



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Suvi Mäenpää

Täyskarjun ja kirurgisesti kastroidun sian silavan teknologiset erot

Opinnäytetyö

Kevät 2024

Insinööri (AMK), Bio- ja elintarviketekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Insinööri (AMK), Bio- ja elintarviketekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Elintarviketeknologia

Tekijä: Suvi Mäenpää

Työn nimi alaotsikoineen: Täyskarjun ja kirurgisesti kastroidun sian silavan teknologiset erot

Ohjaaja: Juuso Kumpulainen

Vuosi:2024

Sivumäärä:47

Liitteiden lukumäärä:2

Opinnäytetyö keskittyy täyskarjun silavan sekä kirurgisesti kastroidun sian silavan teknologisten ominaisuuksien ja eroavaisuuksien tutkimiseen sekä näistä valmistettujen lihatuotteiden käsittelyyn. Tavoitteena oli selvittää silavan rasvahappokoostumusten eroja ja saada konkreettisia tutkimustuloksia silavasta valmistettujen tuotteiden rakenteellisista eroavaisuuksista, värieroista sekä kypsennyshävikistä. Tutkimustyön tarkoituksena oli hankkia tietoa rasvahappokoostumuksen vaikutuksesta lihatuotteisiin.

Tutkimus suoritettiin valmistamalla näytteitä molemmista eri silavatyypeistä Seinäjoen Ammattikorkeakoulun (SeAMK) Food Lab -tilassa ja analysoimalla ne analyysilaboratoriossa käyttäen TA-XT2-rakennemittaria sekä Konica Minolta CR-410-värimittaria.

Tutkimuksen tulosten perusteella havaittiin, että täyskarjun silavalla ja kirurgisesti kastroidun sian silavalla oli selkeitäkin eroja ominaisuuksissa, kuten värissä ja kypsennyshävikissä. Täyskarjunäytteet olivat vaaleampia ja keltaisempia verrattuna referenssinäytteisiin, mikä viittaa rasvahappokoostumuksen eroihin. Lisäksi täyskarjunäytteissä havaittiin suurempi kypsennyshävikki, mikä voi liittyä rasvahappojen tyyppeihin ja niiden vaikutukseen rasvan sulamiseen kypsennyksen aikana. Näin ollen rasvahappokoostumuksella on oletettavasti merkitystä tutkittujen ominaisuuksien, kuten värin ja kypsennyshävikin osalta, mutta tulokset eivät olleet täysin johdonmukaisia.

¹ Asiasanat: eläinrasvat, rasvahapot, teknologia, lihavalmisteen

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Degree programme: Bachelor of Engineering, Food Processing and Biotechnology

Specialisation: Food technology

Author/s: Suvi Mäenpää

Title of thesis: The technological differences between surgically castrated and uncastrated pigs' fat.

Supervisor: Juuso Kumpulainen

Year:2024

Number of pages:47

Number of appendices:2

The thesis focuses on examining the technological properties and differences in the fat of uncastrated male pigs and surgically castrated pigs, as well as the processing of these meat products. The aim was to investigate the differences in fatty acid compositions and to obtain concrete research results on structural differences, color differences, and cooking losses. The purpose of the study was to acquire information on the impact of fatty acid composition on meat products.

The research was conducted by preparing samples of both types of fat in the Food Lab at Seinäjoki University of Applied Sciences (SeAMK) and analyzing them in an analysis laboratory using the TA-XT2 texture analyzer and the Konica Minolta CR-410 colorimeter.

Based on the results of the study, it was found that there were differences for example in the color and cooking losses of the fat of uncastrated male pigs and surgically castrated pigs. The uncastrated pork fat samples were lighter and more yellow compared to the reference samples, which suggests differences in fatty acid composition. Additionally, the uncastrated samples showed a greater cooking loss, which may be related to the types of fatty acids and their effect on fat melting during cooking. Thus, the fatty acid composition presumably plays a significant role in the studied properties, such as color and cooking loss.

¹ Keywords: animal fats, fatty acids, technology, meat products

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	2
Thesis abstract	3
SISÄLTÖ	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkuuettelo	6
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	8
1 JOHDANTO	9
1.1 Työn tavoite ja tausta	9
1.2 Työn rakenne	10
2 KASTRAATIO JA KASVATUSMENETELMÄT	11
2.1 Kastration syyt.....	11
2.2 Vaihtoehtoiset kasvatustavat.....	11
2.2.1 Täyskarjukasvatus	12
2.2.2 Immunokastratio	12
3 SILAVAN KOOSTUMUS	14
3.1 Silavan biokemiallinen koostumus.....	14
3.2 Täyskarjun ja leikon rasvahappokoostumuksen erot.....	15
4 LIHATUOTTEEN VALMISTUS	16
4.1 Makkara	16
4.2 Lisäaineet makkarassa.....	17
5 TUTKIMUSMENETELMÄT	18
5.1 Värianalyysi.....	18
5.2 Kypsennyshävikki.....	19
5.3 Rakennemittaus	20
6 TUTKIMUSTYÖ.....	22
6.1 Näytteet.....	22
6.2 Näytteen valmistusprosessi.....	22
6.3 Rakennemittaus TPA-menetelmällä.....	24
7 TULOKSET	27

7.1 Värianalyysi.....	27
7.2 Värieron huomattavuus silmällä	30
7.3 Kypsennyshävikki.....	32
7.4 Rakennemittaus	33
8 POHDINTA.....	39
LÄHTEET	44
LIITTEET	47

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo

Kuva 1. Konica Minolta CR-410 värimittari.	18
Kuva 4. Seydelmann, K-20 maljakutteri (Mäenpää, 2024, CC BY-NC-SA).....	23
Kuva 5. Sähkökäyttöinen makkararuisku (Mäenpää, 2024, CC BY-NC-SA).....	24
Kuva 6. Rakennemittari TA-XT2 (Mäenpää, 2024, CC BY-NC-SA).....	26
Kuva 7. Värit havainnollistettu NixSensor- värimuuntajalla. Vasemmalla referenssi ja oikealla karju.....	28
Kuva 8. Värit havainnollistettu NixSensor- värimuuntajalla. Vasemmalla referenssi ja oikealla karju.....	29
Kuva 9. Värit havainnollistettu NixSensor- värimuuntajalla. Vasemmalla referenssi ja oikealla karju.....	30
Kuva 10. Väriero referenssinäytteestä (oik) ja karjunäytteestä (vas).	32
Kuva 11. Näytteen optimaalinen rakenne.	41
Kuva 12. Näytteiden rakenteiden poikkeavuudet.....	42
Kuvio 1. Lab- väriavaruus	19
Kuvio 2. Erän 1 kovuuden keskiarvolliset tulokset sekä keskiarvon keskivirhe.....	34
Kuvio 3. Erän 1 pureskeltavuuden keskiarvolliset tulokset sekä keskiarvon keskivirhe.	34
Kuvio 4. Erän 2 keskiarvolliset tulokset sekä keskiarvon keskivirhe.	35
Kuvio 5 Erän 2 pureskeltavuuden keskiarvolliset tulokset sekä keskiarvon keskivirhe.	35
Kuvio 6. Erän 3 kovuuden keskiarvolliset tulokset sekä keskiarvon keskivirhe.....	36
Kuvio 7. Erän 3 pureskeltavuuden keskiarvolliset tulokset sekä keskiarvon keskivirhe.	36

Kuvio 8. Kaikkien erien kovuuden keskiarvot sekä keskiarvon keskivirheet.	37
Kuvio 9. Kaikkien erien pureskeltavuuden keskiarvot sekä keskiarvon keskivirheet.....	38
Taulukko 1. Taulukko silavan ravintoaineista.....	14
Taulukko 2. Rasvahappokoostumuksen eroavaisuudet.....	15
Taulukko 3. Näytteen reseptiikka.	22
Taulukko 4. Erän 1 väriarvojen keskiarvolliset tulokset.....	28
Taulukko 5. Erän 2 väriarvojen keskiarvolliset tulokset.....	29
Taulukko 6. Erän 3 väriarvojen keskiarvolliset tulokset.....	30
Taulukko 7. Värierojen havaittavuus silmälle.	32
Taulukko 8. Näytteiden painotiedot ennen ja jälkeen kypsennyksen.	33

Käytetyt termit ja lyhenteet

Ensikko	Ensimmäistä kertaa poikiva emakko
Imisä	Nuori naaraspuolinen sika
Immunokastratio	Rokotteella suoritettava kastraatio
Kirurginen kastraatio	Leikkauksella suoritettu kastraatio
Leikko	Kastroitu urospuolinen sika
Rasvahappo	Suoraketjuinen hiiliatomien ja karboksyyliiryhmän muodostama happo
Silava	Eläinrasva
TPA	Rakenneprofiilianalyysi
Täyskarju	Kastroimaton urospuolinen sika

1 JOHDANTO

Lihatuotannon alalla on meneillään merkittävä murrosvaihe, jonka aikana sikojen kirurgisesta kastroatiosta luovutaan lakiuudistuksen myötä 10–15 vuoden siirtymäajalla (Kauppinen, 2022). Tämä lakiuudistus vaikuttaa lihateknologian alaan laajasti aina alkutuotannosta kuluttajalle saakka. Lakiuudistuksen tavoitteena on asettaa eettisesti kestävä ja eläinten hyvinvoinnin huomioonottavat käytännöt toiminnan keskiöön. Kirurgisesta kastroatiosta luopuminen vastaa osiltaan huoleen eläinten hyvinvoinnista, mutta asettaa samalla haasteita koko tuotantoketjulle. Siirtymäajan aikana laki edellyttää, että kirurgista kastroatiota varten porsaalle annetaan kipulääkitys ja vuodesta 2027 alkaen on annettava paikallispuudutus (Vessonen & Ollila, 2024).

Sikojen kirurginen kastroatio on yleinen käytäntö maataloudessa, erityisesti lihasikatuotannossa. Lihasiaksi kasvatettavat karjuporsaat kastroidaan jo muutaman päivän ikäisenä niiden tuottaman sukupuolihormonin vuoksi, joka voi aiheuttaa karjunhajua lihassa. Kirurginen kastroatio tapahtuu sikatilallisen toimesta ja jopa ilman kivunlievitystä. Porsaan kivekset leikataan pois veitsellä tai pihdeillä (Merikallio, 2018).

Heinosen (2021) mukaan kirurgisen kastroinnin yhteydessä on mahdollista käyttää tulehduskipulääkettä sekä paikallispuudutusta, mutta näiden käyttö on tiloilla vapaaehtoista. Suomessa lihatalot edellyttävät asiakastiloiltaan kipulääkkeen hyödyntämistä. Kivekset poistetaan viiltämällä iho auki, vetämällä ne ulos ja katkaisemalla siemenjohtimet. Kastroatio suoritetaan usein ennen kuin possut ovat saavuttaneet sukukypsyyden, jotta estetään ei-toivotun lisääntymisen riski ja säilytetään lihan laatu.

1.1 Työn tavoite ja tausta

Kirurgisesta kastroatiosta luopuminen johtaa uudenlaisiin haasteisiin lihaketjussa. Vaihtoehtoja kirurgiselle kastroatiolle on mm. immunokastrointi sekä täyskarjukasvatus. Kirurgisesti kastroidun, immunokastroidun ja täyskarjun silavat eroavat toisistaan biokemiallisin ominaisuuksin. Työ tehdään, jotta saadaan tietoa, miten täyskarjun ja kastroidun sian silava käyttäytyy lihatuotteessa. Tutkimustyön tarkoituksena on selvittää eriävän rasvahappokoostumuksen vaikutus kokeellisen työn avulla. Kokeellisessa työssä määritetään,

miten silavoiden koostumuksen erot vaikuttavat lihatuotteeseen sekä kuinka suuri merkitys raaka-aineen muutoksella on lopputuotteen ominaisuuksiin, kuten rakenteeseen, väriin ja kypsennyshävikkiin.

1.2 Työn rakenne

Opinnäytetyön ensimmäisenä vaiheena on taustatiedon keräys ja tutkimus. Taustatieto hankitaan työn aiheen olemassa olevista lähteistä ja tutkimustiedosta. Työn kirjallisuusosiossa keskitytään selvittämään tietoa kirurgisesta kastroatiosta ja sen syistä sekä vaihtoehtoisista kasvatustavoista. Kirjallisuusosiota seuraa osio, jossa pureudutaan silavan ominaisuuksiin ja siihen makkaran raaka-aineena. Osiossa käsitellään myös makkaran valmistusprosessia.

