalla leike ennen liemitystä, liemityksen jälkeen ja paneeroinnin jälkeen. Arvot kootaan taulukkoon. Liemityksille lasketaan massanmuutosprosentti, mikä kertoo massan liemityksen ja paneerauksen määrästä suhteessa lihaan. Tarttuvuutta tarkastellaan pylväskaavion avulla.

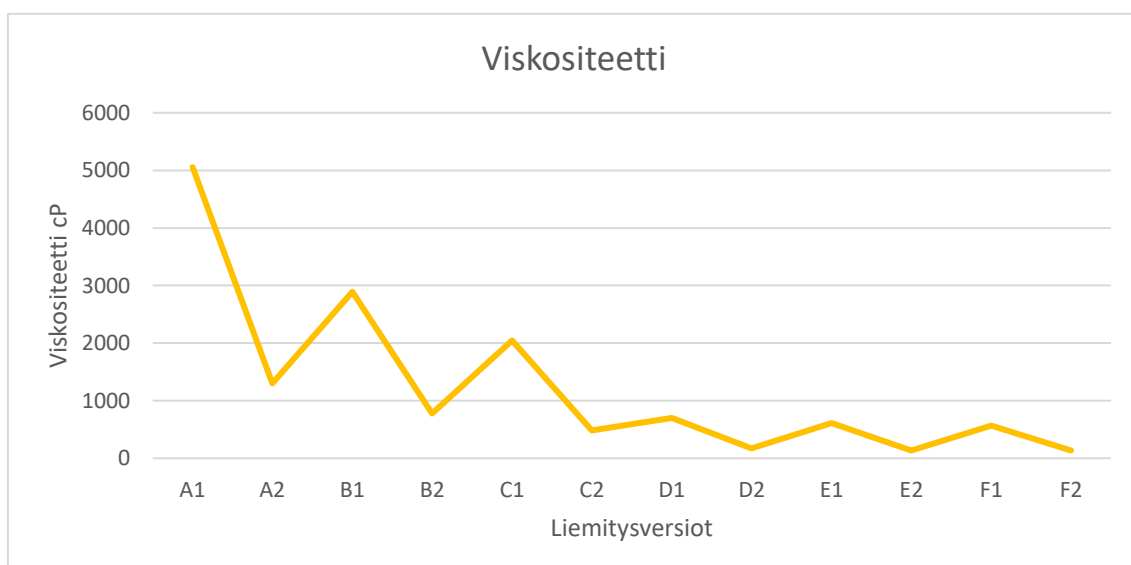
Tarttuvuutta arvioidaan myös aistinvaraisesti eli kuinka hyvin paneeraus pysyy leikkeen päällä paiston jälkeen. Arvioinnissa katsotaan, onko leikkeessä irtonaisia paneerausosia tai ilmataskuja ja pysyykö paneeraus leikkeen päällä sitä käsiteltäessä. Arviointi tehdään asteikolla 1-5, missä 1 on todella epäonnistunut, 2 epäonnistunut, 3 hyväksyttävä, 4 hyvä, 5 erittäin hyvä.

## 6 Tulokset ja tulosten tarkastelu

### 6.1 Liemitysten viskositeetti

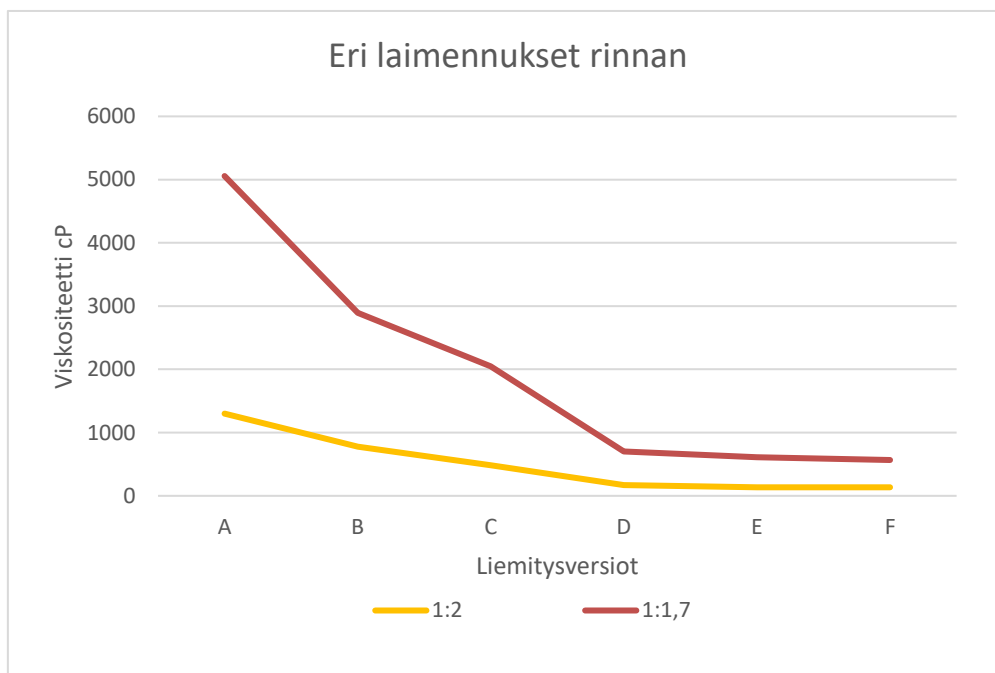
A1-liemitys oli mittaustulosten perusteella viskoosein. A1 versiossa on eniten maissijauhoa ja kuiva-aineen ja veden suhde on 1:1,7. Veden määrä vaikuttaa oletetusti viskositeettiin – mitä vähemmän vettä, sitä viskoosimpi liemitys. Kaaviosta näkee myös, että perunajauhoilla valmistetut liemitykset (D1-F2) ovat vähemmän viskooseja kuin maissijauhosta valmistetut liemitykset (A1-C2).

