



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Tia-Maria Hautaniemi

Sikarotujen vaikutus lihan laadullisiin ominaisuuksiin

Rotukohtainen analyysi Atrian koesikojen laatuominaisuuksista

Opinnäytetyö

Kevät 2024

Insinööri (AMK), Bio- ja elintarviketekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

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

Suuntautumisvaihtoehto: Lihateknologia

Tekijä: Tia-Maria Hautaniemi

Työn nimi alaotsikoineen: Sikarotujen vaikutus lihan laadullisiin ominaisuuksiin

Ohjaaja: Matti-Pekka Pasto

Vuosi: 2024

Sivumäärä: 55

Liitteiden lukumäärä: 0

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää sikarotujen vaikutusta lihan laadullisiin ominaisuuksiin. Tässä tutkimuksessa vertailtiin kahta eri sikarotua. Analyysissä otettiin huomioon 300 koesian osalta tiedot, joilla on vaikutusta laadullisiin ominaisuuksiin: Autofom-tiedot, teuraspaino, sukupuoli, pH-arvo, valuma, lihan väri sekä ulkofileen pituus ja ympärysmitta. Lisäksi vertailuun sisällytettiin 20 karjasta saatua dataa. Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Atria Suomi Oyj.

Tutkimuksen tavoitteena oli syventyä rotukohtaisesti siihen, miten lihan laatuun vaikuttavat tekijät eroavat rodusta toiseen. Eri sikaroduilla on vaihtelevia geneettisiä erityispiirteitä, jotka vaikuttavat muun muassa niiden kasvunopeuteen, rasvakudoksen kertymiseen ja terveysominaisuuksiin. Geneettisten piirteiden lisäksi on tärkeää huomioida, että kasvatusprosessin eri vaiheet sekä teurastusta ennen ja jälkeen toteutetut käsittelytavat ovat merkittäviä tekijöitä lihan lopullisen laadun muodostumisessa.

Työ sisältää liike- ja ammattisalaisuuksia. Julkisesta versiosta on poistettu työn tutkimustulokset ja johtopäätökset.

¹ Asiasanat: sika, sianliha, rodot, jalostus

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Degree programme: Engineering (UAS), Food processing and Biotechnology

Specialisation: Meat Processing and Food Technology

Author/s: Tia-Maria Hautaniemi

Title of thesis: The effect of pig breeds on meat quality characteristics.

Supervisor(s): Matti-Pekka Pasto

Year: 2024

Number of pages: 55

Number of appendices: 0

The goal of my thesis was to investigate the impact of pig breeds on meat quality characteristics. This study compared two different pig breeds. The analysis included data from 300 test pigs, covering factors that influence meat quality: Autofom measurements, carcass weight, gender, pH value, drip loss, meat color, and the length and circumference of the loin. Additionally, the results from 20 boars were included in the comparison. Atria Suomi Oyj commissioned this thesis.

The aim of the research was to delve into breed-specific differences in factors affecting meat quality. Different pig breeds possess varying genetic characteristics that influence aspects such as growth rate, fat deposition and health traits. Besides genetic traits, it is crucial to consider that different stages of the rearing process, as well as pre- and post-mortem handling methods, significantly impact the final quality of the meat.

The thesis contains business and professional secrets. The research results and conclusions of the thesis have been removed from the public version.

¹ Keywords: pig, pork, breeds, breeding

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	1
Thesis abstract	2
SISÄLTÖ	3
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo	6
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	7
1 JOHDANTO	8
2 SIKARODUT	9
2.1 DB Duroc.....	9
2.2 TN Tempo	10
2.3 Jalostus	11
2.3.1 Jalostustavoitteet	13
2.3.2 Jalostuksen apuvälineitä	14
2.3.3 Genominen valinta	14
3 LIHAN TURVALLISUUS.....	15
3.1 Tuore liha bakteerien kasvualustana.....	15
3.2 Lihan mikrobiologisen saastumisen lähteet.....	16
3.3 Kemiallinen- ja fysikaalinen turvallisuus	16
4 SIANLIHAN LAATUUN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT.....	18
4.1 Ante mortem ja post mortem -lihantarkastus.....	18
4.2 Ante mortem tekijät	20
4.2.1 Geneettiset ominaisuudet	21
4.2.2 Ruokinta.....	21
4.2.3 Elinolosuhteet ja hyvinvointi.....	22
4.2.4 Stressi.....	24
4.2.5 Teurastusta edeltävä paasto.....	26
4.3 Post mortem tekijät.....	26

4.3.1	Kuljetus	26
4.3.2	Teurastuksen jälkeinen aineenvaihdunta	27
4.3.3	Jäähdytys.....	28
4.3.4	Leikkaus ja pakkaaminen.....	28
5	LIHAN RAKENNE JA OMINAISUUDET	30
5.1	Lihaskudos ja lihaksen kasvu	30
5.2	Lihan kemiallinen koostumus	31
5.3	Lihaksen muuttuminen lihaksi	32
5.4	Lihan marmoroituminen.....	33
5.5	Vedenpidätyskyky lihaksessa.....	34
6	pH	37
6.1	pH ja vedenpidätyskyky.....	38
6.2	pH ja väri	39
6.3	pH-arvon laatuongelmat	39
6.4	PSE-liha	40
6.5	Teurastusta edeltävän paaston vaikutus pH-arvoon	40
7	Väri.....	41
7.1	Värin muodostuminen	42
8	TUTKIMUS JA KÄYTETYT MENETELMÄT	44
8.1	Väri.....	44
8.2	Marmorointi	44
8.3	Lihakkuus	45
8.4	Valuma	45
8.5	pH.....	47
9	TULOKSET	49
9.1	Lihakkuus	49
9.2	pH.....	49
9.2.1	pH ja vedensidonta	49
9.2.2	pH ja väri.....	49

9.3	Valuma	49
9.4	Marmorointi	49
9.4.1	Marmoroitumisen ja vedensidonnain yhteys	49
10	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	50
	LÄHTEET	51

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. DB Duroc	10
Kuva 2. TN Tempo.....	11
Kuva 3. Poikkijuovainen lihassolu	31
Kuva 4. Sianlihan marmoroituminen asteikolla 1–10	34
Kuva 5. Vedenpidätyskyky huononee pH:n lähestyessä isoelektristä pistettä	38
Kuva 6. Sianlihan tummuusaste L*-arvon mukaan	41
Kuva 7. CIELAB-väriavaruus	42
Kuva 8. Valumamittauksen välineet.....	45
Kuva 9. Valumanäytteen leikkauskohta	46
Kuva 10. Kaksi koepalaa asetettiin säiliöihin	47
Kuva 11. Lihanäytteiden valumamittaus	47
Kuva 12. pH-mittari	48
Kuvio 1. Atria Sika -ketjun käyttämä risteytysohjelma.....	12
Kuvio 2. Atria Nurmon tuotantolaitoksen lihantarkistusmalli.....	20
Kuvio 3. Sian tuotantokierto.....	23

Käytetyt termit ja lyhenteet

aw	Veden aktiivisuus
Denaturoituminen	Proteiinien kolmiulotteisen rakenteen hajoaminen
Genomitieto	Perimätieto
Imisä	Porsimaton emakko
Koaguloituminen	Valkuaisaineen rakenteen hajoaminen
Leikko	Kastroitu karju
pH	Happamuus-emäksisyystaso
Raakakypsyminen	Lihan mureutuminen
Rigor mortis	Kuolonkankeus

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli hyödyntää Atrian 300 koesian mittaustuloksia, jotka edustivat eri sikarotuja, ja analysoida näiden tietojen perusteella lihan laadullisia eroja. Mittaustulokset sisälsivät Autofom-tiedot, teuraspainon, sukupuolen, pH-arvon, valuman, lihan värin sekä ulkofileen pituuden ja ympärysmitan. Nämä mittaukset ovat keskeisiä, sillä ne vaikuttavat lihan säilyvyyteen, rakenteeseen ja kuluttajien hyväksyntään.

Autofom-mittausten avulla arvioitiin sian lihakuutta eli punaisen lihan osuutta rasvakudoksesta. pH-arvo on olennainen tekijä lihan vedenpidätyskyvyn kannalta. Valuma-arvo kuvasi lihan kykyä sitoa nestettä, mikä on olennainen osa lihan mehukkuuden ja rakenteen kannalta. Värin mittaaminen toteutettiin värikorttimenetelmällä asteikolla 1 (vaalea) – 6 (tumma) ja Minolta-mittarilla, joka perustui CIELAB-järjestelmän mukaisiin L* (vaaleus), a* (punaisuus) ja b* (keltaisuus) arvoihin.

Tutkimuksen tavoitteena oli vertailla kahden eri sikarodun laatuominaisuuksia ja tunnistaa merkittävimmät erot niiden välillä sekä arvioida, nousiko toinen sukupuoli paremmaksi kuin toinen. Vertailuun sisällytettiin myös 20 karjun osalta saadut tulokset, mikä lisäsi tutkimuksen kattavuutta. Työn tulosten avulla oli tavoitteena tuottaa hyödyllistä tietoa työn tilaajalle, jotta he voivat valita kokonaisuuden kannalta parhaan rodun. Lisäksi tutkimus pyrki tarjoamaan tietoa siitä, miten sekä teurastusta edeltävät että sen jälkeiset käsittelytavat vaikuttavat lihan laatuun.

Tämä opinnäytetyö sisältää liike- ja ammattisalaisuuksia, jotka on poistettu julkisesta versiosta.

2 SIKARODUT

Eri sikaroduilla on erilaisia geneettisiä piirteitä ja ominaisuuksia (Whittemore, 1998, s. 191). Rotujen valinta ja jalostus ovat keskeisessä asemassa sianlihan laadullisten ominaisuuksien muovautumisessa (Wilson, ym., 2020). Eri sikaroduilla on tietynlaisia ominaispiirteitä, kuten marmoroitumisen taso ja lihakkuus. Esimerkiksi joillakin roduilla voi olla korkea marmoroitumisen taso, mikä tuo lihaan enemmän makua ja mehevyyttä, kun taas toiset rodut voivat olla tunnettuja vähärasvaisuudestaan ja lihakkuudestaan. Lisäksi rotujen kestävyys, kasvunopeus ja rehunmuuntosuhde voivat vaihdella. Näiden erilaisten piirteiden ymmärtäminen ja huomioiminen on välttämätöntä sianlihan laadun optimoinnissa, mikä korostaa sikarotujen valinnan merkitystä lihantuotannossa.

2.1 DB Duroc

DanBred Durocia (lyh. Duroc) käytetään sianjalostuksessa pääosin isälinjana. DanBred Duroc -rotu juontaa juurensa Pohjois-Amerikasta, ja se tuotiin Tanskaan käyttöön 1970-luvulla (DanBred, i.a.). Duroc on väritykseltään kastanjanruskea ja sen väri vaihtelee tummanpunaisesta täysin vaaleaan kullankeltaiseen (Hasheider, 2007, s. 31). Rodun yksi tunnistettavimmista ominaisuuksista on sen keskipitkät luppakorvat. Runko on leveä ja lyhyt. Risteytyksessä Durocia käytetään isärotuna, koska sillä on mm. erinomainen rehunmuuntosuhde muihin rotuihin verrattuna.

DanBred-jalostusohjelma perustuu kolmen pääsikarodun käyttöön: DanBred Duroc (D), DanBred Landrace (L) ja DanBred Yorkshire (Y) (Svineproduktion, 2022). Durocia käytetään isärotuna, kun taas Landracea ja Yorkshirea hyödynnetään emärotuina. Tuotantoemakko DanBred on seurausta Landracen ja Yorkshiren risteyksestä. Tässä tapauksessa kummankin rodun edustaja voi toimia tuotantoemakon isänä tai emänä (LY tai YL). Teurassika DanBred on puolestaan tulosta kolmen eri sikarodun risteytyksestä. Isänä toimii DanBred Duroc ja emänä DanBredin risteytetty emakko. Tuloksena on DanBred D (LY) -teurassika.