Näytteet ja tutkimusmenetelmät -osiossa käsitellään, miten tutkimus on toteutettu ja millä menetelmillä. Tulokset-osiossa esitellään saavutetut tulokset eri osa-alueilla, kuten värianalyysissä, kypsennyshävikin osalta ja rakennemittauksissa. Pohdintaosiossa käydään läpi tutkimustyössä saatuja tuloksia ja pohditaan tulokseen johtaneita syitä. Pohdintaosiossa pureudutaan myös opinnäytetyön jatkojalostusmahdollisuuksiin.

2 KASTRAATIO JA KASVATUSMENETELMÄT

2.1 Kastration syyt

Heinosen (2021, s.2) laatiman selvityksen mukaan liha-alalla suoritetaan kastratio karjuilla esiintyvän karjunhajun välttämiseksi, joka ilmenee vain osalla lihasikakasvatuksessa olevista karjuista. Karjunhaju tekee lihasta epämiellyttävän hajuisen kypsentaessä, mikä vähentää kuluttajien innokkuutta käyttää sianlihaa. Vaikka karjunhajuista lihaa voidaan käyttää lihateollisuudessa, sen arvo on huomattavasti alhaisempi. Karjunhaju muodostuu pääosin androstenonista, joka muodostuu kiveksissä ja kulkeutuu sieltä rasvakudokseen ja sylkeen. Skatoli puolestaan muodostuu suolistossa olevan mikrobiston avulla ja imeytyy verenkiertoon (Heinonen 2021, s.2). Skatoli tuo epämiellyttävän hajun ja androstenonipitoisuus on suoraan kytköksissä skatolipitoisuuteen (Lehmann i.a.). Heinosen (2021) selvityksen mukaan karjuilla on skatolia rasvakudoksessa enemmän kuin leikoilla ja imisiöillä, sillä karjujen hormonitoiminta vaikuttaa maksan hajottavaan toimintaan.

Kirurgisen kastrations vaihtoehdot, kuten täyskarjukasvatus ja immunokastratio vaativat merkittäviä muutoksia niin sikaloissa kuin teurastamoissakin (Valtioneuvosto, 2022). Nämä muutokset lisäävät kustannuksia erityisesti siirtymäaikana. Sianlihatuotannon vaikea taloustilanne vaatii valtiolta tukea alan tarvitsemiin muutoksiin. Teurastamoiden on sopeutettava käytäntöjään varmistaakseen, että kuluttajille päätyvä liha on hajutonta. Heinosen (2021) selvityksen mukaan kirurgisesta kastratiosta luopumiseen tarvitaan arviolta 10–15 vuoden siirtymäaika.

2.2 Vaihtoehtoiset kasvatustavat

Sian vaihtoehtoiset kasvatustavat nousevat esiin vastauksena eläinten hyvinvointiin liittyviin kysymyksiin. Vaihtoehtoisia kasvatustapoja tutkitaan, jotta tämänhetkiselle kasvatustavalle saadaan toimiva toimintatapa tulevaisuutta varten. Heinosen (2021) selvityksen mukaan täyskarjukasvatus ja immunokastratio ovat tiloille taloudellisesti mahdollisia sekä suositeltavia, jos niihin siirtyminen hoidetaan huolellisesti ja tilalliset saavat tarvittavat neuvot. Nämä kaksi vaihtoehtoa (täyskarjukasvatus ja immunokastratio) ovat mahdollista ottaa käyttöön heti, kun teurastamot ottavat teurastukseen immunokastroidut karjut sekä

täyskarjut niin, että tuottaja saa niistä kunnollisen korvauksen. Voutilan ym. (2013) mukaan immunokastraatioon käytettävä rokote on hyväksytty käyttöön niin Suomessa, kuin muualla Euroopan Unionissa.

2.2.1 Täyskarjukasvatus

Täyskarjukasvatuksessa eläimet kasvatetaan ja pidetään luonnollisessa tilassaan ilman leikkauksia, kuten kastroidintia tai vastaavia toimenpiteitä. Täyskarjukasvatuksen etuina on parempi lihan laatu, parempi rehun hyötysuhde, joka vaikuttaa myös ympäristöön positiivisesti. Typpipitoisten yhdisteiden määrä ulosteessa on pienempi kuin leikoilla (Virta, 2011). Täyskarjuilla tyydyttämättömien rasvojen määrä on korkeampi ja täyskarjukasvatuksella poistetaan täysin kirurgiseen kastraatioon liittyvä kipu (Bonneau & Weiler, 2019).

Täyskarjukasvatuksen haasteita aiheuttaa vaikeus hallita murrosiässä olevan karjun lisääntyntä levottomuutta. Tämän takia samassa karsinassa olevien yksilöiden hyvinvointi voi heikentyä dominoivien lajitovereiden häirinnän vuoksi. Häirintä ilmenee parittelukäyttäytymisen ja aggressiivisuuden muodossa (Bonneau & Weiler, 2019). Tämän vuoksi naaras- ja urossiat täytyy erotella toisistaan. Lundströmin ym. (2009) mukaan täyskarjukasvatuksessa kielteisenä puolena esiintyy myös niiden pienempi teurastusikä, joka johtaa pienikokoisempiin ruhoihin.

2.2.2 Immunokastratio

Immunokastratio on rokotteella suoritettava kastroidintimenetelmä. Rokotteen tarkoituksena on kehittää aktiivinen immunisaatio GnRH:ta vastaan, joka on keskeinen hormoni puberteetin etenemisessä (Kress ym., 2019). Rokotteen seurauksena sian immuunijärjestelmä tuottaa vasta-aineita hypotalamuksen hormonia GnRH:ta vastaan ja näin ollen pysäyttää puberteetin kulun. Hoitomuoto koostuu kahdesta rokotuskerrasta, jotka ovat noin 12 viikon iässä ja 4–6 viikkoa ennen teurastusta. Mikäli teurastukseen on pitkä aika rokotuksesta, tarvitaan kolmas rokotuskerta (mt.). Suurin hyöty immunokastratiosta on eläinten hyvinvoinnin näkökulmasta, sillä eläin ei kärsi toimenpiteestä niin paljo, kuin kirurgisesta kastraatiosta (Bonneau & Weiler, 2019). Toisen rokotekerran jälkeen, eläin ei osoita aggressiivisuutta tai lisääntymiskäyttäytymistä, joka on myös eläinten hyvinvoinnin

kannalta tärkeää (mt.). Haittavaikutuksia on immunokastratiolla on todettu olevan, kuten kirurgiseen toimenpiteeseen verrattaen lyhytkestoinen stressi ja siihen liittyvät käytösmuutokset. Selkäsilavan paksuudesta pystytään näkemään, että nuorena teurastetuilla sioilla immunokastroitujen eläinten liha on yhtä vähärasvaista, kuin karjuilla (Dunshea ym. 2001). Vanhempana teurastetut immunokastratit ovat karjuja rasvaisempia, mutta eivät yhtä rasvaisia kuin leikot.

3 SILAVAN KOOSTUMUS

3.1 Silavan biokemiallinen koostumus

Sian silava on sian rasvaa, joka on yleensä peräisin eläimen kyljestä tai selästä. Perusravintoainesisältö silavasta on esitetty taulukossa 1. Taulukossa on esitetty sian selkäsilavan arvot.

Taulukko 1. Taulukko silavan ravintoaineista (Fineli, i.a.)

Ravintoaine	100 g
Energia	785 kcal
Rasva, josta	87,7 g
tydyttynyttä	35,2 g
tydyttymätöntä	36,7 g
monitydyttymätöntä	10,3 g
Proteiini	2,5 g
Suola	51 mg

Biokemiallisesta näkökulmasta tarkasteltuna, rasva on silavan pääkomponentti. Rasva koostuu pääosin triglyserideistä, jotka ovat molekyyliä, joissa glyserolimolekyyli on kiinnittyneenä kolmeen rasvahappoon (Kamamo, 2015). Näitä rasvahappoja voivat olla muun muassa steariinihappo, linolihappo ja alfa-linoleenihappo. Rasvahapot jaetaan kolmeen eri luokkaan, jotka ovat tyydyttyneet, tyydyttymättömät sekä monitydyttymättömät rasvahapot. Nämä luokat eroavat toisistaan niiden kemiallisten rakenteiden perusteella, erityisesti niiden välisistä hiiliatomien sidoksista (Terveyskirjasto, 2023). Tyydyttyneiden rasvahappojen hiiliketjuissa ei ole kaksoissidoksia ja jokainen hiiliatomi on täynnä vetyatomeja. Tämä tekee rakenteesta suoran, joka tarkoittaa ns. kovaa rasvaa. Kertatyydyttymätön rasvahappo omaa yhden kaksoissidoksen hiiliketjussa. Tämä yksi kaksoissidos aiheuttaa lievää taipumista molekyylin rakenteeseen. Monitydyttymätön rasvahappo sisältää useita kaksoissidoksia hiiliketjussa, joka aiheuttaa rasvalle pehmeän rakenteen ja onkin niin sanottu ”hyvä rasva” (mt.).

3.2 Täyskarjun ja leikon rasvahappokoostumuksen erot

Tutkimukset osoittavat, että liha ja rasvakudokset eroavat leikoilla ja karjuilla (Barton-Gade 1987). Karjun liha on punaisempaa ja säilyttää kosteutensa paremmin, sillä lihan vesipitoisuus on karjuilla hieman suurempi ja proteiinipitoisuus on pienempi. Lisäksi karjunlihan alempi rasvapitoisuus ja korkeampi tyydyttymättömien rasvahappojen määrä tekevät siitä suotuisamman ihmisten ruokavalion kannalta (Lundström ym., 2009). Lundström ym. (2009, s.1499) mukaan kylkisilavan paksuus vaihtelee välillä 9 % - 21 %, ja vähäisempi rasvakudoksen määrä lihassa tekee siitä houkuttelevamman kuluttajille.

Grela ym. (2013) tutkimuksessa selvitettiin, miten täyskarjun, immunologisesti kastroidun, kirurgisesti kastroidun sian sekä ensikon rasvahappokoostumukset eroavat toisistaan. Tutkimuksessa havaittiin merkittäviä eroja näiden ryhmien selkärasvan rasvahappokoostumuksissa. Alhaisimmat tyydyttyneiden rasvahappojen pitoisuudet todettiin täyskarjuilla sekä ensikoilla. Kertatyydyttyneiden rasvahappojen osuus oli kaikilla testiryhmillä samaa luokkaa, vaikkakin immunologisesti kastroidulla porsaalla se oli kaikista alhaisin. Monityydyttymättömien rasvahappojen osuus oli huomattavasti korkein täyskarjuilla ja alhaisin kirurgisesti kastroiduilla porsailla (taulukko 2).

Taulukko 2. Rasvahappokoostumuksen eroavaisuudet (soveltaen Grela, ym, 2013 s.5)

Rasvahappo (%)	Täyskarju	Immunokast-raatti	Kirurgisesti kastroidu	Imisä
tyydyttynyt (SFA)	37,24	41,66	41,99	40,47
kertatyydyttymätön (MUFA)	44,62	42,98	45,00	44,86
monityydyttymätön (PUFA)	13,20	10,68	8,69	10,36
Suhde (PUFA/MUFA)	0,35	0,26	0,21	0,25

4 LIHATUOTTEEN VALMISTUS

4.1 Makkara

Makkaran valmistuksessa on monta eri vaihetta, joilla jokaisella vaiheella on kriittinen merkitys lopputuotteen ominaisuuksiin. Vaiheet hieman vaihtelevat riippuen valmistettavasta makkarasta. Makkaran valmistusvaiheisiin kuuluu lihan lajittelu, kutterointi, ruiskutus, savustus, keitto ja jäähdytys sekä pakkaus (Saarela, ym. 2010).

Makkaramassan tulee olla tasaista seosta. Tämänkaltaiseen lopputulokseen päästään, kun kutterin terä pilkkoo lihassykimput ja lihassyöt katkeavat, joka tarkoittaa myös sidekuksen silpoutumista. Kun terä osuu rasvasoluun, solu hajoaa ja rasva pääsee vapautumaan massaan (Puolanne, 2019 s.70). Rasvan ominaisuudet tulee ottaa huomioon kutteroinnin aikaisessa lämpötilassa. Mitä enemmän massa sisältää tyydyttyneitä rasvahappoja, sitä enemmän massa kestää lämpötilan kasvua. Tyydyttymättömien rasvahappojen sulamispiste on alhaisempi. Tästä syystä osa rasvasta sulaa ja osa rasvasta on kiinteänä massassa.