Kaavio 1. Liemitysten viskositeetti.



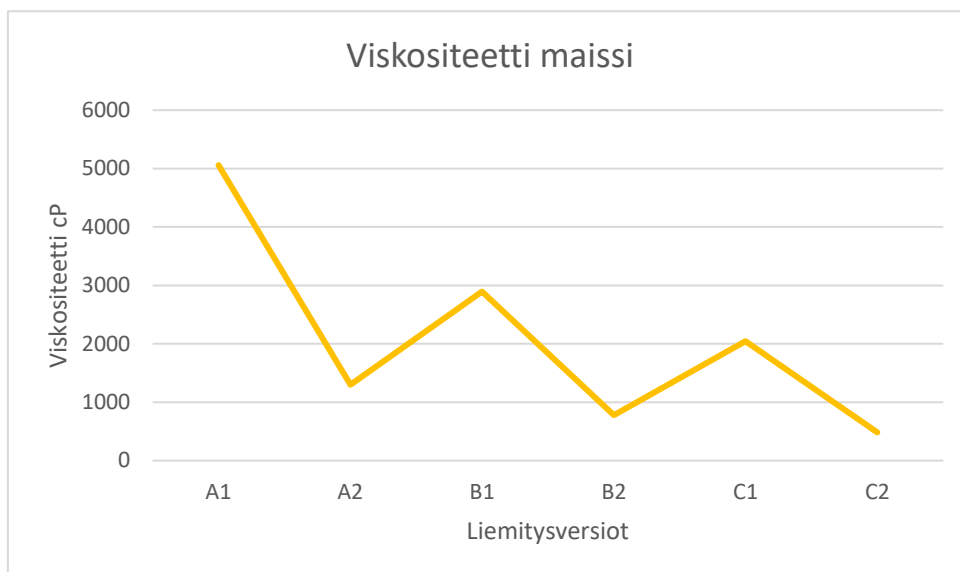
Enemmän maissijauhoa sisältävät liemitykset (A-C) olivat viskoosimpia ja eron huomaa erityisesti laimennoksella 1:1,7. Laimennoksella 1:2 viskositeetin vaihtelu liemitysten kesken ei ollut niin huomattava kuin laimennoksella 1:1,7. Perunajauhoa sisältävät versiot (D-F) olivat stabiilimpia viskositeetin muutokselle, kuin maissijauhoa sisältävät liemitykset. Kaaviosta 2 näkee, että perunajauhoa sisältävät versiot (D-F) olivat samoissa laimennoksissa keskenään melkein yhtä viskooseja.

Kaavio 2. Eri laimennukset rinnat.