Rotu on lihasikana käytettävyydeltään erittäin hyvä, koska se on nopeakasvuinen, sillä on korkea lihaprosentti ja liha on mehukas sen suuren lihaksensisäisen rasvan ansiosta (Danishgenetics, i.a.). Lisäksi Durocilla on alhaisemmat rehukustannukset, nopean kasvun ja korkean lihan laadun ansiosta, mikä edesauttaa korkeampiin tuloihin lihantuotannossa. Kuvassa 1 esitettynä DB Duroc -rotu.



Kuva 1. DB Duroc (Elite Sires, 2019).

2.2 TN Tempo

TN Tempo (lyh. Tempo) on isälinja, joka kehitettiin 1970-luvulla entisen jalostusyhtiö VOC Dallandin toimesta (Topigs Norsvin, 2022). Dallandin geneetikot kehittivät useita uusia rotulinjoja, joilla pyrittiin erottumaan markkinoilla vallitsevista vaihtoehdoista. Yhtiö otti tieteellisemmän ja innovatiivisemmän lähestymistavan rotulinjojen kehittämiseen verrattuna kilpailijoihinsa. He erottelivat siat täysin erillisissä karsinoissa, mikä oli täysin uusi lähestymistapa vahvojen jalkojen ja kestävyuden valinnassa. Testijakson aikana käytettiin vapaata ruokintaa, mikä edisti sikojen nopeaa kasvua.

Jalostus ja valinta suoritettiin Alankomaiden alueilla, jossa oli korkea tautiherkkyys tiheiden sika-alueiden vuoksi (Topigs Norsvin, 2022). Karjut, jotka selvisivät taudeista ja säilyttivät suorituskäytöksensä testijakson aikana, olivat menestyksekkäitä. Prosessi auttoi jalostuksen kehittämisessä ympäri maailman. Lisäksi trooppisissa olosuhteissa selviytyneet karjut osoittivat jälkeläisten tutkimustuloksissa myös parempaa lämmönsietokykyä. Vuosien mittaan TN Tempon ruhon laatua on paranneltu ja parannusten myötä rotu on yksi maailman eniten käytetyistä isäroduista.

TN Tempo -rotu erottuu muista nopean kasvuvauhtinsa, vähärasvaisen lihansa ja korkean elinvoimaisuutensa ansiosta (TN Tempo, i.a.). Kuvassa 2 esitettynä TN Tempo -rotu.



Kuva 2. TN Tempo (Topigs Norsvin, 2021).

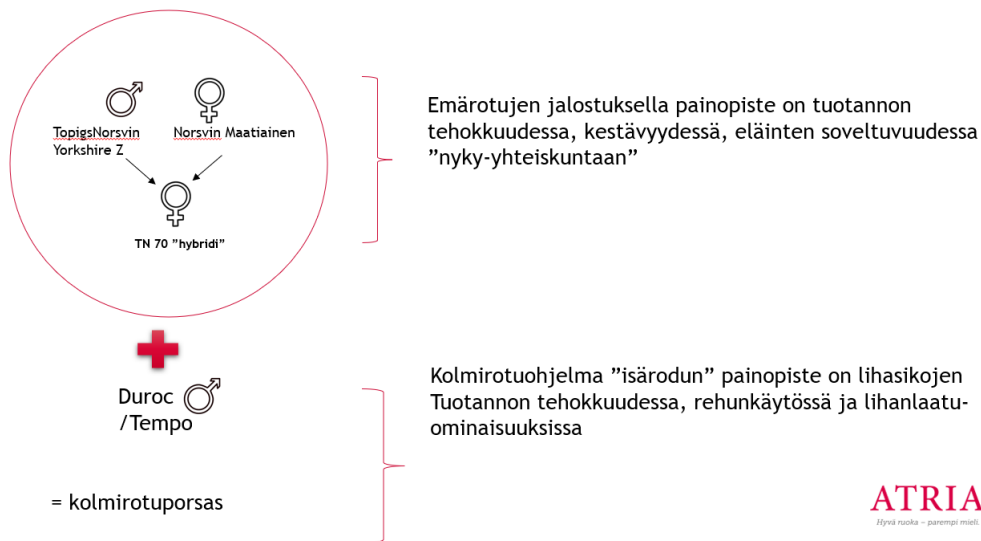
2.3 Jalostus

Merkittävässä sikatalousmaissa sianlihantuotanto perustuu erilaisiin risteytysohjelmiin, joista yleisin on kolmirotuohjelma (Finnpig, i.a.). Kolmirotuohjelmassa lihasikaporsaiden isänä käytetään isärotua, jonka jalostuksessa on kiinnitetty erityistä huomiota lihasikaominaisuuksiin. Erillinen isärotu parantaa sianlihan laatua, kun keskitytään vain tiettyihin tavoitteisiin. Keskeisiä jalostustavoitteita ovat mm. alhainen rehunkulutus, hyvä päiväkasvu ja lihakkuus sekä hyvä rakenne. Kun isärodun jalostuksessa ei tarvitse kiinnittää huomiota pahnuekokoon ja emo-ominaisuuksiin, jalostuksellinen edistyminen muissa ominaisuuksissa on nopeampaa. Risteytysemakot tiineytetään isärodun karjulla, jolloin saadaan elinvoimainen ja vahva kolmirotuporsas. Emärotujen jalostuksessa puolestaan keskitytään mm. hedelmällisyyteen, emo-ominaisuuksiin ja kestävyteen.

Finnpigin (i.a.) mukaan lihakkuus, rehun hyväksikäyttö ja kasvunopeus ovat myös tärkeitä huomioida emäroduilla, koska emä edustaa puolet jälkeläisten perimästä.

Kun jalostuksessa keskitytään sekä isä että emärotujen ominaisuuksiin, pystytään jalostusprosessissa etenemään nopeammin. Kuvio 1 havainnollistaa Atria Sika -ketjun käyttämää risteytysohjelmaa.

AtriaSika -ketjun käyttämä risteytysohjelma



ATRIA
Hyvä ruoka – parempi mieli.

Kuvio 1. Atria Sika -ketjun käyttämä risteytysohjelma (Atria, i.a.).

Sikarodut ovat seurausta kolmesta tekijästä: kuluttajien vaatimuksista, käytettävissä olevista rehuista ja kasvattajista (Ensminger & Parker, 1997, s. 32). Tuotannossa käytettävät lihasiat ovat eri sikarotujen risteytyksiä. Jalostuksessa keskeisiä tavoiteltavia ominaisuuksia ovat päiväkasvu, lihaksikkuus, lihan laatu sekä eläimen hyvinvointiin vaikuttavat tekijät, kuten jalkojen kestävyys (Hannuksela, i.a.).

Sianjalostuksen tulevaisuus kietoutuu useisiin muuttuviin tekijöihin, kuten teknologiseen kehitykseen, ympäristön muutoksiin ja kuluttajien vaatimukseen. Kuluttajat esimerkiksi ovat kiinnostuneita yhä terveellisemmästä, vastuullisesti tuotetusta, kotimaisesta ja laadukkaasta lihasta (Atria tuottajat, 2020).

2.3.1 Jalostustavoitteet

Partasen ja Perttilän (2012, s. 32) mukaan sianjalostuksen avulla pyritään parantamaan tuotanto-ominaisuuksia. Näitä ominaisuuksia ovat muun muassa porsastuotanto, kasvunopeus, rehun käyttötehokkuus ja lihan laatu, soveltamalla tarkkaa rotujen valintaa, karsintaa ja harkittua paritusstrategiaa. Lisäksi pyritään parantamaan sikojen rakennetta ja terveyttä.

Partasen ja Perttilän (2012, s. 32-33) mukaan sianjalostus koostuu neljästä vaiheesta. Ensimmäisenä ovat jalostussikalat, joissa kasvatetaan puhtasrotuisia emakoita ja karjuja risteytys- eli hybridiemakoiden vanhemmiksi. Toisessa vaiheessa hybridien tuottajat kasvattavat emakoita lihasikojen emiksi. Kolmannessa vaiheessa porsastuotantosikalat tuottavat porsaita, jotka siirretään lihasikaloihin lihasioiksi kasvatettaviksi. Näin muodostuu tehokas ja toimiva sianjalostusprosessi.

Jalostajien yksi päätavoitteista on kuitenkin tuottaa mahdollisimman vähällä työllä ja kustannuksilla paljon vieroitettuja porsaita (Huslen & Scheepens, 2010, s. 60). Pahnueen koon lisäksi tulee ottaa huomioon myös porsaiden elinvoimaisuus. Porsaiden elinvoimaisuus ja terveys riippuu useista tekijöistä, kuten tilan tautipaineesta ja karjun, emakon ja porsaiden perimästä. Perintötekijöillä on suuri vaikutus pahnueen kokoon, jopa noin 17 %. Heteroosi, joka tunnetaan myös nimellä risteytysvoima, ilmenee, kun eri sukuisia linjoja risteytetään keskenään. Kyseinen käytäntö mahdollistaa pentueiden koon ja elinvoiman kasvattamisen.

Emakon kuntoluokituksen avulla pystytään arvioimaan ruokintaa ja hedelmällisyyttä ja kunto heijastaa sen kykyä hoitaa porsaitaan (Huslen & Scheepens, 2010, s. 60-61). Silavan mittaus sensorilla antaa kuitenkin luotettavamman tuloksen, jolloin selkäsilavan paksuus tulisi olla noin 18 mm, kun emakko saapuu porsimisosastolle. On tärkeää ottaa huomioon myös näkökulmat liittyen hoitotoimenpiteisiin, kuten sikalan olosuhteet, ympäristön rauhallisuus, emakon ravinto ja siemennys. Atrian genetiikalla terve emakko kykenee fyysisesti tuottamaan keskimäärin 17 tervettä porsasta ja vieroittamaan 15 (N. Immonen, henkilökohtainen tiedonanto, 5.6.2024).

2.3.2 Jalostuksen apuvälineitä

Partasen ja Perttilän (2012, s. 33) mukaan sianjalostuksessa käytetään erilaisia apuvälineitä, kuten erilaisia indeksejä, jotka kuvaavat sian jalostusarvoa tietyssä populaatiossa. Jalostusarvo on ennuste siitä, millaisia jälkeläisiä yksilö keskimäärin tuottaa verrattuna populaation keskiarvoon. Eläimen fenotyyppi eli ilmiasu syntyy monien tekijöiden vaikutuksesta. Näitä ovat geeniyhdistelmien vaikutus, ympäristötekijät, jalostusarvo ja emo-vaikutus.

Eläimen jalostusarvon ennustamiseen käytetään erilaisia tilastollisia laskentamenetelmiä, kuten eläimen sukutaulun tietoja sekä yksilö-, sisarus- ja jälkeläisarvostelusta saatavia tietoja (Partanen & Perttilä, 2012, s. 33-34). Sianjalostuksessa käytettävä tilastollinen laskentamalli on nimeltään BLUB (best linear unbiased prediction). Se korjaa jalostusarvon laskennassa tuloksiin vaikuttavia ympäristötekijöitä ja hyödyntää eläimen kaikkia sukulaisten tuloksia systemaattisesti. Laskennassa saatuja jalostusarvoja kuvataan muutosta imaisevien indeksien avulla. BLURB-indeksi on siis ennuste sian geneettisestä tasosta, ja sen tarkoituksena on kuvata eläimen arvoa jalostuksen suhteessa rodun keskiarvoon.