Massan ollessa valmista, se ruiskutetaan kuoriin, eli suoliin (Puolanne, 2019 s.73). Makaraan voi käyttää luonnonsuolta, mutta nykyisin enemmän on käytössä keinokuoria. Nykyaikaisilla ruiskulaitteilla massa voidaan annostella tarkasti suoliin. Kuoret asetetaan pitkinä kappaleina ruiskutuspillin päälle, jolloin kerralla pystytään ruiskuttamaan suuri määrä makkaraa. Ruiskutuksen jälkeen makkaroista kierretään sopivan kokoisia kappaleita ja lenkki siirretään kepillä savustusta varten. Savustuksen tarkoituksena on tuoda tuotteelle makua, kaunista väriä sekä parantaa säilyvyyttä. Savustuksen seurauksena bakteeripitoisuus puutoa alkuperäisestä. Savun tietyt ainesosat ovat antioksidantteja, jotka hidastavat härskiintymisreaktiota tuotteessa. Keittovaiheen yhtenä pääasiallisena tarkoituksena on tuhota mikrobit tuotteesta ja kypsentää tuote syötäväksi. Tämän vaiheen jälkeen makkarat voidaan jäähdyttää ja pakata.

4.2 Lisäaineet makkarassa

Makkaroissa pääasiallisesti käytettävät lisäaineet ovat ruokasuola, fosfaatti ja nitriitti (Jormalainen, 2021). Lisäksi käytetään antioksidantteja, kuten askorbiinihappoa, glukonodeltalaktonia, sitruunahappoa, viinihappoa, maitohappoa ja näiden suoloja sekä harvemmin natriumglutamaattia.

Ruokasuola eli natriumkloridi vaikuttaa tuotteen makuun, säilyvyyteen ja makkaran koostumukseen sekä vedenpidätyskykyyn. Massassa tulee olla vähintään 1,5 % suolaa, jotta rakenne pysyy kasassa (Puolanne, 2019. s 70). Ruokasuola aiheuttaa makkaroissa härskiintymistä, mutta nitriitti estää tämän haittavaikutuksen.

Fosfaatilla helpotetaan makkaran valmistusprosessia. Fosfaatti parantaa vedenpidätyskykyä tuotteessa ja tärkeimpänä fosfaatti tehostaa suolan vaikutusta (Puolanne, 2019 s.75). Suola rikkoo myosiinifilamentin ja fosfaatti katkaisee aktomyosiinisidoksen. Kun nämä sidokset vähenevät, elastinen paine heikentyy ja myofibrillit pääsevät turpoamaan. Fosfaatti hieman vaikuttaa myös säilyvyyteen, mutta ei merkittävästi.

Natriumnitriittiä käytetään säilyvyyden parantamiseksi (Puolanne, 2019 s.75). Natriumnitriitti myös tuo tuotteelle väriä ja estää tuotteessa olevan rasvan härskiintymisen ja täten vaikuttaa tuotteen makuprofiiliin. Nitriitti hapettuu nitraatiksi ja myoglobiinista muodostuu metmyoglobiini, eli hemoglobiinin ja myoglobiinin hapettunut muoto. Metmyoglobiinin reagoitessa typpioksidin kanssa syntyy typpioksidimetmyoglobiinia, josta pelkistimien vaikutuksesta tulee typpioksidimyoglobiinia. Typpioksidimyoglobiini muuttuu keiton aikana väriaineeksi, joka on punainen. Nitriitin käyttö makkaran valmistuksessa auttaa estämään patogeenisten bakteerien, kuten salmonellan ja Clostridium botuliniumin kasvua ja lisää myös tuotteen säilyvyyttä. Se toimii myös antioksidanttina, estäen härskiintymistä ja parantaen lihavalmisteen makuprofiilia. Askorbiinihappo ja glukonodeltalaktoni käytetään antioksidanteina ja pH:n säätelyssä, mikä parantaa väriä ja säilyvyyttä. Orgaaniset hapot ja niiden suolat, kuten sitruuna- ja viinihappo, sekä natriumglutamaatti, vaikuttavat myös säilyvyyteen ja makuun.

5 TUTKIMUSMENETELMÄT

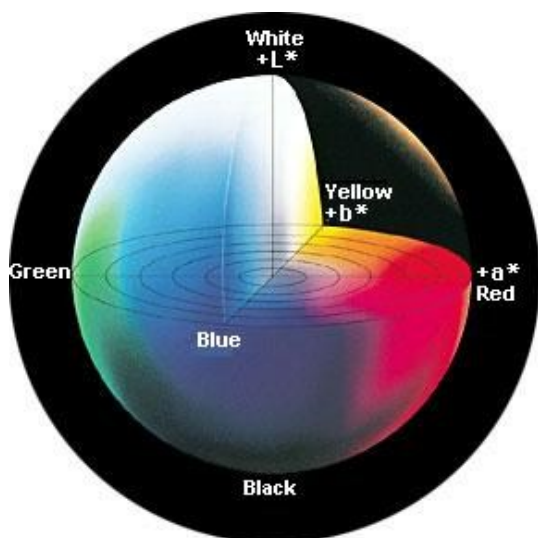
5.1 Värianalyysi

Värianalyysi suoritettiin käyttämällä Konica Minolta CR-410- kromometriä (kuva 1). CR-410 Chroma Meter on kannettava laite, jota käytetään arvioimaan esineiden väriä, erityisesti silloin kun kohteessa on tekstuuria, epätasaista pintaa tai paljon väri vaihtelua (Konica Minolta, i.a.a). Tämä laite auttaa käyttäjiä valvomaan näytteiden väriä, laadukkuutta ja ulkonäköä tehokkaasti. Se tunnistaa väriominaisuudet esineissä, määrittää värierot esineiden välillä ja tarjoaa välittömän arvioinnin, jonka avulla voidaan selvittää, täyttääkö näyte määritellyn standardin. CR-410 on työkalu värin tarkasteluun monissa eri käyttöaloilla, joista yhtenä merkittävänä on elintarvikeala.



Kuva 1. Konica Minolta CR-410 värimittari (Konica Minolta, i.a.a).

Tässä tutkimustyössä käytetty menetelmä CIELAB on 3D väriavaruus, joka mahdollistaa havaittavissa olevien värien mittaamisen ja vertailun käyttäen kolmea väriarvoa (Phillips, 2023). Väriarvoja ovat L^* joka edustaa vaaleusakselia, a^* punaviherakselia ja b^* edustaa sinikeltaista akselia (Kuvio 1). Tässä väriavaruudessa numeeriset arvot vastaavat karkeasti siihen muutokseen, jonka ihmiset näkevät värien välillä.



Kuvio 1. Lab- väriavaruus (Konica Minolta, i.a.b)

5.2 Kypsennyshävikki

Kypsennyshävikki on ilmiö, joka kuvaa ruoan massan menetystä tai sen muutosta valmistuksen aikana (Aaslyng, M. yms, 2013. s.285.) Ilmiö on seurausta kemiallisista ja fysikaalisista reaktioista, joita tapahtuu tuotteen altistuessa tietylle lämpötilalle ja kypsennysajalle. Kypsennyshävikkiä voidaan arvioida nesteiden menetyksenä, kuten tuotteessa olevan veden haihtumisena vesihöyryinä ja liukoisten yhdisteiden liukenemisena. Lämpötilan noustessa vesipitoisuuden on osoitettu laskevan ja rasva- ja proteiinipitoisuuden lisääntyvän, mikä osoittaa, että suurin osa kypsennyshävikistä on vettä.

Kypsennyshävikistä suurimman osan todettanen olevan vettä, vedenpidätyskyky on yksi tärkeimmistä ominaisuuksista lihatuotteissa, kuten makkaroissa (Aaslyng, M. yms, 2013 s.285). Se viittaa kykyyn sitoa ja säilyttää vettä tuotteen sisällä. Tämä ominaisuus vaikuttaa sekä tuotteen rakenteeseen että sen mehevyyteen ja makuun. Hyvä vedenpidätyskyky auttaa säilyttämään lihatuotteen mehevyyden ja estää kuivumisen kypsennyksen aikana. Se voi myös vaikuttaa tuotteen koostumukseen ja tekstuuriin tasaisuuteen. Liiallinen veden menetys voi johtaa kuivaan lopputulokseen, kun taas liiallinen veden säilyttäminen voi aiheuttaa liian pehmeän tai vetisen lopputuloksen. Valmistuksessa lisäaineet, kuten fosfaatti auttaa säätämään vedenpidätyskykyä ja parantamaan lopputuotteen laatua.

Vedenpidätyskykyä ei yleensä ilmoiteta absoluuttisena suureena, kuten jouleina per mooli, vaan se tarkastellaan enemmänkin veden määränä suhteessa lihan painoon tai tilavuuteen eri tilanteissa (Puolanne, 2019 s.38). Tämä tekee siitä enemmän tilannesidonnaisen ja käytännönläheisen mittarin. Vedenpidätyskyky on siis tilavuuden tai painon suhde, joka heijastelee lihan rakenteellisia ominaisuuksia ja niiden vaikutusta veden säilyttämiseen. Tämä voi liittyä esimerkiksi lihaproteiinien ristosidoksiin ja solujen väliaineeseen, jotka vaikuttavat veden sitoutumiseen ja lihan koostumukseen eri käsittelyvaiheissa.

5.3 Rakennemittaus

Rakennemittaus on olennainen menetelmä elintarviketeknologiassa. Se mahdollistaa tuotteiden koostumuksen ja rakenteen arvioinnin monella eri tutkimusparametrilla (Stable Micro Systems, i.a.). Tuotteen rakenne on keskeinen ominaisuus, jolla on merkittävä vaikutus moniin seikkoihin, kuten tuotteen prosessointiin, käsittelyyn, säilyvyyteen ja kuluttajamieltyvyyteen. Esimerkiksi tuotteen rakenteen perusteella voidaan arvioida sen soveltuvuutta erilaisiin valmistusmenetelmiin ja säilytysolosuhteisiin. Lisäksi kuluttajat arvioivat usein tuotteen laatua sen rakenteen perusteella, joten tuotteiden valmistajat pyrkivät optimoimaan rakenteen parantaakseen tuotteen vastaanottoa markkinoilla.

Rakennemittaukseen käytettiin Stable Microsystemsin rakennemittaria TA-XT2. Rakennemittarilla on useita erilaisia käyttösovelluksia ja sitä pystytään hyödyntämään laajasti erilaisten rakenteellisten ominaisuuksien tutkimisessa. Laitteeseen löytyy paljon erilaisia mitauspäitä sekä alustoja, jotka valitaan tutkimuskohteelle yksilöidysti käyttötarkoituksen mukaan. Tekstuurianalysaattori pystyy suorittamaan puristus-, venytys-, leikkaus- ja taivutuskokeita ja näiden kokeiden perusteella se pystyy mittaamaan ominaisuuksia kuten haavoavuutta, sitkeyttä, tahmeutta, koostumusta, puruvoimaa ja kimmoisuutta (Stable Micro Systems, i.a.).

Rakennemittausta tehdessä on tärkeää, että mittauspää sekä alusta ovat oikeanlaiset elintarviketuotetta tutkiessa, jotta rakennemittauksen tulokset olisivat luotettavia sekä käyttökelpoisia. Rakennemittaria voidaan ohjata tietokoneen kautta Exponent-ohjelmaa hyödyntäen. Tällä ohjelmalla voidaan kalibroida laitteelle voima, jonka tarkoituksena on varmistaa, että mittarin antama lukema on suoraan verrannollinen oikeisiin voimalukemiin. Ohjelmalla

kalibroidaan mittarille myös korkeus, jolla estetään ”haamukosketukset” ja siten väärrien tulosten syntyminen.