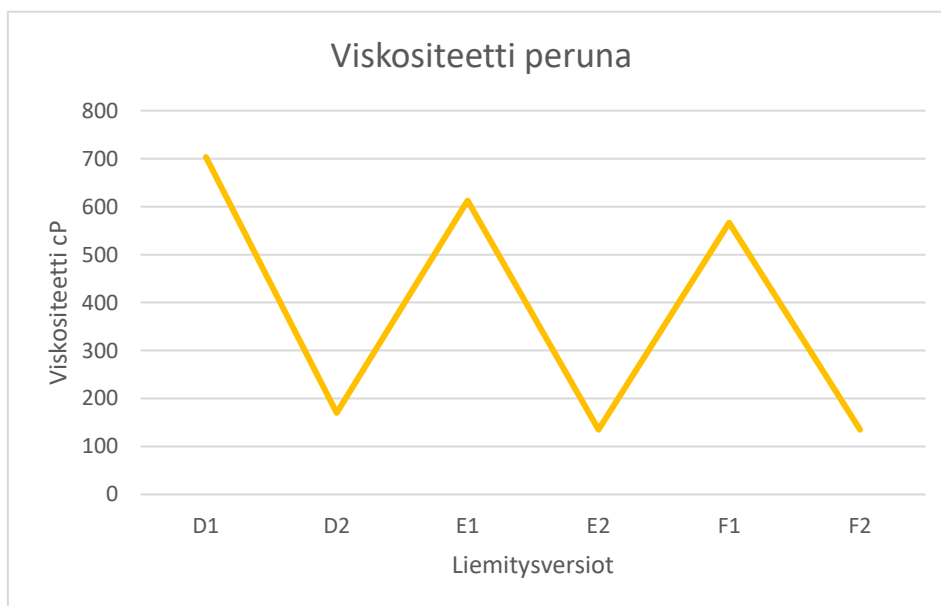
Maissijauhoilla valmistetuissa liemityksissä (A-C) viskositeetti vaihteli melko paljon. Viskooseimmassa liemityksessä (A1) 50 % kuiva-aineesta oli maissijauhoa ja se on vaikuttanut liemityksen viskositeettiin eniten. Veden määrällä on ollut kuitenkin suuri vaikutus viskositeettiin. A1- ja A2-versioissa on sama kuiva-aine, mutta vesilisäys A2:ssa on vaikuttanut viskositeettiin niin paljon, että A2-version viskositeetti on matalampi kuin versioiden B1 ja C1, joissa laimennos on 1:1,7.

Kaavio 3. Maissijauhosta valmistettujen liemitysten viskositeetti.



Perunajauhoilla vastaavasti valmistettujen liemitysten viskositeetin muutos riippui lähinnä kuiva-aineen ja veden suhteesta. 1:1,7-liemityksissä viskositeetti oli tasaisesti samalla tasolla, kuten myös 1:2-liemityksissä. Kaaviossa 4 viskositeetti vaihteli 700-120 cP välillä, kun taas kaaviossa 3 vaihtelu oli 500-5000 cP välillä. Perunajauhon määrä ei siis vaikuta liemityksen viskositeettiin yhtä huomattavasti kuin maissijauhon määrä.

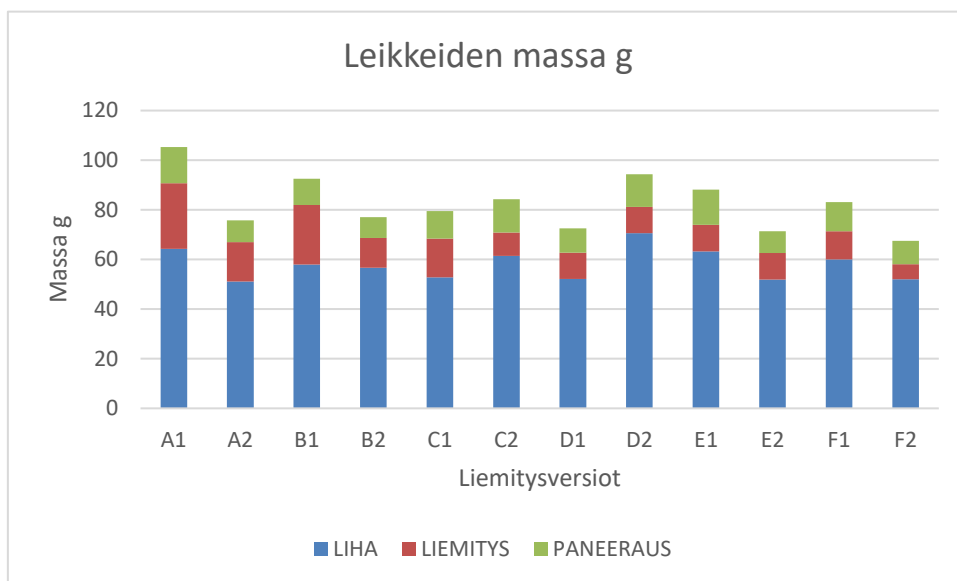
Kaavio 4. Perunajauhosta valmistettujen liemitysten viskositeetti.



## 6.2 Tarttuvuus massan avulla

Nuijittu porsaan ulkofilee on punnittu ennen liemitystä, liemityksen jälkeen ja paneroinnin jälkeen. Mittaustulokset on taulukoitu Exceliin ja liitetty tämän työn loppuun.