2.3.3 Genominen valinta

Partasen ja Perttilän (2012, s. 34) mukaan eläinjalostuksen uusin edistysaskel on genomiseen valintaan perustuva menetelmä, joka mahdollistaa eläimen jalostusarvon ennustamisen ja valintapäätösten tekemisen sen koko DNA:n perusteella. Monissa edistyneissä sikatalousmaissa tehdään laajoja tutkimuksia ja tuotekehitystä, jossa yhdistetään nykyiset arvostelumenetelmät ja genomitieto. Genomisen valinnan avulla saavutetaan nykyistä korkeampia arvosteluvarmuuksia ominaisuuksissa, joilla on alhainen periytymisaste. Tällaisia ovat mm. hedelmällisyys, terveys ja kestävyys.

3 LIHAN TURVALLISUUS

Frediksson-Ahomaan ja Korkealan (2007, s. 189) mukaan lihan- ja lihatuotteiden turvallisuus koostuu mikrobiologisesta-, fysikaalisesta ja kemiallisesta turvallisuudesta. Mikrobit ja erityisesti bakteerit ovat pääasiallinen syy ruokamyrkytysten aiheuttajiin. Fysikaalisiin riskeihin kuuluvat puolestaan vierasesineet, pakkausmateriaalien jäänteet sekä luunsirut. Kemialliset riskitekijät sisältävät esimerkiksi eläinlääkkeiden jäämät ja elintarvikkeiden lisäaineet.

3.1 Tuore liha bakteerien kasvualustana

Frediksson-Ahomaan ja Korkealan (2007, s. 189) havaintojen perusteella tuore liha tarjoaa lähestulkoon erinomaiset olosuhteet bakteerien kasvulle. Bakteerien kasvuun vaikuttavat ratkaisevasti lämpötila, kosteus, ravinteet, happi ja pH-taso. Bakteerien lisääntymistä ohjaavat sisäiset seikat, kuten lihan rakenteelliset ja koostumukselliset ominaisuudet, pH-arvo ja aw-arvo, sekä ulkoiset vaikuttimet, kuten varastointilämpötila, kosteus ja pakkauksessa käytettävien kaasujen koostumus.

Frediksson-Ahomaan ja Korkealan (2007, s. 190) mukaan lihan tautia aiheuttavia bakteereja kutsutaan mesofiiliseksi bakteereiksi, joiden optimikasvulämpötila on 30-37°C. Mikroaerofiilisiä bakteereja ovat kampakobakteerit, jotka vaativat korkeita kasvulämpötiloja, pienennyttä happipitoisuutta ja korkeaa aw-pitoisuutta. Bakteereja, jotka kykenevät lisääntymään myös alhaisissa lämpötiloissa, kutsutaan psykrotrofeiksi. Niihin luokitellaan yersiniat, listeriat ja *C. botulinumin* ryhmä II.

Frediksson-Ahomaan ja Korkealan (2007, s. 190) kertovat, että fakultatiivisesti anaerobiset bakteerit kykenevät kasvamaan sekä hapellisissa että hapettomissa olosuhteissa. *Salmonella*, *Yersinia* ja *E. Coli* (STEC/EHEC) sekä listeriat ja stafylokokit ovat pilaajamikrobeja, jotka kykenevät kasvamaan kyseisissä olosuhteissa. Stafylokokkien erityispiirteenä on niiden kyky lisääntyä myös alhaisissa aw-pitoisuuksissa ja voimakassuolaisissa lihatuotteissa.

Bakteerien kasvunopeuteen voidaan vaikuttaa säätämällä ulkoisia tekijöitä, kuten lämpötilaa ja pakkausmenetelmää (Fredriksson-Ahoma, Korkeala, 2007, s. 189-190). Tuotteen säilyvyyttä voidaan pidentää myös vähentämällä sen vesiaktiivisuutta ja alentamalla pH-arvoa. Lihan rasvapitoisuus heikentää säilyvyyttä, sillä rasva edistää hapettumisprosessia, joka puolestaan aiheuttaa laatupoikkeamia.

3.2 Lihan mikrobiologisen saastumisen lähteet

Fredriksson-Ahomaan ja Korkealan (2007, s. 190-191) toteavat, että raaka liha kontaminoituu väistämättä teurastuksen yhteydessä ja lihan jatkokäsittelyprosessien aikana. Teurastamoissa teuraslinja on jaettu puhtaaseen ja likaiseen puoleen, jossa puhdas puoli alkaa jälkikarvomisen jälkeen. Henkilökunnan liikkumista likaiselta puolelta puhtaalle rajoitetaan ristikontaminaation ehkäisemiseksi. Teurastuksen aikana tärkeimmät saastumislähteet ovat eläimen iho ja ruoansulatuskanava. Eläimen iholla olevista bakteereista (noin 10^6 - 10^8 mikro-organismia neliösenttimetriä kohden) suurin osa on tautia aiheuttamattomia gram-negatiivisia sauvoja (enterobakteerit), sauvoja (korynobakteereja, basilluksia ja klostrideja) ja mesofiilisiä grampositiivisia kokkeja (stafylo-, mikro-, ja enterokokkeja).

Fredriksson-Ahomaan ja Korkealan (s. 190-192) mukaan teurastuksen aikana sikojen ihon pinta kaltataan, jossa kaltauslämpötilan tulisi olla 60-62 °C välillä, jotta suolistoperäiset bakteerit, saadaan tuhottua (mm. kampakobakteerit, *E. coli* ja *Salmonella*). Sianruhon pintakontaminaatio pienenee kaltauksen aikana, mutta lisääntyy karvomisen jälkeen. Eri-tyistä varovaisuutta vaatii, ettei sisäelinten ja suoliston irrottamisen aikana ruoansulatuskanavan sisältö valu ruhon pinnalle. Lisäksi tulee ottaa huomioon, että liha voi kontaminoitua myös työntekijöiden, työvälineiden ja ympäristön kautta. Työvälineiden desinfiointi 82 °C:n vedellä on tarpeen kontaminaation vähentämiseksi.

3.3 Kemiallinen- ja fysikaalinen turvallisuus

Euroopan tilintarkastustuomion (2019) mukaan kaikki elintarvikkeet koostuvat kemikaaleista. Kemialliset vaarat tarkoittavat yhdisteitä, jotka saattavat aiheuttaa

terveyshaittoja. Ne ovat yhdisteitä, jotka voivat aiheuttaa terveystriskejä ja joita voi esiintyä elintarvikkeissa joko luonnostaan tai valmistuksen ja käsittelyn aikana lisätyinä. Kemiallinen vaara syntyy, kun elintarvikkeessa on siihen kuulumatonta ainetta, tai jonkin aineen pitoisuus on liian suuri. Kemikaaleja käytetään koko elintarvikeketjussa (lannoitteet, torjunta-aineet, eläinlääkkeet, rehut jne.) ja niitä voidaan myös lisätä elintarvikkeisiin niiden ominaisuuksien parantamiseksi (lisäaineet, vitamiinit). EU on vastuussa elintarvikkeiden kemikaalien säätelyssä. EU:n elintarviketurvallisuusmallissa käytetään integroitua lähestymistapaa, joka kattaa kaikki elintarvikeketjun vaiheet. Tämä sisältää eläinten ruokinnan ja terveyden, kasvinsuojelun, elintarviketuotannon, jalostuksen, varastoinnin, kuljetuksen, tuonnin, viennin ja vähittäismyynnin. EU:n lainsäädännön mukaan elintarviketurvallisuudesta on ensisijaisesti vastuussa elintarvikeyritykset.

Fysikaaliset vaarat syntyvät, kun elintarvikkeessa on ylimääräisiä esineitä, kuten vierasesineitä, jotka yleensä voi nähdä paljaalla silmällä (Hygieniapassi, 2024). Nämä vaarat voivat johtua puutteellisesta hygieniasta, virheellisestä elintarvikkeiden käsittelystä, suojavaatteiden väärinkäytöstä tai tuholaisten aiheuttamasta saastumisesta jne. Pahimmassa tapauksessa jos henkilö nielaisee vierasesineen, se voi johtaa tukehtumiseen tai muihin vammoihin. Fysikaalisten terveysuhkien kohdalla riskin lähde on yleensä nopeasti tunnistettavissa, koska oireet ilmenevät pian ruokailun jälkeen.

Riskien minimoimiseksi on tehtävä säännöllistä laadunvalvontaa ja tarkastuksia koko elintarvikkeen tuotantoprosessin aikana (Hygieniapassi, 2024). Tämä sisältää raaka-aineiden vastaanoton, käsittelyn ja valmiiden tuotteiden tarkastukset. Huolelliset hygieniakäytännöt auttavat estämään vierasesineiden pääsyn lihaan. Esimerkiksi työntekijöiden tulee käyttää asianmukaisia suojavaarusteita ja noudattaa hyvää henkilökohtaista hygieniaa työskennellessään lihan käsittelyssä. Korkeat standardit laitteiden ja tilojen puhtaudelle ovat tuotanto-olosuhteissa tarkkaan määriteltyjä.

4 SIANLIHAN LAATUUN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Niemistön (2016) mukaan sianlihan laatuun vaikuttavat monet tekijät ja yleisesti ottaen ne voidaan jakaa kahteen pääryhmään: ennen teurastusta (ante mortem) ja teurastuksen jälkeisiin (post mortem) tekijöihin. Molemmat näistä tekijöistä ovat keskeisiä hyvälaatuisen lihan kannalta.

Partasen ja Perttilän (2012, s. 83-84) mukaan lihan laatu sisältää odotuksia monilta eri osa-alueilta. Siihen kuuluvat odotukset tuotantoprosessin laadusta, lihan teknologisista ominaisuuksista ja ravitsemuksellisesta laadusta. Lisäksi siihen liittyvät kuluttajien odotukset, jotka koskevat muun muassa lihan syöntilaatua, tuotantomenetelmiä ja ympäristövaikutuksia. Fredriksson- Ahomaan ja Kokealan (2007, s. 189) mukaan tarkemmin ottaen hyvänlaatuisella lihalla tarkoitetaan lihaa, joka on hajultaan, maultaan, ulkonäöltään tai muulta ominaisuudeltaan sellaista, että se on kuluttajalle nauttimiskelpoista.

Fredriksson-Ahomaan ja Kokealan (2007, s. 191-193) mukaan lisäksi lihan pakkaus- ja varastointiolosuhteet vaikuttavat säilyvyyteen ja ulkonäköön. Laadukas leikkaus- ja valmistustekniikka ovat myös olennaisia tekijöitä sianlihan laadun kannalta. Kylmäketjun katkeamattomuus pitää myös huomioida koko tuotantoprosessin ajan. Niemistön (2016) mukaan on erityisen tärkeää kypsentää liha oikeaan lämpötilaan, jotta varmistetaan mahdollisten haitallisten taudinaiheuttajien tuhoutuminen.

4.1 Ante mortem ja post mortem -lihantarkastus

Ruokaviraston (2023) mukaan teurastamoissa lihantarkastajat varmistavat, että liha ja lihavalmisteet ovat sekä turvallisia että elintarvikehygieenisesti laadukkaita. Lihantarkastajat tarkistavat etukäteen teurastamolle lähetetyt elintarvikeketjutiedot, suorittavat ennen teurastusta ante mortem -tarkastuksen ja teurastuksen jälkeen post mortem -tarkastuksen. Ruokaviraston, aluehallintoviraston tai kunnan tarkastuseläinlääkäri vastaa lihantarkastuksesta teurastamossa, valvoen lihan turvallisuutta, eläinten hyvinvointia ja

niiden alkuperää, sivutuotteiden käsittelyä sekä seuraten laboratorionäytteiden tuloksia ja näytteidenottopäivä.