Rakennemittauksen mittausmenetelmäksi valikoitunut Texture Profile Analysis-menetelmä on rakenteenmittausmenetelmä, jolla tutkitaan näytteen tekstuurisia ominaisuuksia ja on suosittu etenkin elintarvikealalla sen monipuolisuuden ansiosta. TPA on kaksoiskompressiotesti elintarvikkeiden rakenneominaisuuksien määrittämiseen. Menetelmässä näyte puristetaan kahdesti, jotta saadaan käsitys siitä, miten näyte käyttäytyisi pureskeltuna (TTC, i.a.). Menetelmän eri mitattavia parametreja ovat tarttuvuus, kovuus, hauraus, elastisuus, joustavuus, pureskeltavuus, jäykkyys, vahvuus ja taipuisuus. Näitä parametreja tulkitaan tarpeen mukaan riippuen tuotteesta ja tarkasteltavasta ominaisuudesta

6 TUTKIMUSTYÖ

6.1 Näytteet

Tutkimuksessa valmistettiin näytteeksi makkaraa. Vertailukohtana valmistettiin kaksi erilaista näytettä: yksi valmistettiin kastroidun sian silavasta ja toinen täyskarjun silavasta. Näytteiden valmistuksessa noudatetaan tarkkoja reseptejä, jotka esitetään taulukossa 3. Tämä tarkoittaa sitä, että molemmat näytteet valmistettiin samoilla raaka-aineiden määrittä, ja ainoa ero niiden välillä oli käytetty silavaryhmä (kastroidun sian tai täyskarjun silava). Näytteisiin käytetyt silavat sekä sian lihat olivat tuoreena pakastettuja. Näytteiden rasvapitoisuus oli noin 25,8 %, suolapitoisuus noin 2 % ja lihapitoisuus 53,5 %.

Taulukko 3. Näytteen reseptiikka.

	Määrä (g)	Osuus (%)
Silava (S6)	658,6	17,8
Sian liha (S0)	1979,5	53,5
Jäävesi	973,1	26,3
Nitriittisuola (sis.natriumnitriitti)	62,9	1,7
Mausteseos sis. fosfaatti	25,9	0,7
Yhteensä	3700 g	100 %

6.2 Näytteen valmistusprosessi

Kutakin tutkittavaa näytemakkaraa valmistettiin kolme erää, jotta tutkimukselle saatiin lisättyä luotettavuutta. Reseptin raaka-aineiden määrät heittelivät hieman käsin mittauksen ja puntareiden vuoksi, mutta heitot eivät ole merkittäviä lopputuotteen kannalta.

Valmistus alkoi raaka-aineiden punnituksella, jonka jälkeen raaka-aineet ajettiin kuvan 4 mukaisella Seydelmann K-20 maljakutterilla tasaiseksi massaksi. Kutterointi aika oli jokaisen massan kohdalla noin neljä ja puoli minuuttia sekä kutteroinnin loppulämpötila 9–10 astetta.



Kuva 2. Seydelmann, K-20 maljakutteri (Mäenpää, 2024, CC BY-NC-SA).

Kutteroinnin jälkeen massa siirrettiin ruiskutettavaksi läpäisevään, selluloosasta valmistettuun suoleen, jonka halkaisija oli 22 mm. Suoli liotettiin vedessä ennen ruiskutusta. Tämä tapahtui käyttämällä Gmgastro Electric Sausage Stuffer -laitetta, joka on esiteltynä kuvassa 5. Tavoitteena oli varmistaa, että ruiskutuksen aikana lopputuotteeseen ei jäänyt ilmaa eikä keinosuolen sisältämää vettä. Ruiskutuksen aikana pyrittiin tuottamaan tasakokoisia tuotteita, jotta ne olisivat vertailukelpoisia keskenään sekä tuotteen laadun että mittojen suhteen. Tämä prosessivaihe on tärkeä näytteen onnistumisen kannalta.



Kuva 3. Sähkökäyttöinen makkararuisku (Mäenpää, 2024, CC BY-NC-SA).

Ruiskutuksen jälkeen tuotteesta valmistettiin tasamittaisia makkaroita sitomalla ne. Makkaroiden sitomisen jälkeen tuote punnittiin ja siirrettiin makkarakepeille. Näytteet kypsennettiin uunissa höyrytoiminnolla 80 asteessa niin, että loppulämpötila saavutti 73 astetta. Kypsennyksen jälkeen tuotteet siirrettiin jäähdytyskaappiin. Jäähtyneenä tuotteet punnittiin ja vakumoititiin kylmäsäilytykseen.

6.3 Rakennemittaus TPA-menetelmällä

Tässä tutkimustyössä käytettiin mittapäänä sylinteriä, jonka halkaisija oli 50 mm ja alustana toimi tasainen alusta. Tutkimuksessa ohjelmaan valittiin tutkimukseen soveltuvat asetukset, jotka löytyvät liitteestä 2. Mittauksessa kohdeilana käytettiin rasitusta (strain), joka tarkoittaa, että mittauksen kohde on asetettu mittaamaan rasitusta materiaalissa. Rasitus asetettiin 50 %:iin, tarkoittaen, että mittaus seuraa materiaalin rasitusta, kunnes se on saavuttanut 50 % maksimaalisesta rasituksesta. Nopeus, jolla mittapää laskeutui ennen

osumista tutkittavaan näytteeseen, on 1,00 millimetriä sekunnissa ja kohteeseen osuessaan mittapää laskeutui 0,80 millimetriä sekunnissa. Rakennemittari on kokonaisuudessaan esiteltynä kuvassa 5. Mittauksien aikana mittapään osuessa tutkittavaan kappaleeseen, ohjelma alkaa piirtää mittakäyrää. Mittakäyrän ohjelma esittää voima-aikakäyränä, josta käy ilmi rakenteen rikkoutumiseen kulunut aika ja tarvittu voima. TPA- menetelmän mukaisesti mittapää lähtee laskemaan uudelleen (tuolakompressio), josta ohjelma piirtää uutta käyrää osuessaan tutkittavaan kappaleeseen. Näistä ohjelman antamista tuloksesta pystytään määrittämään rakenteen muuttumiseen tarvittava voima. Ohjelma myös laskee keskiarvolliset tulokset näytteiden rakennemittausten arvoista. Ohjelmasta pystyy tarkastelemaan eritellysti eri arvoja, kuten muun muassa kovuutta, kumisuutta ja pureskeltavuutta.

Rakennemittaukset toteutettiin jokaisella näytteellä samalla tavalla. Rakennemittari kalibroitiin 5000 gramman punnuksella ja 35 mm korkeusasetukseen. Kaikki näytteet säilytettiin kylmässä, jotta rasvan rakenne ei huoneenlämmössä pehmenisi ja täten vaikuta rakennemittauksen tuloksiin. Näytteitä mitattiin mittarilla noin 40 kappaletta per valmistuserä, joista puolet oli referenssinäytteitä ja puolet täyskarjunäytteitä. Jokaisesta otettiin erien maksimivoimien keskiarvolliset tulokset tutkittavilta ominaisuuksilta. Tutkittavia ominaisuuksia tässä tutkimustyössä on hardness (kovuus) sekä chewiness (pureskeltavuus). Kovuus esitetään maksimivoimana (g), joka on tarvittu tuotteen muodon muuttumiseen ensimmäisen puristuksen aikana. Pureskeltavuus on ensimmäisen puristuksen joustavuuden, sitkeyden ja puristuksen keston tulo. Se kuvaa, kuinka paljon voimaa tarvitaan pureskeltaessa tuotetta ja se lasketaan kumimaisuusarvon ja etäisyyksien tulosta (TTC, i.a.).



Kuva 4. Rakennemittari TA-XT2 (Mäenpää, 2024, CC BY-NC-SA).

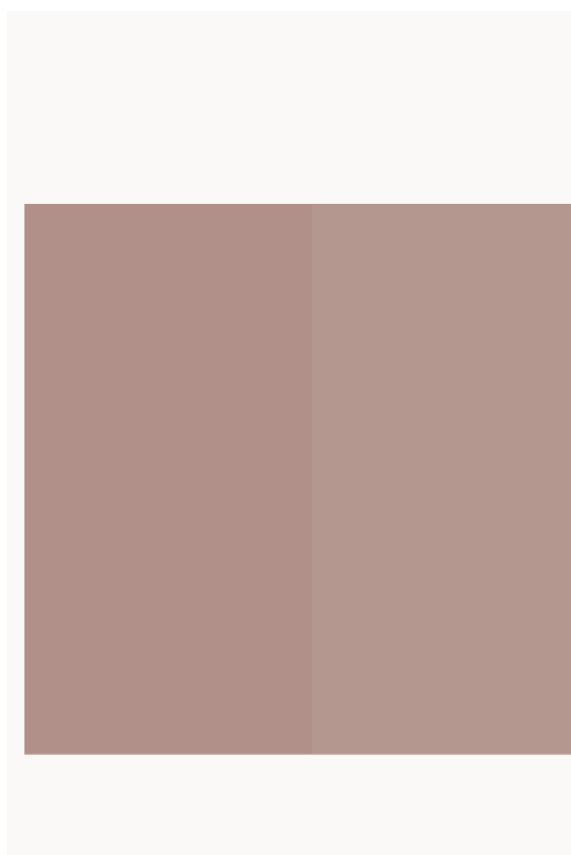
7 TULOKSET

7.1 Värianalyysi

Ensimmäisen erän värianalyysin arvojen keskiarvallisista tuloksista, jotka esiintyvät taulukossa 4 voidaan huomata eroavaisuuksia. Vaaleusakselin lukemat osoittavat, että karjunäyte olisi hieman vaaleampi kuin referenssinäyte. Kuitenkin a-arvo, eli punaviherakseli osoittaa, että referenssinäyte olisi punertavampi, kuin karjunäyte. B-arvoltaan, joka ilmaisee sinikeltaista-akselia karjunäyte vaikuttaisi olevan hieman keltaisempaa, kuin referenssinäyte. Värit on havainnollistettu kuvassa 7, jossa vasemmalla on referenssinäyte ja oikealla on karjunäyte.

Taulukko 4. Erän 1 väriarvojen keskiarvolliset tulokset.

Erä 1	Referenssi	Karju
L*	63,02	65,35
a*	11,33	9,56
b*	8,58	9,04



Kuva 5. Värit havainnollistettu NixSensor- värimuuntajalla. Vasemmalla referenssi ja oikealla karju.

Taulukossa 5 on toisen erän väriarvojen tulokset. Tulokset ovat verrannollisia ensimmäisen erän tuloksiin. Toisenkin erän karjunäyte on hieman vaaleampaa ja vähemmän punertavaa kuin referenssinäyte. Erotukset näytteiden välillä on huomattavasti pienemmät, kuin ensimmäisen erän näytteissä. B-arvoltaan karjunäyte on keltaisempaa, kuin referenssinäyte ja erotus on suurempi, kuin ensimmäisen erän arvoissa. Kuvassa 8 on esiteltyinä värit Lab-arvoista muunnettuna.

Taulukko 5. Erän 2 väriarvojen keskiarvolliset tulokset.

Erä 2	Referenssi	Karju
L*	62,80	63,08
a*	11,92	11,62
b*	8,82	8,96

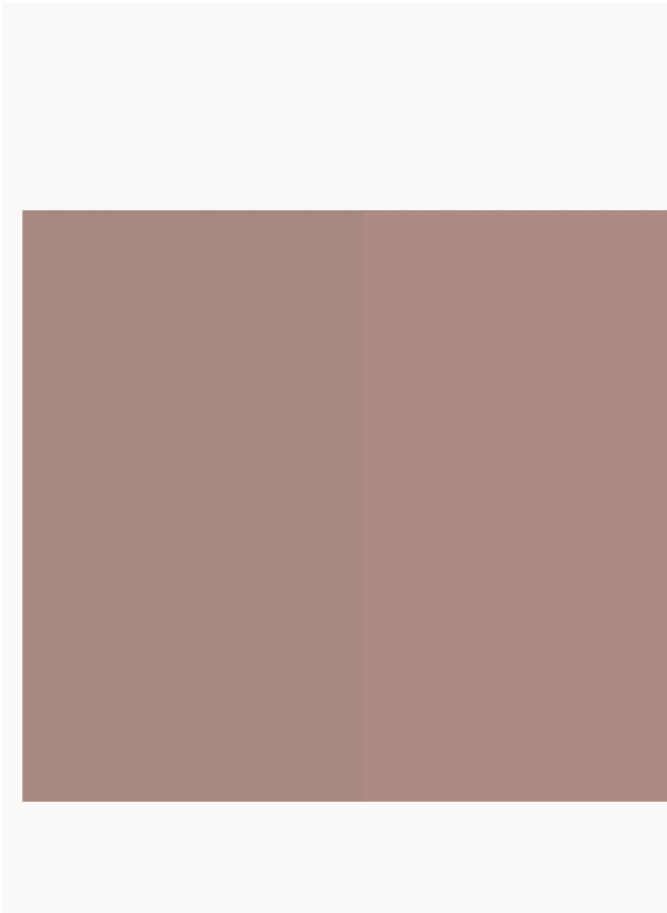


Kuva 6. Värit havainnollistettu NixSensor- värimuuntajalla. Vasemmalla referenssi ja oikealla karju.