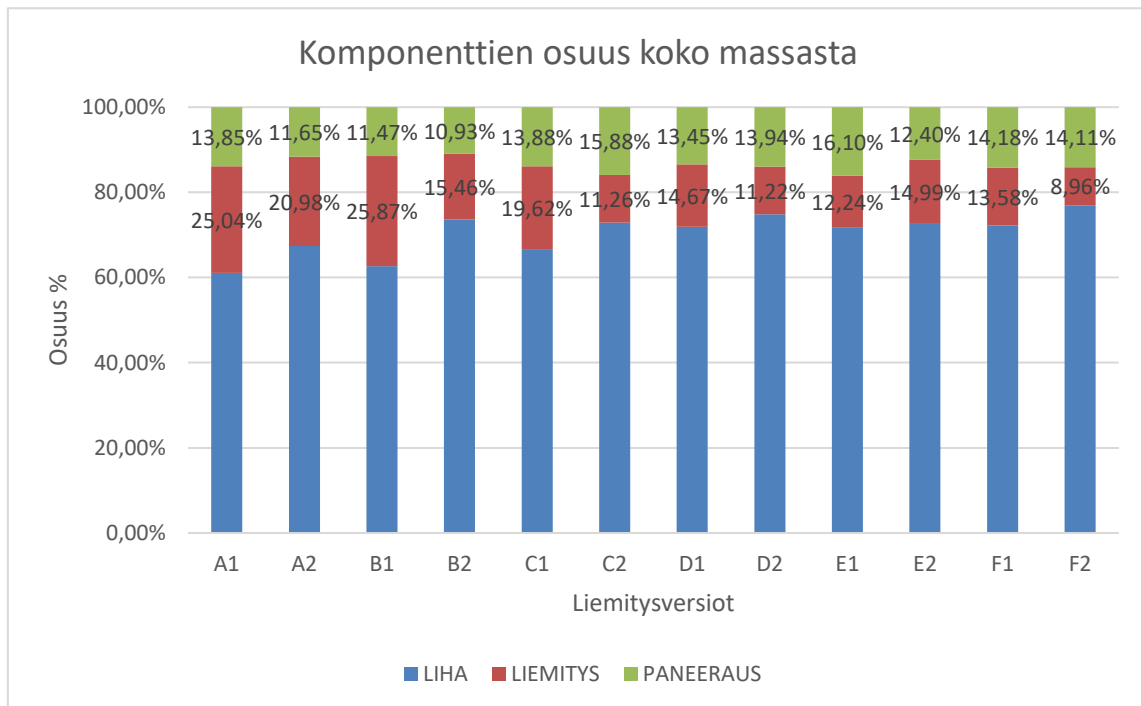
Kaavio 5. Leikkeiden komponenttien massat.



Merkittävin vaihtelu massojen välillä johtuu leikkeiden lihojen massojen vaihtelusta.

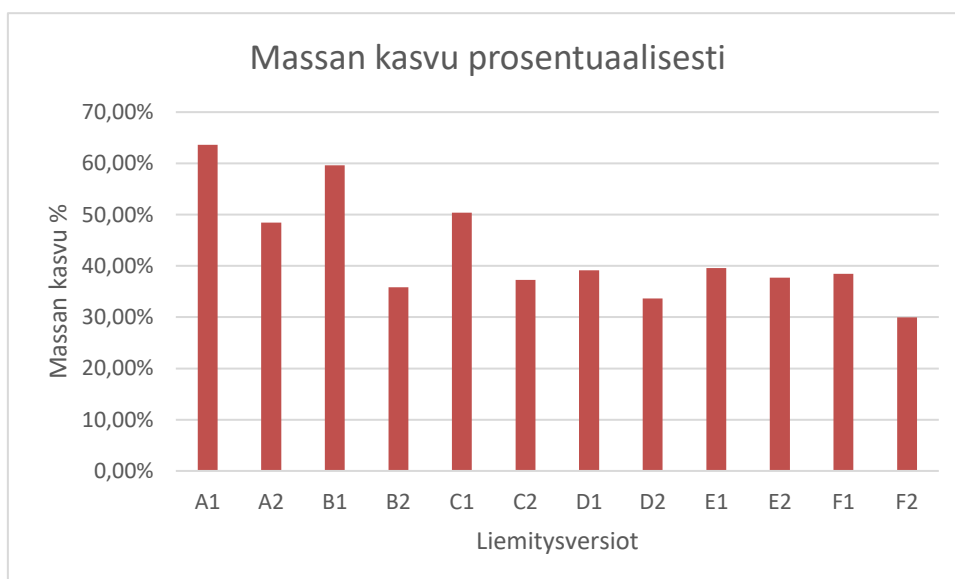
Lihaleikkeet on arvioitu silmämääräisesti samankokoisiksi, ja koska tarttuvuuden tarkastelu on tehty komponenttien massojen suhteellisten osuuksien vertailulla, lihojen massan vaihtelua ei ole huomioitu.