Kun siat saapuvat teurastamoon, suoritetaan ante mortem -tarkastus, jossa eläinten kunto ja käyttäytyminen arvioidaan (Atria tuottajat, 2019). Lainsäädännön mukaan vähintään 10 % eläimistä tarkastetaan liikkeessä ja se suoritetaan yleensä kuorman purkamisen yhteydessä. Eläinlääkäri seuraa myös kuljetuksen aikana tapahtuvaa toimintaa EU:n kuljetusasetuksen (EY N:o 1/2005) mukaisesti. Tarkastuksessa havainnoidaan sikojen yleiskuntoa, kuten pään, kylkien, rinnan, jalkojen ja takapään tilaa. Lisäksi arvioidaan liikkumiskykyä, toimintaa, valppautta, hengitystä ja asentoa. Erityistä huomiota kiinnitetään tarkastuksen aikana merkkeihin, jotka voivat viitata infektiin tai yleistilan muutokseen. Mikäli eläin hylätään tarkastuksessa, se lopetetaan ja ruho toimitetaan raatokeräykseen. Ante mortem -tarkastuksessa hylätyille suoritetaan tautiepäilyjen vuoksi raadonavaus ennen kuin ruho voidaan hävittää.

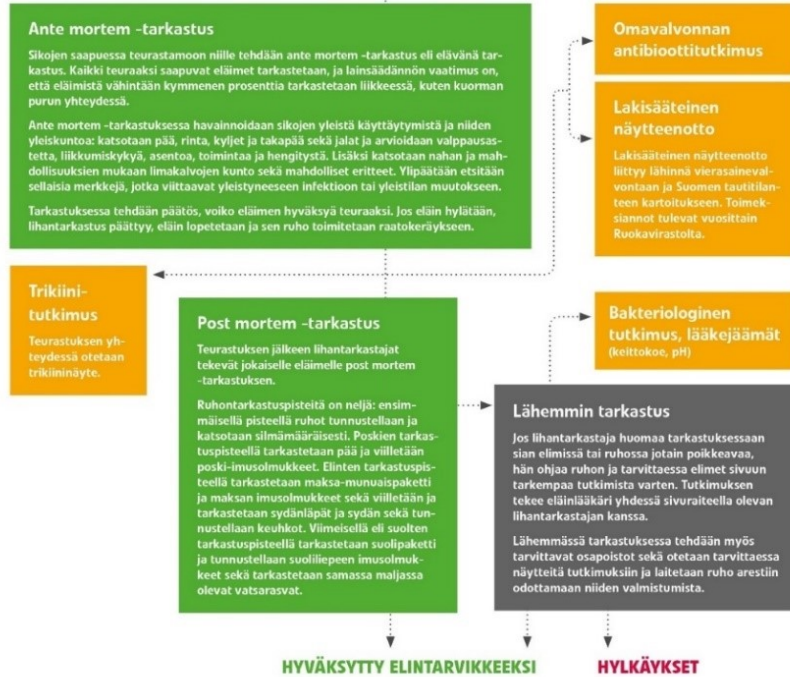
Teurastuksen jälkeen lihantarkastajat suorittavat post mortem -tarkastuksen jokaiselle eläimelle (Atria tuottajat, 2019). Lihantarkastuksessa on neljä erilaista tarkastuspistettä. Kahdella ensimmäisellä pistellä lihantarkastajat tarkastelevat ruhoja visuaalisesti ja tunnustelamalla. Seuraavalla pisteellä he tarkastavat eläimen pään, leikkaavat poskimusolmukkeet ja tekevät tarvittavat tarkistukset. Kahdella seuraavalla pistellä he tutkivat maksan ja munuaisten aluetta, imusolmukkeita, sydäntä ja keuhkoja sekä tekevät tarvittavat viillot ja tunnustelut. Viimeisellä pistellä, tarkistetaan suolen alue, tunnustellaan suoliliepeen imusolmukkeita ja suoritetaan tarvittavat tarkistukset vatsarasvoista. Poikkeavuudet ohjataan tarkastukseen, jossa eläinlääkäri ja lihantarkastaja tutkivat ruhoa tarkemmin, ottavat tarvittaessa näytteitä ja päättävät ruhon hyväksymisestä tai hylkäämisestä.

Lihantarkastajat ja eläinlääkärit suorittavat lisäksi lakisääteisesti satunnaisia näytteitä vierasainevalvontaa ja tautitilanteen kartoitusta varten Ruokaviraston toimeksiannosta. (Atria tuottajat, 2019). Kuviossa 3 on vielä havainnollistettu Atria Nurmon lihantarkastusmallia.

ATRIAN NURMON sikateurastamossa Ruokaviraston henkilökuntaa on tällä hetkellä noin 20 henkilöä. Vakituksia tarkastuseläinlääkäreitä on kuusi, joista yksi toimii johtavana tarkastuseläinlääkärinä. Lihantarkastaja on seitsemän vuorokautta eli yhteensä 14. Tarkastuseläinlääkäreiden ja heidän kanssaan työskentelevien lihantarkastajien työtä ohjaa viime kädessä kansallinen ja EU-lainsäädäntö.

Ketjuinformaation tarkastus

Ensimmäisenä, jo ennen kuin siat ovat saapuneet teurastamoon, tarkistetaan tuottajan antamat elintarviketiedot. Saadut tiedot pitää myös pystyä yhdistämään aukottomasti saapuvaan sikoeraan. Tiedot tulee antaa vähintään 24 tuntia ennen sikojen saapumista.



Kuvio 2. Atria Nurmon tuotantolaitoksen lihantarkistusmalli (Atria tuottajat, 2019).

4.2 Ante mortem tekijät

Niemistön (2016) mukaan ante mortem -tekijät liittyvät ennen teurastusta tapahtuviin toimenpiteisiin. Lihan laatuun voidaan vaikuttaa merkittävästi jo ennen teurastusta parantamalla eläinten jalostusta, ruokintaa, käsittelyä ja hyvinvointia. Laadun kannalta erityisen tärkeitä ovat ne toimenpiteet, jotka kohdistuvat eläinten käsittelyyn ennen teurastusta. Näihin kuuluvat teurastusta edeltävä lastaus, kuljetus ja käsittely teurastamon navetassa.

4.2.1 Geneettiset ominaisuudet

Jalostuksen avulla pyritään parantamaan geneettisiä ominaisuuksia, kuten kasvunopeutta, tautiresistenssiä, lisääntymiskykyä ja ruhon laatua (Seiderman, ym., 1982, s. 826-840). Kasvunopeuteen vaikuttavat merkittävästi sukupuolten väliset erot, jotka johtuvat sukupuolisteroidien vaikutuksesta. Yleisesti ottaen karjut kasvavat nopeammin kuin imisät. Karjujen rehunmuuntosuhde on parempi ja lihan osuus suhteessa rasvaan on suurempi. Myös rotujen välillä syntyy vaihtelua.

Lisäksi sioilla esiintyvää perinnöllistä stressilihaisuutta (PSE-lihaisuutta) aiheuttava geeni on onnistuttu poistamaan suomalaisesta sika-aineksesta sianjalostuksen ja siinä käytetyn halotaanitestauksen avulla (Partanen & Perttilä, 2012, s. 87).

4.2.2 Ruokinta

Partanen ja Perttilän (2012, s. 57) mukaan ruokinnalla on suuri vaikutus sian hyvinvointiin, lihasten- ja rasvakudoksen kasvuun. Riittävät rehun valkuais- ja aminohappotasot ovat tärkeitä lihaksentuotannossa. Mikäli proteiinipitoisuus on matala ruokinnassa, rasvan määrä lisääntyy ja lihaksen kasvu vähenee. Lihantuotannon näkökulmasta lihaksen suurempi osuus on tärkeämpää kuin rasvan määrä. Ylimääräinen energia muodostuu rasvakudokseksi. Rasvoittuminen on riippuvainen perimästä ja rodusta

Lihaskojen kasvatuksessa pyritään nopeaan lihaskudoksen kasvuun ilman liiallista rasvoittumista (Partanen & Perttilä, 2012, s. 56). Energian hyväksikäyttöön vaikuttaa ikä, perimä, sukupuoli ja perimä. Lihan jatkojalostuksen näkökulmasta ihanteellinen ruhon lihapitoisuus on 59–61 %. Jos lihapitoisuus on alle 57 %, ruho sisältää liikaa rasvaa, kun taas yli 63 %:n lihaprosentti hankaloittaa lihan leikattavuutta. Korkea lihaprosentti voi myös viitata hitaampaan kasvuun ja alhaisempaan teuraspainoon.

Lihaskojen ruokinnassa käytetään usein kaksivaiheista menetelmää, jossa rehun koostumus muuttuu, kun siat saavuttavat noin 55–60 kg:n painon (Partanen & Perttilä, 2012, s. 57-58). Myös kolmannen rehuseoksen lisäämistä loppukasvatuksen ajaksi voidaan

harkita alkaen noin 80–85 kg:n painosta sikamäärän ollessa tarpeeksi suuri. Kolmivaiheisessa ruokintajärjestelmässä alkukasvatus kestää yleensä noin 5–6 viikkoa, minkä jälkeen siat siirtyvät loppukasvatukseen, joka jatkuu muutamia viikkoja, kunnes ne ovat valmiita teurastettavaksi.

Eläinaineksen tyyppi ja sian sukupuoli vaikuttavat siihen, kuinka paljon lihasikojen ruokintaa tulisi rajoittaa loppuvaiheessa (Partanen & Perttilä, 2012, s. 57-58). Leikot syövät noin 5–15 % enemmän rehua kuin imisät, ja tämä ero suurenee loppukasvatuksen aikana. Leikot kasvavat nopeammin, rasvoittuvat helpommin ja ne lähetetään usein teuraaksi ennen imisiä. Imisät puolestaan kasvavat tasaisemmin ja hitaammin, ja ne kestävät runsaamman ruokinnan ilman merkittävää rasvoittumista, joten niiden ruokintaa ei välttämättä tarvitse rajoittaa kasvatuksen loppuvaiheessa.

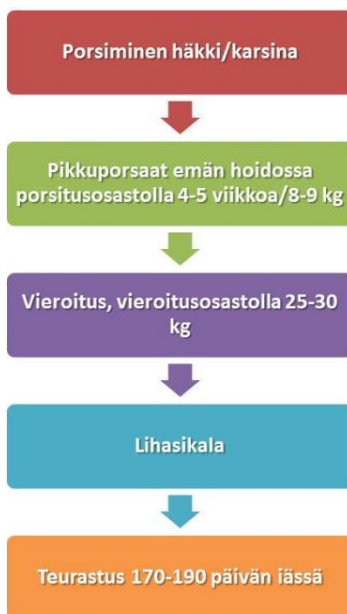
Lihasicojen kasvunopeuteen vaikuttavat ensisijaisesti tilakohtaiset olosuhteet ja porsasaineksen laatu (Partanen & Perttilä, 2012, s. 58). Kasvupotentiaali alkaa muodostua jo porsaana – jos pahnue kasvaa tasaisesti emon alla ennen vieroitusta, sen kehitys jatkuu tasaisena myös lihasikalassa.

4.2.3 Elinolosuhteet ja hyvinvointi

Siat voivat elämänsä aikana olla useissa eri sikaloissa, kuten emakko-, liha- ja yhdistelmäsikaloissa (Eläintieto, i.a.). Emakkosikaloissa on usein erilliset porsitus- ja vieroitusosastot. Sikojen elinympäristö vaihtelee ryhmäpihataloista ja karsinoista yksittäiskarsinoihin, joissa tiineitä ja porsivia emakoita saatetaan pitää erikseen. Karjuja pidetään erillään muista sioista, mutta niillä on kuitenkin mahdollisuus hajuaisti- ja kuulo- sekä näköyhteys muihin sikoihin.