Kolmannen erän väriarvot ovat esiteltynä taulukossa 6. Kolmannessa erässä huomataan poikkeavuutta ensimmäiseen ja toiseen näyte-erään. Tämän erän väriarvot osoittavat, että karjunäyte on vaaleampaa kuin referenssinäyte. Kuitenkin tässä erässä karjunäyte on huomattavasti punertavampaa. B- arvoltaan tämä erä ei eronnut kahdesta aikaisemmasta erästä, sillä tässäkin erässä karjunäyte osoittaa enemmän keltaisuutta, kuin referenssinäyte. Kuvassa 9 on kolmannen erän värit muunnettuna Lab- arvoista.

Taulukko 6. Erän 3 väriarvojen keskiarvolliset tulokset.

Erä 3	Referenssi	Karju
L*	59,47	60,55
a*	11,17	12,96
b*	8,54	8,82



Kuva 7. Värit havainnollistettu NixSensor- värimuuntajalla. Vasemmalla referenssi ja oikealla karju.

7.2 Värieron huomattavuus silmällä

Värimittausta tehdessä voi ilmetä huomattavia eroja L^* , a^* ja b^* arvoissa, vaikka silmä ei välttämättä havaitse näitä eroja aistinvaraisesti. Vaikka data voi poiketa merkittävästi, silmämme ei välttämättä rekisteröi näkyvää värieroa. Tässä osiossa käytetään laskukaavaa havainnollistamaan, kuinka suuri väriero voi olla, vaikka se jääkin huomaamatta paljaalle silmälle. Näin ollen laboratoriomittaukset tarjoavat tarkempaa tietoa väreistä, joka saattaisi muuten jäädä huomaamatta pelkällä visuaalisella tarkastelulla. Delta E mitataan asteikolla

0–100, jossa pienempi lukema edustaa pienempää värieroa ja suurempi lukema isoa vääritystä (ViewSonic, 2021). Havaintoalueet ovat seuraavat:

0–1, ei havaittava silmällä

1–2, silmin huomattava tarkasteltaessa

2–10, huomattavissa yhdellä silmäyksellä

11–49, värit ovat enemmän samanlaiset, kuin erilaiset

100, värit ovat täysin vastakohtat

Väriarvojen havaittavuutta silmämääräisesti havainnollistetaan kaavalla (Konica Minolta, i.a.b).

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(L^*_1 - L^*_2)^2 + (a^*_1 - a^*_2)^2 + (b^*_1 - b^*_2)^2} \quad (1)$$

missä

ΔE^*_{ab} on värieron arvo

L^* on kirkkausaste (0–100), jossa 0 on musta ja 100 valkoinen

a^* on punaviherakseli, jossa positiivinen luku kertoo punaisuutta ja negatiivinen luku vihreyttä

b^* on sinikelta-akseli, jossa positiivinen luku kertoo keltaisuutta ja negatiivinen luku sinisyyttä

Värieroa silmälle kaavasta 1 laskettaessa saatiin tulokset taulukon 7 mukaisesti. Taulukossa 7 esitetyistä arvoista huomataan, että ensimmäisessä ja kolmannessa erässä väriero on huomattava silmäyksellä ja erässä 2 sitä ei huomaa silmällä katsoessa.

Esimerkkinä kuvassa 10 on erästä 1 referenssinäyte (oikealla) ja karjunäyte (vasemmalla), jonka väriero laskettuna on 2,96, eli silmin nähtävä.

Taulukko 7. Värierojen havaittavuus silmälle.

Erä 1	Arvo
ΔE	2,96
Erä 2	
ΔE	0,43
Erä 2	
ΔE	2,12



Kuva 8. Väriero referenssinäytteestä (oik) ja karjunäytteestä (vas).

7.3 Kypsennyshävikki

Tässä tutkimustyössä kypsennyshävikkiä tutkittiin painonmuutoksesta. Tutkimustuloksissa on otettava huomioon, että tuotteiden valmistuksessa on käytetty fosfaattia, joka osaltaan vaikuttaa runsaasti vedenpidätyskykyyn ja hyvä vedenpidätyskyky vaikuttaa vähentävästi kypsennyshävikkiin. Kuitenkin molempiin näytesarjoihin on lisätty sama määrä fosfaattia, joten eroja tästä syystä ei pitäisi syntyä. Tuotteet on punnittu kypsennystä ennen kuoreen ruiskuttamisen jälkeen sekä kypsennyksen jälkeen jäähdytettyinä.

Taulukossa 8 olevien tietojen perusteella pystymme toteamaan, että painohäviöprosentti on kaikissa erissä suurempi karjunäytteissä, kuin referenssinäytteissä. Erän kaksi referenssinäytteen suurempi painohäviö grammoina johtuu pelkästään näyte-erän suuruudesta. Silavan rasvahappokoostumuksella voi olla merkittävä vaikutus kypsennyshävikkiin.

Taulukko 8. Näytteiden painotiedot ennen ja jälkeen kypsennyksen.

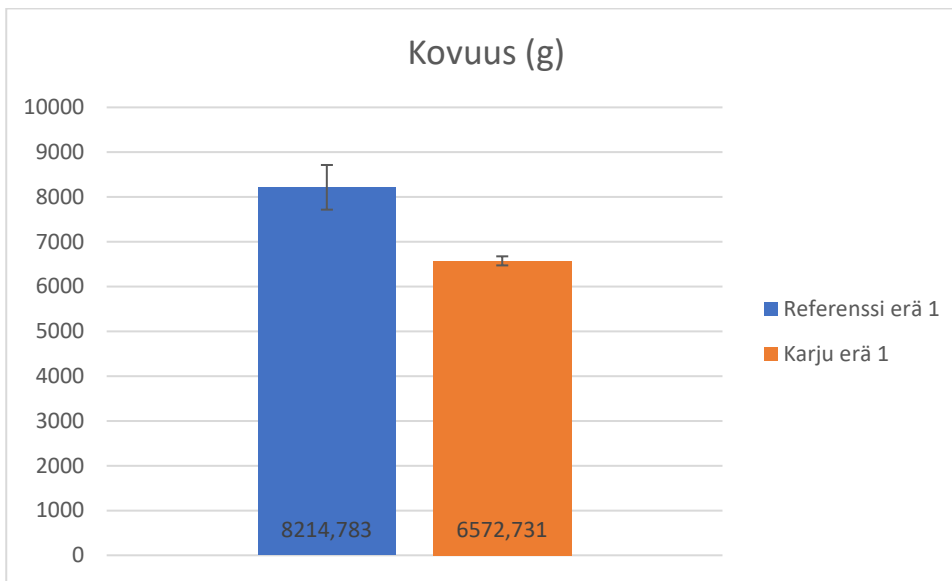
Tuote	Aloituspaino (g)	Loppupaino (g)	Painohäviö (g)	Painohäviö%
erä 1				
referenssi	1483,88	1407,95	75,93	5,12
karju	1491,36	1390,79	100,57	6,74
erä 2				
referenssi	2721,62	2586,19	135,43	4,98
karju	2002,7	1896,81	105,89	5,29
erä 3				
referenssi	1676,82	1587,76	89,06	5,31
karju	1997	1880,92	116,08	5,81

7.4 Rakennemittaus

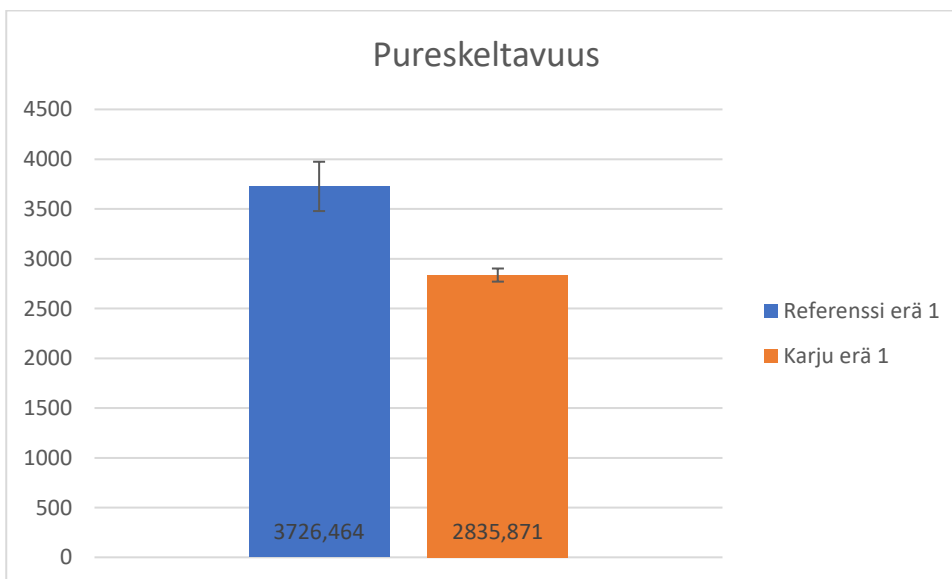
Rakennemittauksissa rakennemittari esittää tulokset voima-aikakäyränä (liite 1). Y- akselilla näkyy rakennemittarin mittaama voima grammoina ja x- akselilla mittaukseen kulunut aika sekunteina. Mittauskäyrässä ensimmäinen korkein kohta osoittaa suurimman voiman, jonka tuote on kestänyt. Toinen nousu käyrässä osoittaa puremisefektin mukaisesti tuotteen kestävämmä voimaa toisella puristuskerralla. Toinen nousu viittaa siis materiaalin joustavuuteen ja sen kykyyn vastustaa puristusta.

Ensimmäisen erän rakennemittausten kovuuden keskiarvolliset tulokset ovat esitetty kuviossa 2 ja pureskeltavuuden kuviossa 3. Ensimmäisessä erässä referenssinäyte oli

huomattavasti kovempaa ja kestävämpää rakenteeltaan kuin täyskarjun silavasta valmistettu näyte. Referenssinäytteen kovuuden arvoksi saatiin 8215 grammaa, karjunäytteelle vastaavasti 6573 grammaa. Referenssinäytteen rakenne on selvästi tiiviimpi, mikä selittää huomattavan eron näytteissä. Lisäksi pureskeltavuuden keskiarvo oli korkeampi referenssinäytteellä kuin karjunäytteellä. Nämä tulokset osoittavat, että ensimmäisen erän referenssinäyte on sitkeämpää ja joustavampaa purtavaksi kuin karjunäyte. Toisin sanoen referenssinäyte vaatii enemmän pureskeluvoimaa, kuin karjunäyte.

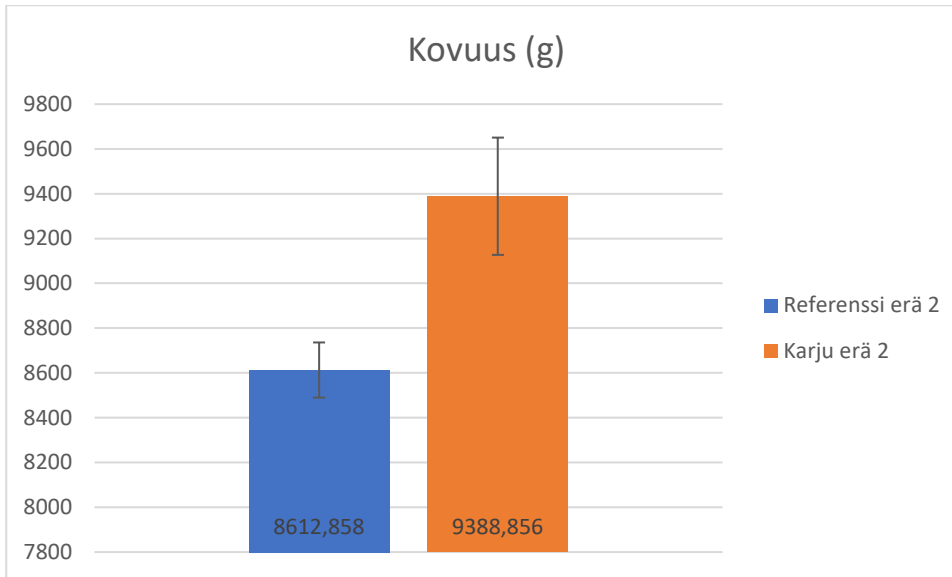


Kuvio 2. Erän 1 kovuuden keskiarvolliset tulokset sekä keskiarvon keskivirhe.