Kaavio 6. Komponenttien osuus koko massasta.



Maissijauhoversoissa A1-C2 liemityksen massa on suhteessa suurempi kuin perunajauhoversoissa D1-F2. Saman kuiva-aineseoksen 1- ja 2-versioiden välillä on ero liemityksen massan suhteen. 1-versioissa, joissa kuiva-aineen ja veden suhde on pienempi, liemityksen massa on suurempi kuin 2-versioissa.

Kaava 7. Massan kasvu prosentuaalisesti.



Massan kasvu prosentuaalisesti on laskettu jakamalla liemityksen ja paneerauksen massan summa lihan massalla. Liian korkea massan kasvu ts. tarttuvuus ei ole parantanut aistinvaraisia tuloksia. Niissä liemityksissä, joissa massan kasvu prosentuaalisesti on ollut yli 40 %, paneeraus on ollut selvästi irti lihasta. Seuraavassa kappaleessa aiheesta lisää.

Kuva 7. Kaupallisella liemityksellä valmistettu leike.



### 6.3 Tarttuvuus aistinvaraisesti

Hyvässä paneerauksessa lihan ja paneerauksen väliin ei jää ilmataskua ja paneeraus pysyy lihan päällä hyvin käsittelystä huolimatta. Aistinvarainen arviointi on toteutettu silmämääräisesti arvioimalla sekä käsittelemällä leikettä jäähtyneenä käsin että veitsellä.

Kuva 8. Valmiit wieninleikkeet kokonaisina.



Kuvasta 8 näkee, että osissa versioista on selviä ilmataskuja. Esimerkiksi D1-versiossa leikkeen keskellä on huokoisia lihasta irti olevia pusseja. Kuvassa 9 näkyy paremmin paneerauksen kiinnittyminen lihaan.

Kokonaisuudessaan versiot ovat melkein saman värisiä. Kuten kuvasta 8 näkyy, A1 on kuitenkin paneeraukseltaan kaikista vaalein, mikä johtunee suhteellisesti suurimmasta liemityksen ja paneerauksen osuudesta massassa. A1-versiossa massasta 38,9 % on liemitystä ja paneerausta. 2-versiot ovat tummempia kuin 1-versiot, mikä johtuu liemityksen ja paneerauksen suuremmasta suhteellisesta osuudesta 1-versioissa. Suurempi määrä liemitystä ja paneerausta suojaa lihaa ruskistumiselta. Myös liemityksen komponentit vaikuttavat paneerauksen ruskistumiseen.

Kuva 9. Leikkeet halkaistuna.



Taulukko 2. Aistinvarainen arvio.

VERSIO	ARVIO 1-5	SANALLINEN KUVAUS
A1	1	Paneeraus täysin irti lihasta
A2	2	Ilmakuplia, käsiteltäessä paneeraus irtoaa
B1	1	Paneeraus täysin irti lihasta
B2	2	Ilmakuplia, käsiteltäessä paneeraus irtoaa
C1	1	Paneeraus täysin irti lihasta
C2	4	OK, muutama heikko kohta
D1	3	OK, muutama ilmakupla, paneeraus muuten kohtalaisesti kiinni lihassa
D2	5	Hyvä, paneeraus pysyy kiinni käsiteltäessä
E1	2	Ilmakuplia, käsiteltäessä paneeraus irtoaa
E2	5	Hyvä, paneeraus pysyy kiinni käsiteltäessä
F1	2	Ilmakuplia, käsiteltäessä paneeraus irtoaa
F2	4	OK, muutama heikko kohta

D2 ja E2 olivat onnistuneimmat liemitykset. C2 sekä F2 onnistuivat myös hyvin, mutta yhden kokeen perusteella olivat kuitenkin heikompia kuin D2 ja E2. Kuten kuvista 10 ja 11 näkee, 2-versiot ovat paljon onnistuneemmat kuin 1-versiot. Paneeraus onnistui siis paremmin laihemmalla liemityksellä.

Kuva 10. E-versiot, joista E2 erittäin onnistunut.



Kuva 11. D-versiot, joista D2 erittäin onnistunut.