Sioilla on oltava jatkuvasti tarjolla tonkimis- ja tutkimismateriaalia, kuten olkea, heinää, turvetta tai paperia, kuivikkeeksi ja emakoille pesänrakennusmateriaaliksi (Eläintieto, i.a.). Kuivikkeen määrään vaikuttaa sikalan lannanpoistojärjestelmä; suuri kuivikkeen määrä voi tukkia lannanpoiston rakolattiasikaloissa. Suomessa yleisin sikalatyyppi on

osittainen rakolattiasikala, jonka osuus on 83 %. Sikalaolosuhteissa sioille on tarjottava tilaa sosiaaliseen kanssakäymiseen, ja ryhmien muodostamisessa on otettava huomioon sikojen luontainen käyttäytyminen. Riittävä tila ja karsinan jakaminen eri toimintalueisiin auttavat ehkäisemään aggressiivisia yhteenottoja. Lisäksi ruokintatilan riittävyys vähentää rehuun kohdistuvaa kilpailua ja stressiä. Kuviossa 4 on esitetty sian tuotantokierto.



Kuvio 3. Sian tuotantokierto (Eläintieto, i.a.).

Ryhmäkarsinassa kasvatetaan yleensä lihasiat, vieroitetut porsaat, ja nuoret siitossiat (Eläintieto, i.a.). Karsinan käytettävissä oleva tila on mukautettu sikojen iän ja painoluokan perusteella. Vieroitetut porsaat pidetään yleensä 15-25 porsaan ryhmissä, joissa on käytettävissä ruokinta-automaatti tai -kaukalo, josta rehua saa jatkuvasti. Vanhemmat lihasiat asuvat 10-15 sian ryhmissä ja he saavat ruokaa 2-4 kertaa päivässä sen mukaan, kuinka paljon haluavat syödä. Eri-ikäisiä sikaryhmiä pyritään olla sekoittamatta keskenään.

4.2.4 Stressi

Puolanteen (2019, s. 36) mukaan teurastusta edeltävä stressi vaikuttaa merkittävästi sekä sikojen hyvinvointiin että lihan laatuun. Kun sika joutuu fyysiseen tai psyykkiseen rasitukseen, elimistö laukaisee stressireaktion, jossa aktivoituvat tietyt puolustusmekanismit, jotka sopeuttavat eläimen tilanteeseen. Stressi on elimistön normaali reaktio ja se syntymiseen vaikuttavat monet eri tekijät. Se on hormonien säätelemä ja siihen liittyy adrenaliinin erityys, joka vapauttaa glykogeeniä energiaksi taistelua tai pakoa varten. Kortisolin erityys taas edistää glukoosituotantoa, mikä auttaa elimistöä palautumaan stressistä.

Teuraseläinten yleisimpiä stressinaiheuttajia ovat rasittuminen ja eläinten loukkaantumiset (Puolanne, 2019, s. 36). Stressireaktion alkuvaiheessa elimistö pyrkii vahvistamaan sekä fyysistä että henkistä kestävyyttään eri tavoin. Fyysisesti tämä toteutuu sympaattisen hermoston tuottaman adrenaliinin kautta, joka lisää lihaksiin nopeasti paljon käyttökelpoista energiaa, riippumatta verenkierron tehokkuudesta. Muuntokykyistä sokeria tuotetaan lihaksen glykogeenistä ja pitkään jatkuvassa stressissä myös muista lähteistä. Henkisesti adrenaliini lieventää kivuntunnetta, mikä voi auttaa selviytymään taistelu- tai pakenemistilanteessa. Stressireaktion alettua elimistö käynnistää palautumisprosessit, jossa parasympaattisen hermoston kortikoidipohjaiset hormonit edistävät glukoosin tuotantoa.

Elimistö tuottaa glukoosia mm. proteiineja hyödyntämällä, mutta pitkäkestoisesti tämä ei ole elimistölle edullista (Puolanne, 2019 s. 36). Stressitilanteessa elimistössä on kaksi vastakkaista hormonijärjestelmää, jotka ovat sisäistä energiaa kuluttava (adrenaliini) ja sisäistä energiaa (kortisoli) tuottava järjestelmä.

Stressin aiheuttamat ongelmat aiheutuvat ensisijaisesti akuutista eli lyhytaikaisesta stressistä välittömästi ennen teurastusta tai kroonisesta eli pitkäaikaisesta stressistä (Lawrie & Toldrá, 2017, s. 173-174). Stressin aikana keho vapauttaa stressihormoneja, (kuten epinefriiniä), jotka laukaisevat useita biokemiallisia reaktioita. Nämä reaktiot mobilisoivat energiaa vastaamaan stressin aiheuttamiin vaatimuksiin.

Lyhyt stressijakso alkaa ATP:n käytöllä, jota adrenaliini ohjaa. Siinä menetetty energia korvataan nopeasti uudella ATP:lla, ilman suuria muutoksia elimistön toiminnassa (Puolanne, 2019, s. 37). Pitkäkestoisen stressin jatkuessa elimistön sisäiset energiavarat alkavat kuitenkin ehtyä. Kortisolin vaikutuksesta elimistö alkaa tuottaa glukoosia, jotta energiansaanti jatkuisi. Hormonijärjestelmien kilpailu johtaa siihen, että elimistö joutuu hyödyntämään energianlähteitä, joita tarvittaisiin muualla, kuten veren valkosoluja ja lihaskudoksen proteiineja. Tämä voi heikentää yleiskuntoa ja hidastaa kasvua.

Lyhytaikainen stressi nostaa fyysistä aktiivisuutta ja adrenaliinin eritystä, mikä puolestaan nopeuttaa glykokeenin hajoamista ja glukoosin anaerobista tuotantoa (Puolanne, 2019, s. 37). Seurauksena lihaksissa voi syntyä laktaattia ja protoneita, jotka eivät ehdi poistua tarpeeksi nopeasti, mikä laskee lihasten pH-tasoa. Jos eläin teurastetaan tässä vaiheessa, sen lihakset saattavat sisältää runsaasti adrenaliinia. Adrenaliinin vaikutus voi jatkua edelleen verenkierron loppumisen jälkeen, ja anaerobinen glykolyysi saattaa jatkua teurastuksen jälkeenkin.

Akuutilla stressillä on taipumusta PSE-lihaan (Lawrie & Toldrá, 2017, s. 174). Ensisijainen ero lyhytaikaisen ja pitkäaikaisen stressin välillä on, että pitkäaikaisessa varastoitu lihasglykokeeni loppuu kokonaan, joka johtaa korkeaan lopulliseen pH-arvoon.

Jos eläin kokee keskipitkää stressiä, se käyttää jatkuvasti lihasten glykokeenivarastoja, jotka vähitellen hupenevat, koska lihassyiden entsyymijärjestelmä ei pysty yhtä aikaa hajottamaan glykokeeniä ja tuottamaan sitä uudelleen (Puolanne, 2019, s. 37). Stressitilanteessa, kun adrenaliinia on runsaasti, glykokeenivarastot hupenevat. Vaikka stressi jatkuu pitkään, se on kuitenkin riittävän lievää, jotta lihaksissa syntyvä laktaatti ja protonit ehtivät poistua lihaksista. Stressin jatkuessa glykokeeniä on lopulta niin vähän (alle 0,7 %), että se ei riitä laskemaan teurastuksen jälkeistä pH-arvoa normaalille tasolle.

4.2.5 Teurastusta edeltävä paasto

Ennen teurastusta sioille suoritetaan paasto, mikä tarkoittaa, että niitä ei ruokita neljän tunnin sisällä ennen teuraiden hakemista (Partanen & Perttilä, 2007, s. 82). Tämä käytäntö vähentää kuljetuksen aikaisia kuolemantapauksia, sillä paastonneiden sikojen riski menehtyä kuljetuksen aikana on pienempi kuin juuri ennen kuljetusta syöneiden sikojen. Lisäksi paastoaminen vähentää teurastusprosessin hygieniariskejä, koska täysi maha voi aiheuttaa kontaminaatiota teurastuksen aikana.

Paasto estää suolen repeämisen, jolloin mikrobiologinen kontaminaatio teurastuksessa vältetään (Witmann ym., 1994, s. 66, s. 257-266). Lisäksi paasto alentaa lihasten glykogeenipitoisuutta, koska sioilla on taipumus kerryttää lihaksiin enemmän glykogeenia kuin normaalisti tarvittaisiin pH:n laskemiseksi. Kuljetuksen ja muiden mahdollisten teurastusta edeltävien stressitekijöiden vuoksi maksa pystyy palauttamaan glykogeenivarat normaalille tasolle.

4.3 Post mortem tekijät

Niemistön (2016) mukaan post mortem -tekijät puolestaan liittyvät sianlihan käsittelyyn ja prosessointiin teurastuksen jälkeen. Teurastusprosessi ja sen jälkeen tapahtuvat prosessit, kuten ruhojen jäähdytys, lihan raakakypsytytys, pakkaaminen ja hygieeninen käsittely, vaikuttavat lihan laatuun. Oikea jäähdytys- ja kypsentämisprosessi ovat ensiarvoisen tärkeitä lihan laadun kannalta. Väärä jäähdytysnopeus tai kypsennysmenetelmä voi vaikuttaa lihan rakenteeseen ja mehevyyteen.

4.3.1 Kuljetus

Teurastusstressillä tarkoitetaan stressiä, jota siat kokevat ennen teurastusta (Lihatiedotus, i.a.). Stressi voi johtua useista tekijöistä, kuten kuljetuksesta, käsittelystä tai sosiaalisista ryhmistä eroamisesta. Teurastamossa eläinten stressiä pyritään vähentämään kaikin tavoin hyödyntämällä eläinten normaalia käyttäytymistä, luontaista uteliaisuutta ja

laumavaistoa. Eläinten kulkureitit, valaistus, väritys ja ilmastointi suunnitellaan jo tilojen rakennusvaiheessa niin, että eläinten siirtyminen kuljetusautosta tainnutuspaikalle tai navettaan sujuu mahdollisimman rauhallisesti ja häiriöttömästi.

Teurastukseen liittyvä stressi voi aiheuttaa merkittäviä vaikutuksia eläinten hyvinvointiin ja taloudellisiin näkökohtiin (Peres, ym., 2014, s. 363-368). Stressistä kärsivät siat voivat altistua immuunijärjestelmän heikentymiselle, fyysisille vammoille sekä hidastuneelle kasvulle ja vähentyneelle tuottavuudelle. Teurastukseen liittyvä stressi voi vaikuttaa haitallisesti lihan laatuun useilla tavoilla. Se heikentää lihan vedenpidätyskykyä ja nostaa sen pH-arvoa, mikä johtaa lihan säilyvyyden ja maun heikkenemiseen. Näiden muutosten seurauksena lihan laatu heikkenee.

Kuljetuksessa pyritään minimoimaan eläimen stressi, koska sillä on suuri vaikutus lihan laatuun (Puolanne, 2019, s. 44). Eläinten kuljetusta sääntelevät lait, ja kuljettajien koulutus on tässä keskeistä. Kuljettajan tehtävänä on varmistaa, että eläinten lastaus suoritetaan asianmukaisesti, että eläintiheys on sopiva ja että ajo on rauhallista. Lisäksi on tärkeää huolehtia tehokkaasta ilmanvaihdosta koko kuljetuksen ajan.

Kuljetuksen jälkeen siat tarvitsevat lepoa 2-4 h teurastamon navetassa palautuakseen kuljetuksesta (Puolanne, 2019, s. 47). Ruumiinlämpötilaa voidaan laskea noin 1–3 °C hienopisaraisen suihkun avulla. Tainnutukseen ajo voi olla sioille myös hyvin stressaava kokemus, joten tilanteesta tulisi tehdä sioille rauhallinen.

4.3.2 Teurastuksen jälkeinen aineenvaihdunta

Erilaiset järjestelmät, kuten entsyymit ja hormonit, työskentelevät yhdessä säilyttääkseen tämän homeostaasisapainon (Puolanne, 2019, s. 34). Homeostaasi viittaa elimistön kykyyn ylläpitää sisäistä tasapainoa ja fysiologista vakaustilaa. Kuoleman jälkeen näillä järjestelmillä on tärkeä tehtävä estää lihaksen pH-arvon äkilliset muutokset. Homeostaasisissa elimistö pyrkii pitämään ATP:n tason 8-10 µmol/g.