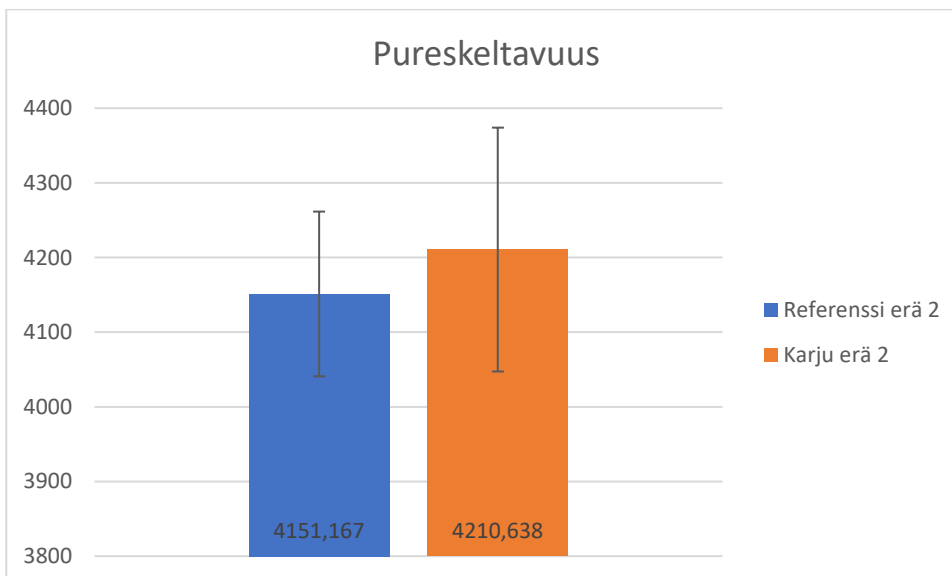


Kuvio 3. Erän 1 pureskeltavuuden keskiarvolliset tulokset sekä keskiarvon keskivirhe.

Toisessa erässä näytteet antavat päinvastaiset tulokset ensimmäisen erän tuloksiin nähden. Kovuuden osalta tulokset ovat kuviossa 4 ja pureskeltavuuden osalta kuviossa 5. Karjunäyte kesti kohdistettua voimaa 9389 grammaa, kun referenssinäyte puolestaan kesti 8613 grammaa. Referenssinäyte vaikuttaisi olevan myös toisessa erässä hauraampi, kuin karjunäyte, sillä se tarvitsi vähemmän voimaa rakenteen murtumiseen. Purutuntuman arvot ovat lähellä toisiaan, referenssinäyte 4151 g ja karjunäyte 4211 g.



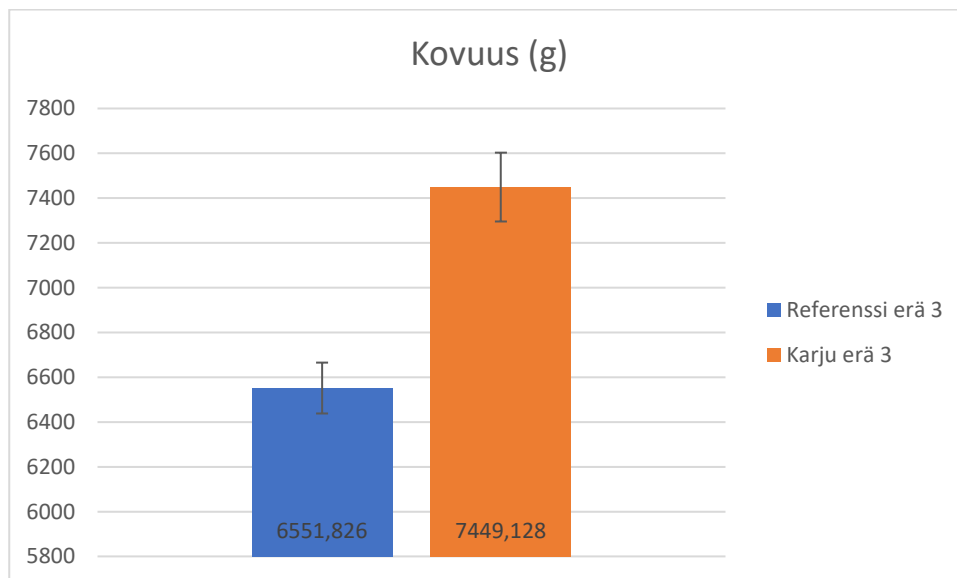
Kuvio 4. Erän 2 keskiarvolliset tulokset sekä keskiarvon keskivirhe.



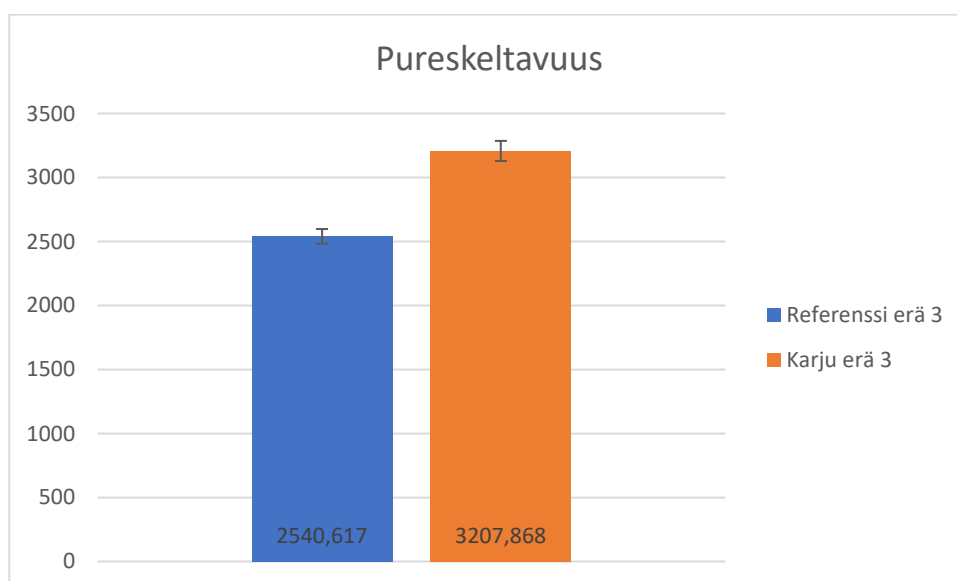
Kuvio 5 Erän 2 pureskeltavuuden keskiarvolliset tulokset sekä keskiarvon keskivirhe.

Kolmannessa erässä karjunäyte on myös rakenteeltaan kovempaa (kuviossa 6), kuin referenssinäyte. Karjunäyte kesti kohdistettua voimaa 7449 grammaa, kun referenssinäytteen

rakenne kesti 6552 grammaa. Karjunäyte täten on siis tiiviimpää, kuin referenssinäyte. Molemmat näytteet murtuivat suhteellisen helposti. Karjunäyte on myös joustavampaa ja vaatii enemmän voimaa pureskeluun, kuin referenssinäyte (kuvio 7).



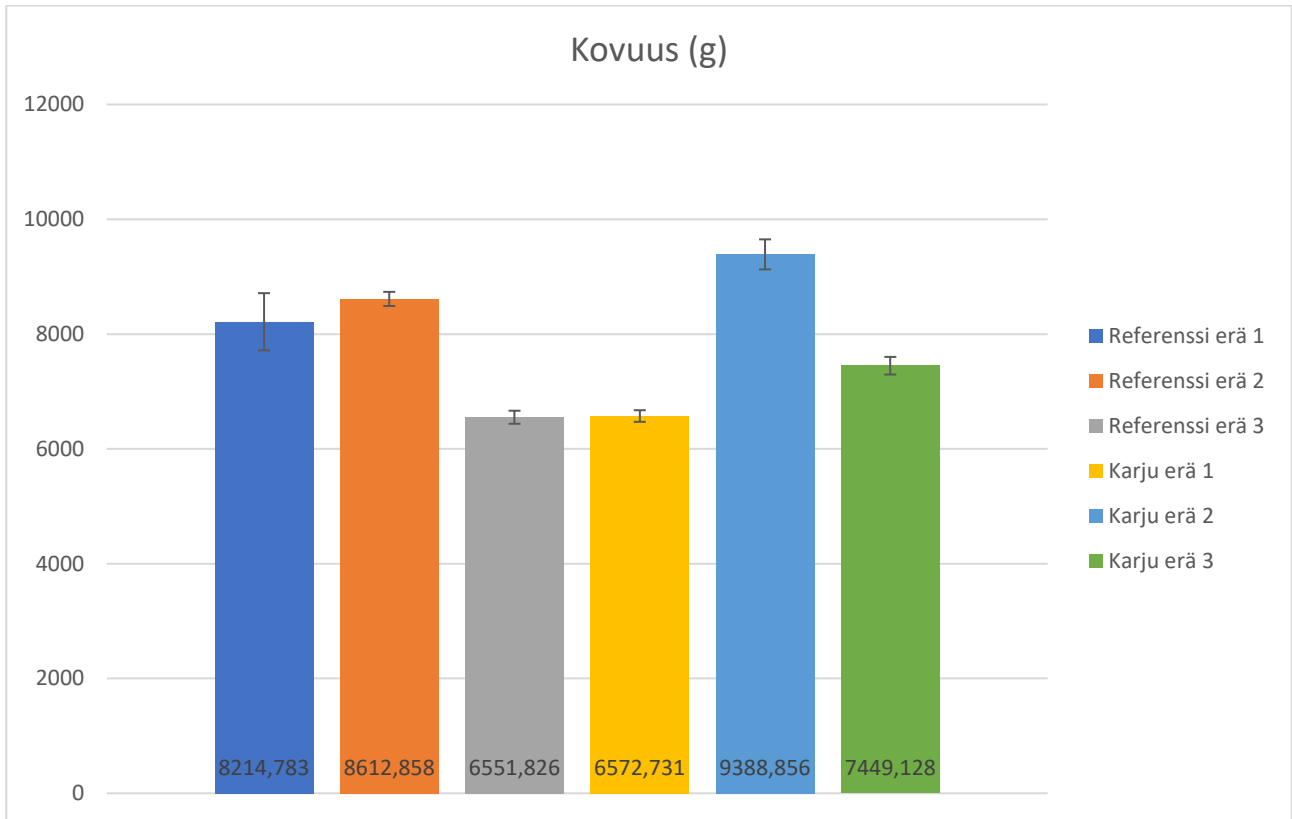
Kuvio 6. Erän 3 kovuuden keskiarvolliset tulokset sekä keskiarvon keskivirhe.