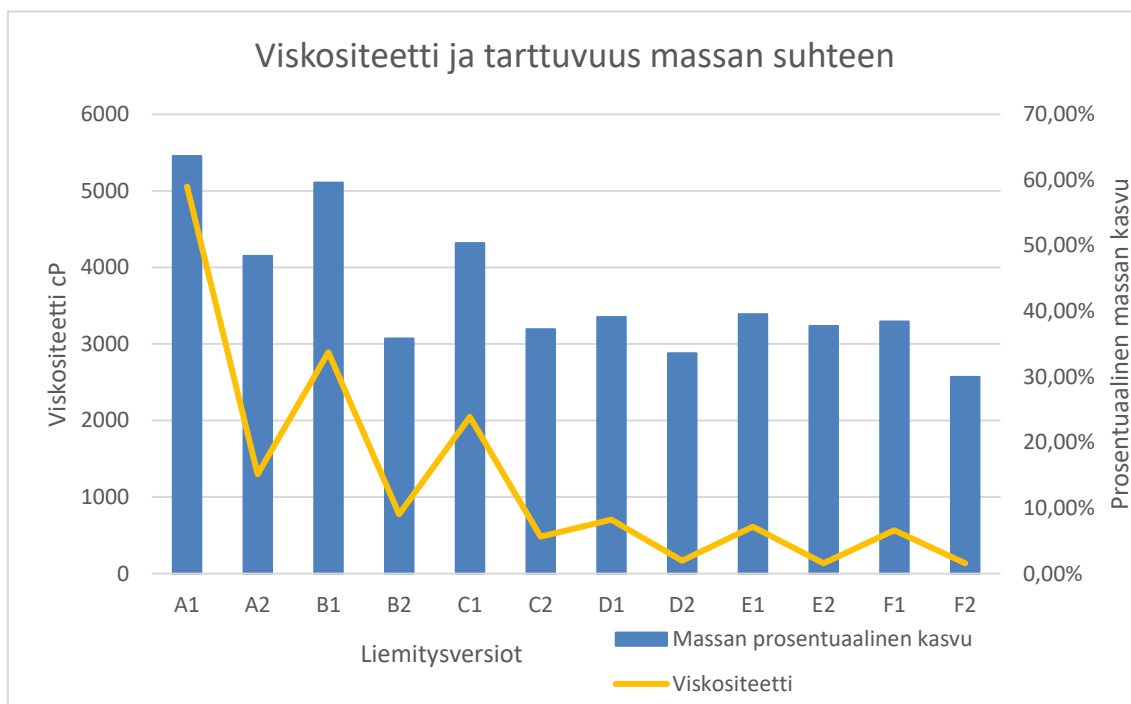


#### 6.4 Viskositeetin ja tarttuvuuden riippuvuus

Kuten kaaviosta 8 näkee, viskositeetin käyrä mukailee massan prosentuaalisen kasvun palkkien muotoa. Esimerkiksi 1:2-liemitysten (A1, B1, C1, D1, E1, F1) viskositeetti on matalampi, kuin 1:1,7-liemitysten (A2, B2, C2, D2, E2, F2) ja myös tarttuvuus on näissä massan avulla katsottuna matalampi. Maissijauholla valmistetuissa liemityksissä (A1-C2) ero on huomattavampi kuin perunajauhoilla valmistetuissa liemityksissä (D1-F2). Perunajauhoilla valmistetuissa liemityksissä tarttuvuudessa ei ole juurikaan eroa, mikä johtunee tasaisesta viskositeetista.

Tarttuvuuden ja viskositeetin vaikutus toisiinsa oli oletettua. Viskoosimpi liemitys jää paremmin leikkeen päälle kuin vähemmän viskoosi.

Kaavio 8. Viskositeetti ja tarttuvuus massan avulla ilmaistuna.



Viskositeetti ei korreloi aistinvaraisen tarttuvuuden kanssa. Viskoosimmat liemitykset A1, B1 ja C1 olivat aistinvaraisesti arvoituina huonoimmat. Sen sijaan liemitykset, joiden viskositeetti oli matalampi, olivat aistinvaraiselta tarttuvuudeltaan parempia. Kokonaisuudessaan perunajauholla valmistetut liemitykset (D1-F2) olivat verrattain aistinvaraisesti onnistuneempia kuin maissijauholla valmistetut liemitykset. Kuten kaaviosta 9 huomaa, 1:1,7-liemitykset olivat verrattain onnistuneempia aistinvaraisesti kuin 1:2-liemitykset.

Kaavio 9. Viskositeetti ja tarttuvuus aistinvaraisesti numeroituna.



## 7 Johtopäätökset ja pohdinta

### 7.1 Työn onnistuminen

Tavoitteena oli kehittää oma liemitysjauheresepti, joka myöhemmässä vaiheessa voisi korvata kaupallisen käytössä olevan liemitysjauheen. Työssä esitetyt liemitykset eivät valitettavasti ole tarpeeksi hyviä korvaamaan kaupallista liemitysjauhetta.