Teurastuksen jälkeen verenkierto ja hermoärsykkeet lakkaavat, jolloin lihassyyt jäävät yksin toimimaan (Puolanne, 2019, s. 34). Tällöin lihaksen säätelyjärjestelmät jatkavat ATP-tason ylläpitämistä. Ensimmäiset 1-10 minuuttia teurastuksesta lihas käyttää hapen avulla saatua energiaa, jonka jälkeen se siirtyy anaerobiseen energiantuotantoon. Tämä aiheuttaa pH-arvon laskun. Vielä teurastuksen jälkeen ATP:ta kuluu kuitenkin mm. lihaksen perusaineenvaihdunnan vuoksi. Teurastuksen jälkeen lihassyyt pyrkivät edelleen säilyttämään ATP-tason tasaisena useiden tuntien ajan.

Siinä vaiheessa, kun ATP-tasot alkavat laskea, tapahtuu reaktio, jossa aktiini ja myosiini sitoutuvat toisiinsa (Puolanne, 2019, s. 36-37). Kun ATP-tasot saavuttavat kriittisen alhaisen tason, näitä sidoksia ei enää voida katkaista, ja lihas alkaa jähmettyä, mikä tunnetaan rigor mortis -ilmiönä. Tämä johtaa lihaksen jäykistymiseen ja vähentää sen venymiskykyä. Homeostaasi loppuu, kun pH-arvo on laskenut tarpeeksi ja ATP-tasot ovat lähes loppuneet. Rigor mortis alkaa siolla noin 3-6 tunnin kuluttua teurastuksesta.

4.3.3 Jäähdytys

Sianruhon nopea jäähdytys alle 10°C:een teurastuksen jälkeen on välttämätöntä mikrobiologisen turvallisuuden ja lihan laadun säilymisen osalta (Lawrie, 1998, s. 206). Nopean jäähdytyksen saavuttamiseksi edellytetään suurta ilmannopectta. Jäähdyttämisen alussa ilmannopectus voi olla 180 m/min. Kun lihan ja pinnan välinen lämpötilaero pienenee, ilmannopectus on pienennettävä lihan kuivumisen välttämiseksi. Ilmaa, joka on ylikyllästetty vesihöyryllä ja liikkuu suurella nopeudella, on käytetty minimoimaan haihtumista kuumilta puolilta, kun se tarjoaa suuren lämmönpoistokapasiteetin. Ruhon koosta riippuen, tavoitellun 4–7 °C keskilämpötilan saavuttaminen voi kestää jopa 24-48 tuntia.

4.3.4 Leikkaus ja pakkaaminen

Puolanteen (2019, s. 58) mukaan Suomessa lihan käsittely teurastuksen jälkeen tapahtuu pääasiassa seuraavana työpäivänä, paitsi jos ruhot päätetään pakastaa. Prosessi aloitetaan karkeapaloittelulla, jossa ruho leikataan neljänneksiksi. Leikkausvaihtoehdot

valitaan usein markkinatilanteen mukaan. Tyypillisesti ruhosta poistetaan ensin niin sanotut arvopalat, kuten fileesekä, kyljykset ja kinkut, mikä vastaa tavanomaista myymäläpaloittelua. Muut ruhon osat, jotka on tarkoitettu lihavalmisteiksi, leikataan luuttomiksi lihalajitelmiksi. Nämä lihalajitelmat eroavat toisistaan teuraseläinlajeittain niiden rasva- ja sidekudospitoisuuden perusteella. Yleensä kullekin teuraseläinlajille on 5-9 erilaista lihalajitelmaa. Lajittelu tehdään sen mukaan, mihin tarkoitukseen lihaa käytetään. Lajittelusta lihasta voidaan valmistaa erilaisia tuotteita, jotka eroavat toisistaan sekä laadun että hinnan suhteen.

Laukkasen (2007, s. 338-339) mukaan oikeanlaisella pakkaustavalla voidaan tehokkaasti estää bakteerien kasvua. Eniten käytössä ovat suojakaasu- ja tyhjiöpakkaukset. Suojakaasupakkauksissa yleisimpiä käytettäviä kaasuja ovat hiilidioksidi, typpi ja happi. Tärkein käytettävistä kaasuista on hiilidioksidi, sillä se hidastaa lihan pilaajamikrobien kasvua ja yli 20% pitoisuuksina se toimii myös bakteerien kasvun hidastajana. Vaikutus tehostuu lämpötilan laskiessa, koska se liukenee tuotteeseen sitä paremmin, mitä alhaisempi on lämpötila. Hiilidioksidi estää parhaiten kasvua alle 5 °C:ssa.

Typen tehtävä on syrjäyttää happi pakkauksessa ja säilyttää pakkaus tasapaineisena (Laukkanen, 2007, s. 339). Yleensä hapesta halutaan eroon lihapakkauksessa, koska se lisää mikrobien kasvua ja aiheuttaa härskiintymistä. Suuria happipitoisuuksia (80%) käytetään kuitenkin punaisen lihan pakkaamisessa, jotta punainen väri säilyisi mahdollisimman pitkään. Hapen sitoutuessa myoglobiiniin, se muodostaa oksimyoglobiinia, joka saa aikaan lihan helakanpunaisen värin.

5 LIHAN RAKENNE JA OMINAISUUDET

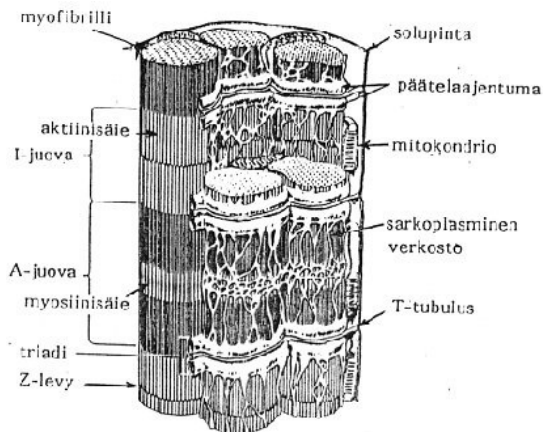
Lihan rakenne määrittää pitkälti sen, minkälaista liha on laadultaan (Lihakeskusliitto, i.a). Teurastuksen jälkeen lihassolut jatkavat toimintaansa, niin kauan kuin niillä on käytettävissä lihaksen sisäistä energiaa eli glykogeenia. Hapettomassa aineenvaihdunnassa energiaa saadaan glykogeenia ja lopputuotteena syntyy maitohappoa. Lihas koostuu lihas-, rasva- ja sidekudoksesta ja niillä kaikilla on oma tehtävänsä lihaksessa.

5.1 Lihaskudos ja lihaksen kasvu

Lihaskudosta on kolmea tyyppiä: poikkijuovaista lihasta, sydänlihasta ja sileää lihasta. Lihaskudos koostuu lihassoluista, verisuonista, hermoista ja erilaisista kalvoista, jotka ympäröivät lihassoluja ja niiden ryhmiä (Solunetti, 2006). Elimistössä lihaskudoksen pääasiallinen tehtävä on tuottaa liikettä. Liike syntyy, kun hermoimpulssi saa lihassolut supistumaan. Lihassolut pystyvät muuttamaan adenosiinitrifosfaatista (ATP) saatua energiaa mekaaniseksi energiaksi, mikä on olennaista lihasten toiminnalle. Lihasten supistuminen perustuu pääasiassa aktiinin ja myosiinin väliseen vuorovaikutukseen. Lihassoluja ympäröi kalvorakenne, joka yhdistää ne toiminnallisiksi kokonaisuuksiksi.

Poikkijuovainen lihas vastaa tahdonalaisesta liikkeestä, ja se saa nimensä siitä, että mikroskoopilla katsottaessa sen säikeet, eli myofibrillit, muodostavat selviä poikkijuovia (Solunetti, 2006). Poikkijuovaisen lihaksen solut erilaistuvat kantasolujen ansiosta fuusion kautta, jolloin syntyy monitumaisia soluja, jotka voivat sisältää satoja tumia.

Sileä lihas ei sisällä poikkijuovia ja sitä löytyy esimerkiksi verisuonten, suoliston, kohdun ja virtsarakon ympäriltä (Solunetti, 2006). Sydänlihas puolestaan on erityinen lihaskudostyyppi, koska sitä löytyy vain sydäimestä. Sydänlihaksella on sekä poikkijuovaisen että sileän lihaksen ominaisuuksia. Sydän- ja sileä lihas kehittyvät kantasoluista ja ne ovat yksitumaisina. Kuvassa 3 on esitetty poikkijuovaisen lihassolun rakenteelliset osat.



Kuva 3. Poikkijuovainen lihassolu (Solunetti, 2006).

5.2 Lihan kemiallinen koostumus

Frediksson-Ahomaan ja Korkealan (2007, s. 185) mukaan sianlihan kemiallinen rakenne vaihtelee sian ruhon eri osien välillä. Liha koostuu kuitenkin pääasiassa vedestä, proteiineista ja rasvoista. Liha sisältää useita erilaisia proteiineja, joista tärkeimpiä ovat lihassolujen rakenteeseen liittyvät proteiinit kuten myosiini ja aktiini. Proteiinit ovat välttämättömiä lihaskudoksen rakentamisessa ja korjaamisessa. Myosiini ja aktiini muodostavat yhdessä sarkomeerin eli lihaksen toiminnallisen yksikön. Kollageeni on sidekudosproteiini, joka toimii kalvojen ja jänteiden rakennusaineena. Elastaania on erityisen paljon jänteissä. Sidekudosproteiinit vaikuttavat lihan mureuteen ja sidekudospitoisuus vaihtelee ruhon osasta riippuen.

Veden osuus sianlihassa on keskimäärin noin 75 % (Frediksson-Ahoma, Korkeala, 2007, s. 185). Vesi on välttämätön lihan mehukkuuden ja rakenteen kannalta. Hiilihydraatit koostuvat pääosin glykogeenista, jonka tehtävänä on toimia lihasten energianlähteenä. Vitamiinit koostuvat vesiliukoisista B- ja C-vitamiineista ja rasvaliukoisesta A-vitamiinista. Kivennäisaineita on lukuisia, kuten rautaa, rikkiä, sinkkiä ja seleeniä.

Frediksson-Ahoma ja Korkeala (2007, s. 185) määrittelevät, että liha sisältää kudorasvaa ja varastorasvaa. Varastorasva sijaitsee rasvakudoksen sidekudoksen ympärillä,

kun taas kudonrasva on lihaksen sisällä. Rasvapitoisuus vaihtelee iän, sukupuolen ja ruokinnan mukaan ja ne voivat olla joko tyydyttyneitä (kovia rasvoja), monitydyttymättömiä (pehmeitä rasvoja) tai kertatyydyttymättömiä rasvahappoja. Sianlihan merkittävimmät tyydyttymättömät rasvahapot ovat öljy- (37–42 %) ja linolihappo (3–12 %). Tärkeimmät tyydyttyneet rasvahapot ovat puolestaan palmitiini- (23–24 %) ja steariinihappo (13–20 %). Pehmeät rasvat ovat alttiimpia härskiintymiselle, joka tarkoittaa hapen aiheuttamaa laadun heikkenemistä lihassa.

Lihakkuus tarkoittaa lihaskudoksen osuutta suhteessa muihin kudoksiin, kuten rasvaan, sidekudokseen ja luuhun. Tarkemmin ottaen hyvä lihakkuus lihassa tarkoittaa, että liha sisältää suuremman osuuden lihaskudoksesta verrattuna rasvaan ja sidekudokseen. Lihakkuus voi vaihdella rotujen ja perimän mukaan (Partanen & Perttilä, 2012, s. 87). Lihakkuudella on merkitystä lihan makuun, tekstuurin ja ruoanvalmistusominaisuuksiin liittyen. Teurastamoissa lihakkuus saadaan yleisemmin selville Autofom-laitteistolla, jonka perusteella ruhot voidaan luokitella (Niemi, 2016).