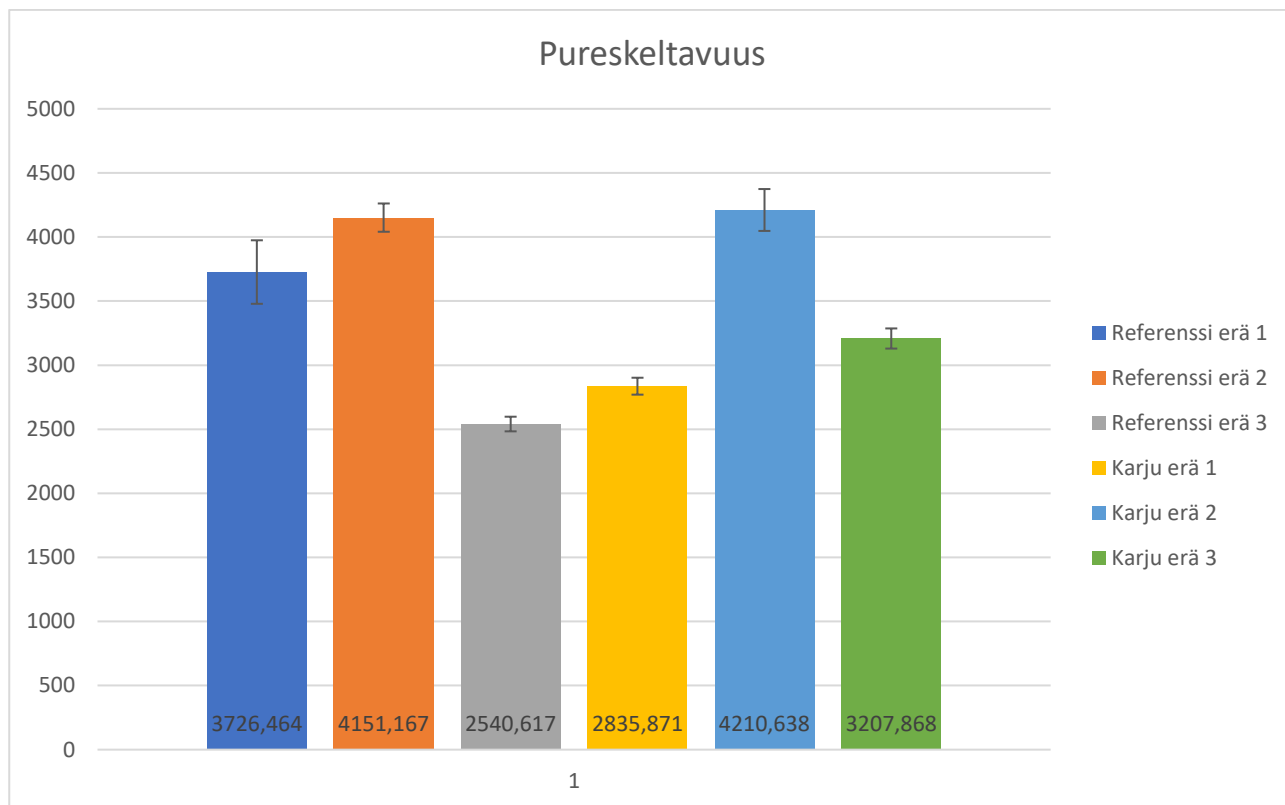
Kuvio 7 Erän 3 pureskeltavuuden keskiarvolliset tulokset sekä keskiarvon keskivirhe.

Kaikkien kolmen erän keskiarvoista laskettiin keskiarvon keskivirhe. Keskiarvon keskivirhe on tilastollinen mittari, joka kertoo keskiarvon vaihtelun laajuuden suhteessa koko näytemäärän keskiarvoon. Se antaa arvion siitä, kuinka paljon odotamme otoksen keskiarvon poikkeavan koko näytemäärän todellisesta keskiarvosta. Mitä pienempi keskiarvon keskivirhe on, sitä luotettavampi arvio on. Keskiarvon keskivirhe lasketaan otosarvojen

keskihajonta jaettuna otoskoon neliöjuurella. Vertailun helpottamiseksi kaikkien erien kovuuden keskiarvot sekä keskiarvon keskivirheet on esiteltyä kuviossa 8. Pureskeltavuuden keskiarvot sekä keskiarvon keskivirheet on esiteltyä kuviossa 9.



Kuvio 8. Kaikkien erien kovuuden keskiarvot sekä keskiarvon keskivirheet.



Kuvio 9 Kaikkien erien pureskeltavuuden keskiarvot sekä keskiarvon keskivirheet.

8 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia eroavaisuuksia täyskarjun ja kirurgisesti kastroidun sian silavan välillä lihatuotteessa, erityisesti kiinnittäen huomiota lihatuotteen ominaisuuksiin, kuten kypsennyshävikkiin, väriin ja rakenteeseen. Pyrkimyksenä oli ymmärtää, miten näiden kahden erilaisen lihatuotteen väliset erot vaikuttavat lopulliseen tuotteeseen ja sen ominaisuuksiin.

Värimittauksissa osoitettiin, että täyskarjunäyte oli kaikissa tehdyissä mittauksissa vaaleampaa sekä keltaisempaa, kuin referenssinäytteet. Referenssinäytteissä havaittiin kahdessa kolmesta erässä enemmän punertavuutta, kuin täyskarjunäytteissä. Täyskarjunäytteiden suurempi vaaleusaste voisi johtua käytetyn silavan rasvakoostumuksen poikkeavuudesta. Kuumennuksella voi olla osuus lihatuotteen väriin. Lihätiedotuksen (i.a.) mukaan lihan myoglobiinin rauta hapettuu, pH nousee ja lihan väri voi muuttua harmaaksi. Tutkimustyössä käytetyissä näytteissä on käytetty natriumnitriittisuolaa. Nitriitti toimii antioksidanttina, joka voi estää raudan hapettumista ja edesauttaa lihatuotteen punaisuuden säilymistä. Nitriittisuolaa käytettiin jokaisessa näyte-erässä yhtä suuri määrä, joten sillä ei ole vaikutusta suoranaisesti loppunäytteen punaisuuteen. Nitriittisuola voi kuitenkin reagoida eri tavalla täyskarjun silavan kanssa, joka sisältää enemmän tyydyttymättömiä rasvahappoja, kuin kastroidun sian silavan kanssa, jossa on enemmän tyydyttyneitä rasvahappoja. Tyydyttymättömät rasvahapot ovat alttiimpia hapettumiselle niiden rasvahappoketjun vuoksi. Tämä johtunee tyydyttymättömien rasvahappojen hiiliketjun kaksoissidoksista, jotka muuttavat rasvan olomuodon pehmeäksi (SeAMK, 2014).

Värimittauksesta tehtyjen laskentojen tulokset osoittavat, että erässä 1 ja 3 oli selvästi havaittava väriero verrattuna erään 2. Erän 1 täyskarjunäytteen ja referenssinäytteen väriero oli 2,96, mikä oli helposti nähtävissä silmin. Erän 2 täyskarjunäytteen ja referenssinäytteen väriero oli 0,43, jota ei havaitse silmin ja erän 3 täyskarjunäytteen ja referenssinäytteen väriero oli 2,12, joka osoittaa sen olevan silmin havaittava väriero.

Kypsennyshävikissä karjunäytteissä oli suurempi painohäviö kuin referenssinäytteissä, mikä voi johtua rasvahappokoostumuksen vaikutuksesta. Rasvahappojen tyypit voivat vaikuttaa siihen, kuinka helposti rasva sulaa kypsennyksen aikana. Rasvahappokoostumus

määrittää rasvan koostumuksen ja siten myös lihan mehevyyden ja kypsennyksen tuloksen. Esimerkiksi rasvan sulamispiste ja rasvahappojen tyypit voivat vaikuttaa siihen, kuinka helposti rasva sulaa lihan kypsennyksen aikana (Puolanne 2019). Jos rasva koostuu pääasiassa tyydyttyneistä rasvahapoista, se saattaa säilyä kiinteämpänä kypsennyksen aikana, mikä voi johtaa vähäisempään kypsennyshävikkiin. Näin ollen rasvahappokoostumus, joka sisältää enemmän tyydyttymättömiä rasvahappoja, rasva voi sulaa herkemmin, mikä voi lisätä kypsennyshävikkiä. Tutkimusten mukaan täyskarjun silavan rasvahappokoostumus sisältää enemmän kerta- ja monitydyttymättömiä rasvahappoja, joka tukee tutkimustulosta suuremman kypsennyshävikin puolesta.

Rakennemittausten perusteella havaittiin vaihtelevia tuloksia eri erissä, mikä saattaa johtua valmistusprosessin eroista. Yhteenveto rakennemittausten vaihtelevista tuloksista antaa hyvää tietoa näytteiden ominaisuuksista. On huomattavaa, että toisen ja kolmannen erän karjunäytteet antoivat samankaltaisia tuloksia, kun taas ensimmäisen erän tulokset olivat päinvastaiset. Tämä saattaa viitata valmistusprosessin aikaisiin eroihin. On kuitenkin huomioitava, että käytetty reseptiikka oli täysin identtinen jokaisessa erässä, eikä myöskään kutterointiajat tai lämpötilat vaihdelleet erien välillä merkittävästi.

Eroavaisuuden voi aiheuttaa myös käsityönä tehty ruiskutus, joka aiheutti ensimmäisessä tuotantoerässä haasteita kuoren kestävyuden vuoksi. Käsityönä tehtynä eroavaisuudet ovat normaaleja ja tuotteista on mahdoton tehdä täysin identtisiä. Ensimmäinen erä on voinut pakkaantua kuoreen tiiviimmin, joka vaikuttaa merkittävästi rakennemittauksen tulokseen.

Rakennemittausten keskiarvon keskivirhettä analysoidessa huomataan, että kovuusparametrin osalta referenssinäytteiden keskiarvon keskivirhe (208,87) on suurempi kuin täyskarjunäytteiden (183,36), mikä voi viitata siihen, että referenssinäytteiden otos on vähemmän tarkka kovuusparametrin arvioinnissa verrattuna täyskarjunäytteisiin. Pureskeltavuusparametrin osalta referenssinäytteiden keskiarvon keskivirhe (126,57) on suurempi kuin täyskarjunäytteiden (97,30), mikä viittaa siihen, että referenssinäytteiden otos on myös tällä parametrilla vähemmän tarkka, kuin täyskarjunäytteiden.

Kuvassa 11 näkyy analysoitavien näytteiden ihanteellisin rakenne. Näytteessä ei ole juurikaan ilmaa, jolloin saadaan mahdollisimman vertailukelpoisia tutkimustuloksia. Kuvassa 12 näkyy näytteiden eroavaisuuksia. Ruiskutuksen aikana kuoreen on jäänyt ilmaa, jolloin tuotteeseen on jäänyt ilmakuplia. Nämä voivat osaltaan vaikuttaa rakennemittauksen tulokseen. Rakennemittaukseen otettiin mukaan näytteet, jotka olivat edustavimpia, eli eniten kuvan 11 mukaisia.



Kuva 9. Näytteen optimaalinen rakenne.



Kuva 10. Näytteiden rakenteiden poikkeavuudet.

Tutkimuksen eri osissa saadut vaihtelevat tulokset herättävät mielenkiintoa sekä kysymyksiä perimmäisistä syistä erojen taustalla. Sekä väri-, että rakennemittaukset osoittavat, että erien välillä on keskinäisiä eroja, jotka eivät johdu raaka-aineen muutoksesta vaan todennäköisemmin johtuu valmistusprosessin eri vaiheisiin liittyvistä tekijöistä. Kuitenkin on otettava huomioon, että yksikään eläin on yksilöllinen, joten silavan koostumuksissa, sekä käytetyssä lihassa on voinut olla eroavaisuuksia, jotka ovat vaikuttaneet tuloksiin. Kypsennyshävikin tutkimuksen osalta havaittiin onnistumista siinä, että karjunnäytteissä kypsennyshäviö oli kaikissa tutkimuserissä suurempi, kuin referenssinäytteissä. Tämä tulos vahvistaa hypoteesia siitä, että karjun eriävä rasvahappokoostumus vaikuttaa kypsennyshävikkiin alemman sulamispisteensä takia.

Tutkimuksessa saatujen tuloksien arvioimista haastaa otoskoko, sillä kolmen erän perusteella tulosten analysointi voi johtaa liialliseen yleistykseen, eivätkä kolmen erän tulokset välttämättä tarjoa riittävää varmuutta siitä, että havaitut erot olisivat merkittäviä. Tutkimuksellisesta näkökulmasta suurempi otoskoko lisää tulosten luotettavuutta ja antaa parempaa käsitystä siitä, miten luotettavia tulokset ovat. Kuitenkin kolmen erän tutkimukset

antavat viitteitä mahdollisista eroista, jotka voivat tukea suurempaa kokonaisuutta. Tästä tutkimuksesta voidaan todeta, että kasvattamalla otoskokoa ja lisäämällä toistoja eri aikoina tai olosuhteissa antaa laajempia sekä luotettavampia tuloksia. Näin ollen tutkimuksen kehittäminen olisi myös suhteellisen yksinkertainen toteuttaa. Menetelmät, joita tutkimustyöhön käytettiin, olivat perinteikkäitä ja tutkimuksissa hyväksi todettuja. Kuitenkin näin laajasti vaikuttavan liha-alan muutoksen suhteen monitieteinen lähestymistapa johtaa monipuolisempiin tuloksiin.

Tutkimustyön tulokset auttavat vahvistamaan tulevaisuuden jatkotutkimuksien hypoteesia ja vahvistaa liha-alalla ymmärrystä prosesseista ja tuotteista sekä antaa keinoja valmistusprosessien optimointiin. Tämän aiheen tutkimustyö on tärkeää tulevaisuuden lihateollisuudelle sekä lihatuotteiden kehitykselle. Tutkimus toimii pohjana niin tuotekehitykselle kuin laadunhallinnalle.