Opinnäytetyön tutkimuskysymyksiin saatiin kuitenkin vastaukset. Kirjallisessa osiossa käytiin läpi erilaisia raaka-aineita, joilla pystytään vaikuttamaan liemityksen hyvään toiminnallisuuteen. Tärkeässä roolissa gluteenittomissa liemityksissä ovat hydrokolloidit. Kirjallisesta sekä kokeellisesta osuudesta käy ilmi myös liemityksen ominaisuuksien vaikutus panerointiin. Kokeellisessa osiossa tarkasteltiin eri reseptivariaatioiden vaikutusta lopputulokseen.

## 7.2 Tulosten luotettavuus

Koekeittiöolosuhteet ovat erilaiset kuin tuotanto-olosuhteet, joten tulokset eivät välttämättä päde tuotannossa. Liemitysten kestävyyttä ei ole tutkittu, joten tuloksista ei voida päätellä liemitysten toimivuutta tuotannossa isossa mittakaavassa. Mittaukset toistettiin vain kerran lukuunottamatta viskositeettin mittausta. Tuotekehitystöissä mittauksia ei välttämättä toisteta useampaan kertaan, sillä erinomaisen version tulisi toimia joka kerta yhtä hyvin – ja toistaiseksi näin hyvää ei vielä saatu valmistettua.

## 7.3 Jatkoksi

Liemitys jauheen reseptiä hiotaan edelleen ja pyritään löytämään optimaaliset komponentit tähän sovellukseen. Pitää löytää tasapaino vahvan geelitymisen ja periksiantavuuden välille, jotta saadaan liemitys, joka mukautuu lämmön vaikutuksesta muuttuvan tuotteen pinnalle. Loppupeleissä liemityksen tulisi soveltua kaikille tuotteille, joten yhden tuotteen kanssa onnistuminen ei riitä. Liemityksiin liittyen kokeillaan vielä erilaisia jauhe- ja tärkkelysyhdistelmiä.

## Lähteet

- Amini Sarteshnizi, R., Hosseini, H., Mousavi Khaneghah, A., & Karimi, N. (2015). A review on application of hydrocolloids in meat and poultry product *International Food Research Journal*, 22(3). ss. 872–887
- Barbut, S. (2015). *The science of poultry and meat processing*. Haettu 21.10.2021 osoitteesta <http://www.poultryandmeatprocessing.com/>
- Chen, C. L., Li, P. Y., Hu, W. H., Lan, M. H., Chen, M. J., & Chen, H. H. (2008). Using HPMC to improve crust crispness in microwave-reheated battered mackerel nuggets: Water barrier effect of HPMC. *Food Hydrocolloids*, 22(7), ss. 1337–1344.
- Dyson, D. (1992). Breadings-What they are and how they are used. *Batters and breadings in food processing*. American Association of Cereal Chemists, Inc.
- Edwards, W. P. (2007). *The science of bakery products*. Royal Society of chemistry. ss. 35–39.
- Fellows, P. J. (2009). *Food processing technology: principles and practice*. ss. 455–461. Elsevier.
- Fi&S. (n.d.). *Batter & Coatings*. Haettu 4.9.2020 osoitteesta [https://fis.com/?page\\_id=1334](https://fis.com/?page_id=1334)
- Fiszman, S. M., & Salvador, A. (2003). Recent developments in coating batters. *Trends in food science & technology*, 14(10), ss. 399–407.
- Gallagher, E. (2008). Formulation and nutritional aspects of gluten-free cereal products and infant foods. In *Gluten-free cereal products and beverages*. ss. 321–346. Academic Press.
- Hall, R. H. (2012). Applications of natural ingredients in savoury food products. In *Natural Food Additives, Ingredients and Flavourings*. ss. 281–317. Woodhead Publishing.
- Loewe, R. (2011). Ingredient Selection for Batter and Breeding Systems. *Batters and breadings in food processing*. ss. 9–24. Academic Press
- Meyers, M. & Grazela, A. (2011). Functionality of Hydrocolloids in Batter Coating Systems. *Batters and breadings in food processing*. ss. 117–138. Academic Press.