Niemi (2016) mukaan ruholuokitus on tehokas työkalu teurastamojen hinnoittelussa ja tuotannonohjauksessa. Kasvattajille se on keskeinen väline taloudellisen tuloksen optimoinnissa, koska teurastamot määrittelevät lihantuottajalle maksettavan summan ruhon painon ja ruholuokituksen perusteella. Suomessa ruhojen laatuluokitus on lakisääteistä, mikä edellyttää kaikkien sian-, naudan- ja lampaanruhojen luokittelusta EU-ROP-järjestelmän mukaisesti.

5.3 Lihaksen muuttuminen lihaksi

Fredriksson-Ahomaan ja Korkealan (2007, s. 186) mukaan kuoleman jälkeen lihaksiin ei enää kulkeudu uutta happea ja energiaa. Tällöin alkaa anaerobinen glykolyysi ja lihas muuttuu lihaksi. Kun glykogeeni hajoaa anaerobisesti, lihaan kertyy maitohappoa, joka laskee pH:ta. Kun lihaksen pH laskee, lihas muuttuu lihaksi.

Partasen ja Perttilän (2012, s. 86) mukaan lihan hapettuminen teurastuksen jälkeen on välttämätöntä sen säilyvyyden ja käsittelyn kannalta, sillä hapettuminen estää mikrobien kasvua ja parantaa siten lihan säilyvyyttä. Samalla liha alkaa mureutua, kun sen entsyymit aloittavat proteiinien hajottamisen. Kyseisen proteiinien pilkkomisprosessin tärkeimpiä osallistujia ovat proteolyttiset entsyymit, kuten katepsiinit ja kalpaiinit.

Nämä proteiinit aloittavat toimintansa happamissa olosuhteissa, eli kun pH on noin 5,5. Jos pH on liian korkea, liha ei mureudu lainkaan (Partanen, Perttilä, 2012, 86). Raakakypsyminen kestää sianlihassa noin 3-6 vuorokautta (Fredriksson-Ahomaa, Korkeala, 2007, s. 186).

5.4 Lihan marmoroituminen

Esteven ym. (2016) mukaan lihaksen sisäinen rasva eli marmoroituminen liittyy sen makuun, mehukkuuteen ja pehmeeyteen sekä suoraan lihaksensisäiseen rasvapitoisuuteen. Marmoroinnin nimi liittyy rasvajuoviin, jotka muistuttavat marmorikuviota. Lihaan, jossa on paljon marmoroitumista, odotetaan olevan parempi aistinvarainen laatu. Marmoroinnilla tarkoitetaan hienoja rasvapilkkuja, joita esiintyy punaisen lihan lihaksissa. Se on kerrostunut epätasaisesti ruhon eri osiin. Marmorointi on viimeinen rasvakerrostuva rasva, joten se on ensimmäinen rasva, jota eläin käyttää energiavarastoon. Lihan marmoroinnin maksimoimiseksi on oltava erittäin tarkkoja sikojen ruokavalion laadun osalta.

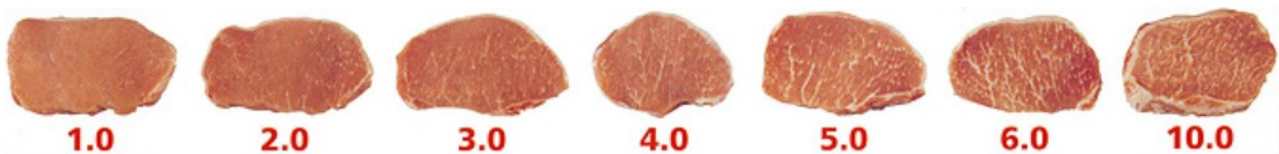
Lihaksen sisäinen rasva sijaitsee lihassäekimppujen ja lihassolujen sisällä olevan rasvan välissä. Ne koostuvat suurelta osin solukalvoissa olevista lipidistä ja rakkuloissa olevista lipidipisaroista (Cassens, ym., 1971; Gandemer 1999). Marmorointi voi olla joko karkeaa (suuret kerrostumat) tai hienojakoista (pienet kerrostumat) ja sen jakautuminen voi olla tasaista, joka kattaa koko lihaksen, tai epätasainen, peittäen vain osia lihasta (Jones ym., 1992, s. 7).

Rasvahiukkasten kokoa, lukumäärää ja jakautumista tarkastellaan marmorointipisteiden avulla (Jones ym., 1992, s. 7). Suuret hiukkaset saavat vain hieman enemmän arvoa

kuin pienet hiukkaset. Lisäksi suuret hiukkaset, jotka ovat välittömästi ihonalaisen tai lihaksenvälisen rasvan vieressä, eivät saa arvoa.

Jonesin ym. (1993, s. 7) mukaan lihan marmoroinnin arvioinnissa käytetään viittä eri tasoa, jotka kuvaavat kunkin tason vähimmäismarmorointiastetta. Lihaspintoja verrataan valokuvastandardeihin, joissa marmorointipisteet perustuvat usein standardiin, joka sisältää hieman vähemmän marmorointia kuin näyte. Rajatapauksissa otetaan huomioon rasvahiukkasten koko ja jakautuminen. Tämä mahdollistaa tarkan ja objektiivisen marmoroinnin arvioinnin lihatuotteissa. Valokuvastandardit auttavat yhdenmukaistamaan arvioinnin, ja erityisesti rajatapauksissa rasvahiukkasten koko ja jakautuminen ovat tärkeitä tekijöitä lopullisen marmorointipisteen määrittämisessä.

Wittemoren (1998, s. 25) mukaan kuluttajien mieltymykset kuitenkin vaihtelevat ja nykyään on selvä suuntaus kuluttaa yhä enemmän vähärasvaisia tuotteita, minkä seurauksena lihan aistinvarainen laatu heikentyy, koska vähärasvainen liha on taipuvainen sitkeämmäksi. Lihantuntija, joka arvostaa rasvaisuutta ja makua, voi arvioida laadun eri tavoin kuin kuluttaja, joka suosii vähärasvaisuutta ja mureutta. Rasva ja raakakypsytytys auttavat ehkäisemään sitkeyttä lihassa. Kuitenkin oikea kypsennysmenetelmä on ratkaiseva tekijä syöntilaadun kannalta. Kuvassa 4 on esitettyä eri marmoroitumisen tasot asteikolla 1–10.



Kuva 4. Sianlihan marmoroituminen asteikolla 1-10 (National Pork Board 2010).

5.5 Vedenpidätyskyky lihaksessa

Puolanteen (2019) mukaan vedenpidätyskyky merkitsee lihan kykyyn pidättää vettä, (joko omaa tai lisättyä), riippumatta ulkoisista paineista tai vaikutuksista. Lihas koostuu pääasiassa vedestä, jonka osuus on noin 75 %, proteiinit muodostavat toisen merkittävän osan,

noin 20 %, kun taas lipidit tai rasvat muodostavat noin 5 %. Hiilihydraatteja 1%, vitamiineja ja kivennäisaineita n. 1 %. Suurin osa lihaksen sisältämästä vedestä varastoituu sen rakenteeseen. Vettä on myös lihassolujen ja lihaskimppujen välissä, jotka ovat lihassoluryhmiä (Offer & Knight, 1988, s. 172-243).

Jos liha tai -tuotteet eivät pidätä hyvin vettä, ne menettävät paljon kosteutta (Aslyng, 2002, s. 157-174; Woelfel ym., 2002, s. 579-584). Tämä voi johtaa huomattavaan painon menetykseen ruhoista ja lihapaloista, mikä puolestaan samalla vaikuttaa prosessoitun lihan saantoon ja laatuun.

Veden ja rasvapitoisuuden välillä on suora yhteys siten, että rasvaprosentin kasvaessa vesiprosentti pienenee (Fredriksson-Ahomaa & Korkeala, 2007, s. 185). Lisäksi koska 85 % lihassolun tilavuudesta on myofibrillejä, suurin osa vedestä liittyy myofibrilleihin (Huff-Longergan & Longergan, 2005, s. 194-204). Noin 1 % lihan vedestä luokitellaan ”sidotuksi” vedeksi, ja se on tiukasti sitoutunut proteiineihin.

Puolanteen (2019, s. 38) mukaan sitoutunut vesi voidaan ryhmitellä seuraavanlaisesti:

– Polaarisiin (sähkövarauksellisiin), jossa sitoutunutta vettä on noin 4 %-yks. Se monomolekulaarisen kerroksen, joka koostuu yhdestä vesimolekyylin paksuisesta kerroksesta. Tämä vesi on tiukasti kiinni polaarisisissa ryhmissä, koska se on sähkövaraisten voimien avulla sitoutunut.

– Multimolekulaarinen kerros, joka sijaitsee monomolekulaarisen kerroksen päällä ja kattaa noin 8 %-yks sitoutuneesta vedestä. Se on 2–3 molekyylin kerroksen paksuinen ja kiinnittyy sähkövarauksen avulla polaarisiin kerroksiin.

– Kapillaarikondensaatioalue, joka on noin 6–8 %-yks. Ei ole varsinaisesti sitoutunutta vettä, sillä lihassa esiintyvät kapillaarit, joissa kapillaarivoimat vaikuttavat luonnollisesti.

Toista lihassa olevaa veden osaa kutsutaan ”suljetuksi” tai immobilisoiduksi vedeksi (Fennema, 1985). Immobilisoitunutta vettä on lihassa yleensä noin 55–60 %. Se voi olla

peräisin itse lihasta tai siihen lisättyä. Olosuhteiden muuttuessa osa tästä immobilisoituneesta vedestä voi muuttua vapaaksi vedeksi ja valua pois lihasta. Loput 3–8 % on vapaata vettä, joka poistuu lihasta suhteellisen helposti (Puolanne, 2019, s. 38).

Keto-Timosen (2007, s. 324) mukaan suolan (NaCl) lisäämisellä voidaan alentaa lihan vesiaktiivisuutta (a_w), mikä puolestaan estää mikrobien kasvua. Jos suola liukenee hitaasti ja ei läpäise soluseinämää samalla kun lihan veden aktiivisuus on alhainen, mikrobi menettää vettä, kunnes tasapaino saavutetaan uudelleen. Tämä johtuu mikrobien pyrkimyksestä saavuttaa osmoottinen tasapaino ympäristönsä kanssa.

Keto-Timosen (2007, s. 324) havainnot osoittavat, että hypertonisessa ympäristössä, jossa ympäröivän liuoksen liuenneiden aineiden (esim. NaCl) pitoisuus on korkeampi kuin solun sisällä, vettä siirtyy mikrobisolusta enemmän ulos, kuin siihen ehtii siirtyä takaisin. Tämä aiheuttaa plasmolyysiä soluissa, mikä johtaa ja mikrobien kasvun hidastumiseen. Vastaavaa plasmolyysiä voidaan havaita lihassoluissa, jossa suolan vaikutuksesta liha kuivuu ja mikrobien kasvu estyy. Mikrobit ovat erilaisia sopeutumiskyvyltään: osa niistä pystyy palauttamaan menetetyn veden takaisin ja selviytymään siten alhaisessa vesipitoisuudessa paremmin kuin toiset.

Proteiinien denaturaatio vaikuttaa myös osaltaan vedenpidätyskykyyn (Honikel, ym., 1983). Sekä myofibrillaariset että sarkoplasmaiset komponentit denaturoituvat kuoleman jälkeen. Tähän vaikuttaa erityisesti pH:n lasku, lämpötila ja oksidatiivinen heikentyminen. Näiden tekijöiden yhdistelmä määrittää, kuinka paljon proteiinit denaturoituvat.