LÄHTEET

- Aaslyng, M. D., Bejerholm, C., Ertbjerg, P., Bertram, H. C., & Andersen, H. J. (2003). *Cooking loss and juiciness of pork in relation to raw meat quality and cooking procedure*. Food quality and preference. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950329302000861>
- Barton-Gade P-A. (1987). *Meat and Fat Quality in Boars, Castrates and Gilts*. Livestock Production Science.
- Bonneau, M., & Weiler, U. (2019). *Pros and Cons of Alternatives to Piglets Castration: Welfare, Boar Taint, and Other Meat Quality Traits*. <https://doi.org/10.3390/ani9110884>
- Dunshea F.R., Colantoni C., Howard K., McCauley I., Jackson P., Long K.A., Lopaticki S., Nugent E.A., Simons J.A., Walker J. & Hennessy D.P. (2001). Vaccination of boars with a GnRH vaccine (Improvac) eliminates boar taint and increases growth performance. Animal Science.
- Fineli. (i.a.). *Sian selkäsilava*. Haettu 1.2.2024, <https://fineli.fi/fineli/fi/index>
- Grela, E.R., Kowalczyk-Vasilev, E. & Klebaniuk R. (2013). *Performance, pork quality and fatty acid composition of entire males, surgically castrated or immunocastrated males, and female pigs reared under organic system*. Institute of Animal Nutrition and Bromatology. <https://journals.pan.pl/dlibra/publication/114070/edition/99128/content>
- Heinonen, M. (23.12.2021). *Kastraatio selvitys*. Maa- ja metsätalousministeriö. https://mmm.fi/documents/1410837/1858027/Selvitys_Sikojen_kastraatio_2021.pdf/fadec6f1-c4a2-586b-1449-8fb578c6247b/Selvitys_Sikojen_kastraatio_2021.pdf?t=1643886578613
- Jormalainen, N. (9.6.2021). Lihätietoa: Mikä tekee makkarasta makkaran? Lihakeskusliitto. <https://www.lihakeskusliitto.fi/lihatietoa-mika-tekee-makkarasta-makkaran>
- Kamamo. (17.2.2015). Ravinnosta saatavat rasvat ja niiden tehtävät: Raskaustutkimus-raskaus- ravitseminen ja raskausdiabetes. <https://blogit.utu.fi/raskaustutkimus/ravinnosta-saatavat-rasvat-ja-niiden-tehtavat/>
- Kauppinen T. (26.09.2022). *Kotimainen sianliha voi jatkossa olla peräisin immunokastroiduista karjuista, ja valtaosalle sianlihan kuluttajista se on ok*. Eläintieto. <https://www.elaintieto.fi/blogi/karjuporsaiden-kirurginen-kastraatio-jaamassa-historiaan/>
- Konica Minolta, (i.a.a), CR-410 Chroma Meter. <https://sensing.konicaminolta.us/us/products/cr-410-chroma-meter-colorimeter/>

- Konica Minolta, (i.a.b). *Identifying Color Differences Using L*a*b* or L*C*H* Coordinates*. <https://sensing.konicaminolta.us/us/blog/identifying-color-differences-using-l-a-b-or-l-c-h-coordinates/>
- Kress, K., Millet, S., Labussière, É., Weiler, U., & Stefanski, V. (2019). *Sustainability of Pork Production with Immunocastration in Europe*. Sustainability, MDPI. <https://doi.org/10.3390/su11123335>.
- Lehmann K. (i.a.). *Uusi valmiste karjujen lääkkelliseen kastraatioon- muista käyttäjäturvallisuus!* Lääkelaitos. https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/134548/tabu5_6_2009_uusi%20valmiste%20karjujen.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Lihatiedotus. (i.a.). Lihan väri. <https://www.lihatiedotus.fi/ruokaa-lihasta/lihan-valinta-ja-ostaminen/lihan-vari.html>
- Lundström, K., Matthews, K. R., & Haugen, J.-E. (2009). *Pig meat quality from entire males*. The Animal Consortium. <https://doi.org/10.1017/S1751731109990693>
- Merikallio, S. (24.02.2018). Näkökulma: Kivekset pois jopa ilman kivunlievistystä - Possujen kastointi voitaisiin hoitaa myös rokottamalla. Yle. <https://yle.fi/aihe/artikkeli/2018/02/24/nakokulma-kivekset-pois-jopa-ilman-kivunlievistysta-possujen-kastointi>
- Nix Sensor. (i.a.) *Need a quick and free color converter?* <https://www.nixsensor.com/free-color-converter/>
- Phillips, K., (27.12.2023). *What is CIELAB Color Space?* HunterLab. <https://www.hunterlab.com/blog/what-is-cielab-color-space/>
- Puolanne E. (2019). *Elintarvikkeet ja niiden valmistusprosessit: liha ja lihavalmisteeet*. [Moniste]. SeAMK Moodle.
- Saarela A-M, Hyvönen P, Määttä S & von Wrigth A. (2010). *Elintarvikeprosessit* (3.uud.p). Savonia-ammattikorkeakoulu.
- Seinäjoen Ammattikorkeakoulu (SeAMK). (13.1.2014). *Lipidit*. [PowerPoint-esitys]. SeAMK Moodle.
- Stable Micro Systems (i.a.). *Texture: Measure and analyse properties*. Stable Micro Systems. <https://www.stablemicrosystems.com/TextureAnalysisProperties.html>
- Terveyskirjasto, (25.5.2023). *Ravinnon rasvat*. Duodecim. <https://www.terveyskirjasto.fi/dlk01074>

Texture Technologies Corporation (TTC). (i.a.). *Overview of TPA*. TTC.
<https://texturetechnologies.com/resources/texture-profile-analysis>

Valtioneuvosto. (3.2.2022). *Sikojen kirurgisesta kastraatiosta luopuminen edellyttää yhteistyötä laajalla rintamalla*. Maa- ja metsätalousministeriö. <https://valtioneuvosto.fi/1410837/sikojen-kirurgisesta-kastraatiosta-luopuminen-edellyttaa-yhteistyota-laajalla-rintamalla>

Vessonen, E. & Ollila, J. (28.02.2024). *Porsaiden kirurginen kastraatio kielletään – mitä se tarkoittaa?* AnimaliaMedia. <https://animaliamedia.fi/porsaiden-kirurginen-kastraatio-kielletaan-mita-se-tarκοittaa/>

ViewSonic, (01.05.2021). *What is Delta E? And Why Is It Important for Color Accuracy?* ViewSonic. <https://www.viewsonic.com/library/creative-work/what-is-delta-e-and-why-is-it-important-for-color-accuracy/>

Virta, J. (2011). *Kastraation vaihtoehdot: Immunokastaation vaikutus kasvuun ja rehunkulutukseen*. Helsingin yliopisto.
<https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/2bb5a587-2696-415a-822a-02a240fe16ad/content>

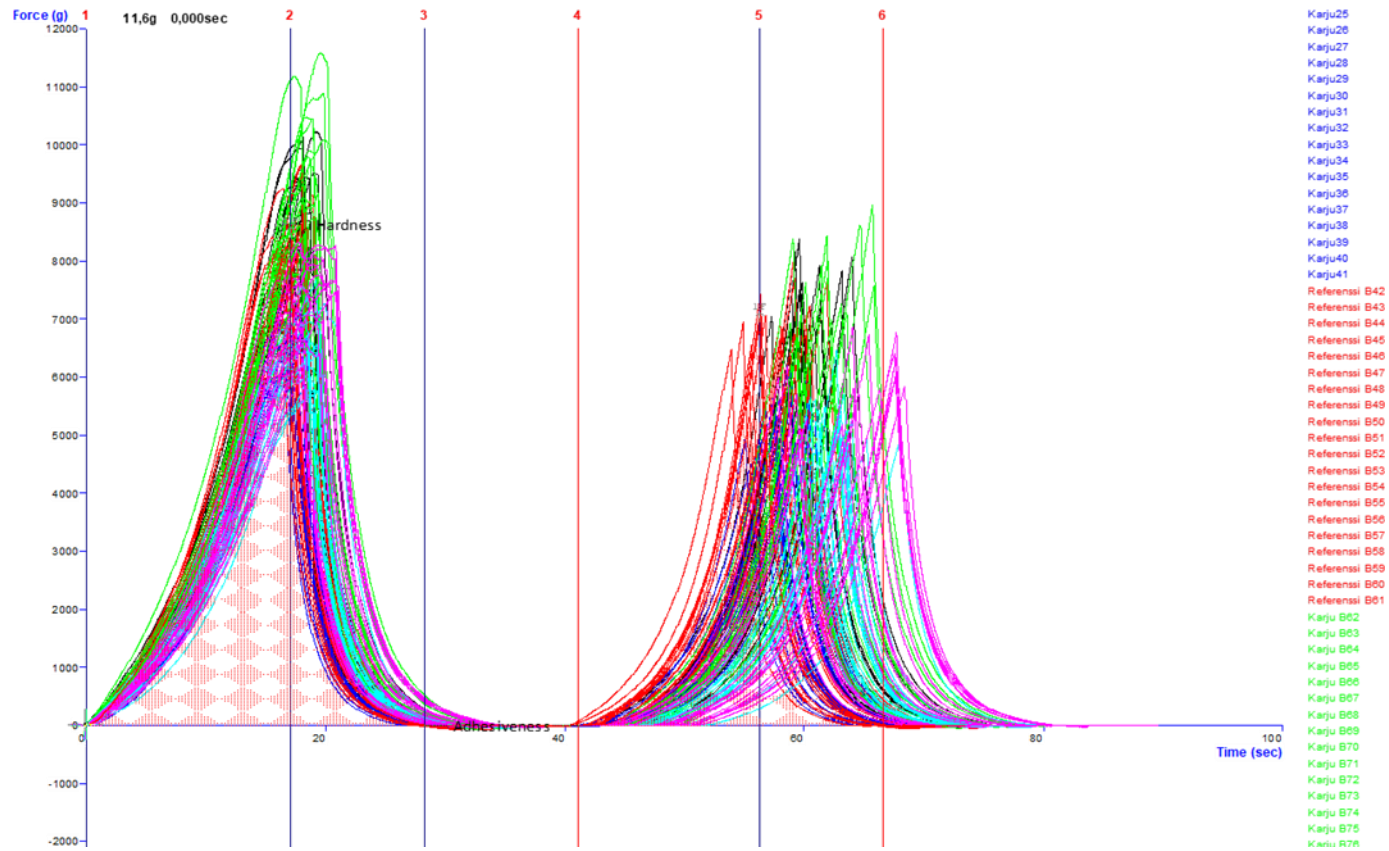
Voutila, L., Virtanen K., Niemi J., Ollila A., Olivero C., Valros A., Heinonen M. & Peltoniemi O. (12.11.2013). *Immunokastaatio ja sikojen käyttäytyminen*. [PowerPoint- esitys]. MTT.
https://www.proagria.fi/uploads/archive/attachment/fincasikataloudentulosseminaari_liis_a_voutila_1.pdf

LIITTEET

Liite 1. Rakennemittauksen mittakäyrä.

Liite 2. TPA- asetukset

Liite 1. Rakennemittauksen mittakäyrä



Rakennemittauksen mittauskäyrä

Liite 2. TPA-asetukset

T.A. Settings:- TPA 1

Sequence (Click to see options)

Caption	Value	Units
Pre-Test Speed	1,00	mm/sec
Test Speed	0,80	mm/sec
Post-Test Speed	5,00	mm/sec
Target Mode	Strain	
Strain	50,0	%
Time	5,00	sec
Trigger Type	Auto (Force)	
Trigger Force	0,147	N
Tare Mode	Auto	
Advanced Options	On	

Library

Units

Distance
mm

Force
N

Time
sec

Temperature
°C

Other >

OK

Cancel

Settings Grid

Once a sequence has been loaded the grid will show the available settings.

Some tests hide advanced settings unless the Advanced Options parameter is set to On. This will depend on the selections made when the sequence was written.

Sequence Menu

The Window has the **Sequence Menu** at the top which provides options to load other sequences, save the current sequence to a file or to view the current sequence's instructions. (not available in the Project Wizard)

From this menu you can use Load to load a sequence from a file, Save As to save the current sequence to a new file or View to open the current sequence in the Sequence Editor.

OK

TPA-asetukset