- Myllynparas. (n.d.). *Korppujauho 300g*. Haettu 4.9.2020 osoitteesta <https://www.myllynparas.fi/tuotteet/korppujauho-300-g>
- Olewnik, M., Kulp, K. & Gelroth, J. (2011). Factors Affecting Performance Characteristics of Flours in Batters. *Batters and breadings in food processing*. ss. 91–116. Academic Press.
- Perera, C., & Embuscado, M. E. (2014). Texture design for breaded and battered foods. *Food texture design and optimization*. ss. 128–158.
- Sanz, T., Salvador, A. (2012). Breading. *Handbook of meat and meat processing*. ss. 469–478. CRC press.
- Sanz, T., Salvador, A., & Fiszman, S. M. (2004). Innovative method for preparing a frozen, battered food without a pre-frying step. *Food Hydrocolloids*, 18(2), ss. 227–231.
- Soorgi, M., Mohebbi, M., Mousavi, S. M., & Shahidi, F. (2012). The effect of methylcellulose, temperature, and microwave pretreatment on kinetic of mass transfer during deep fat frying of chicken nuggets. *Food and Bioprocess Technology*, 5(5), ss. 1521–1530.
- Suderman, D. R. (1990). Effective use of flavorings and seasonings in batter and breading systems. *Batters and Breadings in Food Processing*. ss. 73–91.
- Weller, C., & Team, V. (2019). Interactive dressings and their role in moist wound management. In *Advanced textiles for wound care*. ss. 105–134. Woodhead Publishing.

## **Kuvalähteet**

- Ingredion. (n.d.) *Crispy and crunchy batters and breadings*. Haettu 18.02.2021 osoitteesta <https://www.ingredion.co.nz/Applications/Coatings.html>
- Asia Pacific Food Industry. (2017). *Delving Into Batter And Breading*. Haettu 18.02.2021 osoitteesta <https://apfoodonline.com/industry/delving-into-batter-and-breading/>
- Sanyang, M. L., Ilyas, R. A., Sapuan, S. M., & Jumaidin, R. (2018). Sugar palm starch-based composites for packaging applications. In *Bionanocomposites for*

packaging applications. Starch amylose and amylopectin structure. 130.

Springer, Cham.

Kathuria, D., Gautam, S., & Sharma, K. D. (2018). Utilization and Health Benefits of Modified Starch. 351.

## LIITTEET

## Liite 1 Tulostaulukot

Excel-tiedostosta tuodut tulostaulukot.

Taulukko 2. Viskositeetti

VISKOSITEETTI					kes- kiarvo
A1	5150	4900	5120		5056,667
A2	1330	1300	1270		1300
B1	2930	2800	2990	2850	2892,5
B2	850	740	740		776,6667
C1	2100	2080	1960		2046,667
C2	480	485			482,5
D1	680	720	710		703,3333
D2	170	170			170
E1	615	610			612,5
E2	130	140			135
F1	590	520	590		566,6667
F2	130	140			135

Taulukko 3. Massa ennenliemitystä, liemityksen jälkeen ja paneroinnin jälkeen.

Massanmuu- tos - mittaus- tulokset			
	LIHA	LIEMITYS	PANEERAUS
A1	64,32	90,67	105,25
A2	51,07	66,97	75,8
B1	58	81,95	92,57
B2	56,72	68,63	77,05
C1	52,84	68,43	79,46
C2	61,42	70,91	84,3
D1	52,15	62,79	72,55
D2	70,56	81,14	94,28
E1	63,2	74	88,2
E2	51,86	62,57	71,43
F1	60,06	71,35	83,14
F2	51,97	58,02	67,55

Taulukko 4. Komponentin osuus koko massasta.

	LIHA	LIEMITYS	PANEERAUS
A1	61,11 %	25,04 %	13,85 %
A2	67,37 %	20,98 %	11,65 %
B1	62,66 %	25,87 %	11,47 %
B2	73,61 %	15,46 %	10,93 %
C1	66,50 %	19,62 %	13,88 %
C2	72,86 %	11,26 %	15,88 %
D1	71,88 %	14,67 %	13,45 %
D2	74,84 %	11,22 %	13,94 %
E1	71,66 %	12,24 %	16,10 %
E2	72,60 %	14,99 %	12,40 %
F1	72,24 %	13,58 %	14,18 %
F2	76,94 %	8,96 %	14,11 %

Taulukko 5. Massan prosentuaalinen kasvaminen.

A1	63,63 %
A2	48,42 %
B1	59,60 %
B2	35,84 %
C1	50,38 %
C2	37,25 %
D1	39,12 %
D2	33,62 %
E1	39,56 %
E2	37,74 %
F1	38,43 %
F2	29,98 %

Taulukko 6. Komponenttien massat.

	LIHA	LIEMITYS	PANEERAUS
A1	64,32	26,35	14,58
A2	51,07	15,9	8,83
B1	58	23,95	10,62
B2	56,72	11,91	8,42
C1	52,84	15,59	11,03
C2	61,42	9,49	13,39
D1	52,15	10,64	9,76
D2	70,56	10,58	13,14
E1	63,2	10,8	14,2
E2	51,86	10,71	8,86
F1	60,06	11,29	11,79
F2	51,97	6,05	9,53