6 pH

pH-arvolla on tärkeä merkitys lihan laadun määrittämisessä (Atlas Scientific, 2018). Oikean pH:n avulla voidaan varmistaa, että liha on tuoretta, mureaa ja mehukasta. pH ilmaistaan asteikolla 0-14. Mitä happamampi, eli mitä korkeampi lihan pH on, sitä huonommin ja valikoivimmin mikrobit siinä viihtyvät. Eri happoja, (kuten sitruuna-, omena-, maitohappoja) käyttämällä voidaan laskea pH:ta, jolloin säilyvyys paranee.

Elävän eläimen pH on lähes neutraali, noin 7,2. Lihaksen pH:n laskunopeus ja sen muuntuminen lihaksi säätyvät post mortem -aineenvaihdunnan intensiteetin mukaan (Partanen & Perttilä, 2007, s. 86). Tyypillisesti pH laskee noin 6,2:een jo tunnin kuluessa teurastuksesta. Vuorokauden kuluttua teurastuksesta normaalin sianlihan pH on noin 5,5.

Yksi tärkeimmistä lihan pH-arvoon vaikuttavista tekijöistä on eläimen ikä teurastushetkellä (Atlas Scientific, 2018). Nuorten eläinten pH-arvo on korkeampi ja vanhempien eläinten pH-arvo on alhaisempi. Tämä johtuu siitä, että nuorilla eläimillä on lihaksissa enemmän glykogeenia, joka muuttuu teurastuksen jälkeen maitohapoksi ja nostaa pH-arvoa. Sitä vastoin vanhemmilla eläimillä on vähemmän glykogeenivarastoja, ja ikääntyminen nopeuttaa glykogeenin hajoamista lihaksissa, jolloin pH laskee. Lihan pH:n lasku korreloi siis eläimen glykogeenipitoisuuden entsyymaattisen hajoamisen kanssa.

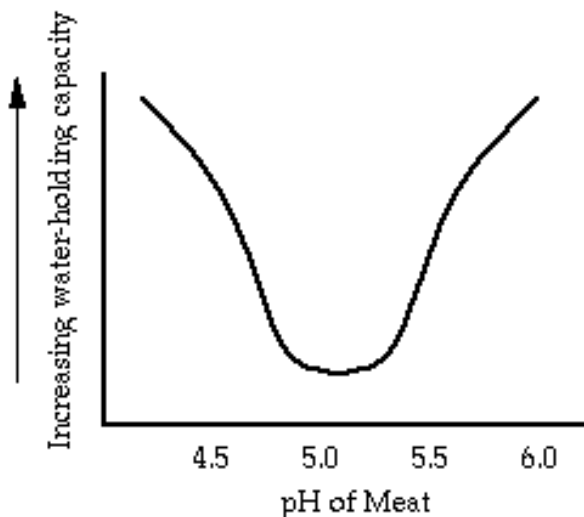
Ruokavalio on myös ratkaisevassa asemassa lihan pH-arvossa (Atlas Scientific, 2018). Jos ruokinta koostuu runsaasti hiilihydraatteja sisältävästä ruokavaliosta, lihakseen varastoituneen glykogeenin määrä kasvaa, jolloin pH on teurastuksen jälkeen korkeampi. Toisaalta vähähiilihydraattinen ruokavalio vähentää glykogeenin määrää ja laskee pH:ta. Glykogeenin määrään vaikuttaa siis voimakkaasti eläimen teurastusta edeltävän kuukauden aikana syömän rehun määrä ja laatu. Tämän vuoksi ennen teurastusta suoritetaan paastoaika, jotta glykogeenin taso saataisiin pysymään alhaalla ja vältetään laatuvirheitä.

6.1 pH ja vedenpidätyskyky

Proteiinit ovat vastuussa veden sitomisesta lihaksissa (Partanen & Perttilä, 2012, s. 86). Erityisesti myofibrillaariset proteiinit (aktiini ja myosiini) sitovat vettä, joihin pH vaikuttaa.

Solutasolla nesteen poistumiseen lihassa vaikuttaa lihaksien sisällä myofilamettihilan kutistuminen, joka poistaa lihaksesta vettä (Lawrie & Toldrá, 2017, s. 423-424). Jos pH pienenee, myös myofibrillien proteiinien nettovaraus pienenee ja filamentit lähestyvät toisiaan aiheuttaen myofibrillien poikittaista kutistumista (vettä poistuu enemmän).

Vesi on dipolaarinen molekyyli, jolla on taipumusta sitoutua proteiineihin, joilla on nettovaraus (Lawrie & Toldrá, 2017, s. 424). Lihaproteiineilla ei ole nettovarausta pH:ssa 5,1 ja tätä pistettä kutsutaan isoelektriseksi pisteeksi. Lihan pH:n lähestyessä tätä alhaista pH-arvoa, vedenpidätyskyky huononee. Mitä matalampi pH, sen huonompi vedensidonta. Kuva 5 havainnollistaa pH:n ja vedenpidätyskyvyn välistä suhdetta.



Kuva 5. Vedenpidätyskyky huononee pH:n lähestyessä isoelektristä pistettä (Schad, 2020).

6.2 pH ja väri

Lihan ensisijaisesti väriin vaikuttavan myoglobiinin taso (punaisuus) on sidoksissa lihan happamuuden tason kanssa (Partanen & Perttilä, 2012, s. 86). Kun pH on alle 6, liha on väriltään helakan punaista. Liian matala lihan pH liittyy vaaleaan lihan väriin.

Kun pH laskee nopeasti ennen kuin liha on merkittävästi jäähtynyt, tapahtuu sarkoplasman osittainen denaturoituminen (Huff-Lonergan et ym., 2002; Smith ym., 2011). Tämä vaikuttaa ensisijaisesti pigmenttiproteiini myoglobiinin denaturoitumiseen, mikä heikentää lihan väriä. Erityisesti äärimmäisissä olosuhteissa myofibrillaaristen proteiinien denaturoituminen voi muuttaa lihan väriä, koska nämä rakenteet alkavat heijastaa enemmän valoa. Tämä ilmiö johtaa yleisesti ottaen vaaleampaan väriin lihassa, kun lopullinen pH on alhainen.

Tuoreen lihan väriin vaikuttaa merkittävästi sen sisällä tai pinnalla olevan veden määrä (Brewer, 2012). Alhaisella pH-arvolla (< 5,4) olevat lihaproteiinit eivät kykene sitomaan vettä tehokkaasti, mikä johtaa vapaan veden määrän lisääntymiseen kudoksessa. Tämä vapaa vesi heijastaa ja hajottaa valoa moniin suuntiin, mikä tekee lihasta vaaleamman näköisen. Korkeamman pH-arvon myötä proteiinit sitovat vettä tiukemmin, mikä vähentää valon hajontaa ja tekee lihasta tummemman.

6.3 pH-arvon laatuongelmat

Niin kuin aiemmin todettiin, lihasten glykogeenin aineenvaihdunta on ensiarvoisen tärkeää tuoreen sianlihan laatuominaisuuksien muodostumisessa ja lihaksen kehityksessä. Verenpoiston jälkeen lihaksen energian ja hapen saanti loppuu, jolloin glykogeenista tulee ainoa käytettävissä oleva energianlähde lihaksen jälkeiseen vaiheeseen (Puolanne, 2019). Hapen puutteessa glykogeenin hajoamisen sivutuotteena syntyy maitohappoa, mikä laskee lihan pH-arvoa. Glykogeenin määrä lihaksessa teurastushetkellä vaikuttaa merkittävästi lihan pH:n laskun laajuuteen; mitä enemmän glykogeeniä, sitä suurempi potentiaali alhaiseen pH-arvoon.

6.4 PSE-liha

PSE-liha (engl. pale, soft, exudative) on termi lihasta, joka on vaaleaa, pehmeää ja vetistä. Viiallinen tila johtuu teurastusta edeltävästä stressistä, jolloin aineenvaihdunta toimii nopeasti vielä teurastuksen jälkeen, kun ruhon lämpötila on vielä koholla (Puolanne, 2019). Eläimen stressaantuessa ennen teurastusta lihakset vapauttavat adrenaliinia ja lihassupistukset kuluttavat lihasten glykogeenivarastot. Maitohappoa alkaa muodostumaan nopeasti ja lihan rakenneproteiinit denaturoituvat, jolloin pH laskee 5,4-5,8 n. tunnin päästä teurastuksesta. Nämä tekijät yhdessä muuttavat vettä sitovien proteiinien rakennetta ja lihaksesta pääsee valumaan tavallista enemmän vettä pois. PSE-lihan käyttöarvo alenee sen suuren valuman takia. PSE-liha voi olla myös perinnöllistä, mutta sitä aiheuttava geeni (halotaanigeeni) on saatu poistettua jalostuksen avulla.

PSE-lihassa teurastuksen jälkeinen ruhon korkea lämpötila ja alhainen pH-arvo yhdessä aiheuttavat sarkoplasman liukoisten proteiinien denaturoitumisen (Puolanne, 2019). Siten ne koaguloituvat ja heijastavat valoa ennen kuin valo kohtaa myoglobiinin. Lisäksi osa myoglobiinista denaturoituu ja menettää värinsä, mikä vaikuttaa siihen, että lopputuloksena on PSE-liha.

6.5 Teurastusta edeltävän paaston vaikutus pH-arvoon

Ruokinnan säätelyllä voidaan vaikuttaa lihasten glykogeenivarastoihin, mikä parantaa merkittävästi tuoreen sianlihan väriä ja vedenpidätyskykyä (Wittman ym., 1994, s. 66, s. 257-266). Tutkimus osoittaa, että rehun määrän vähentäminen 16–36 tuntia ennen teurastusta vähentää tehokkaasti pitkittäislihaksen glykogeenipitoisuuksia ja nostaa lihasten alkuperäistä ja lopullista pH-arvoa. Tämä johtaa halutumpaan lihaväriin ja parantaa tuoreen sianlihan vedenpidätyskykyä. Tulokset osoittavat, että paastoaminen on hyödyllistä enintään 24 tuntiin asti, mutta pidempien paastojaksojen osalta ei ole havaittu lisähyötyjä.

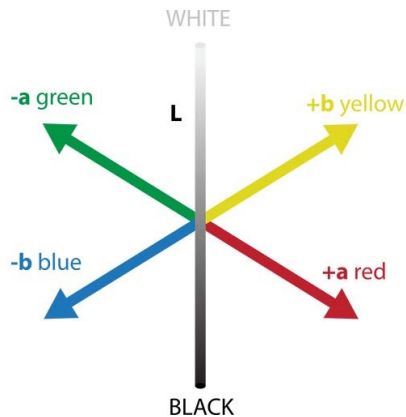
7 Väri

Väri on sianlihan laadun indikaattori ja kuluttajat käyttävät sitä ensisijaisena vihjeenä ostopäätöksiä tehdessään (Mancini & Hunt, 2005, s. 100-121). Lihan väriin vaikuttavat pH, teurastus, varastointi, lihan kypsytyks, ruokinta, vedenpidätyskyky ja lihaskudoksen tyyppi. Lihan väriä mitataan Minolta-mittarilla, jolla pystytään mittaamaan lihasta heijastuvan valon määrää (Partanen & Perttilä, 2012, s. 86). Mittarin CIELAB-väriasteikko perustuu kolmeen väriparametriin, jonka avulla selville lihan vaaleus (L^*), sen punaisuus (a^*) ja keltaisuus (b^*). L^* -arvo on tärkeä värin indikaattori, sillä L^* -arvon ollessa alle 54, liha on väriltään hyvää.

Positiivinen L^* -arvo lihassa kuvastaa sen vaaleutta ja negatiivinen arvo puolestaan tummuutta (Aalhus & Hui, 2012, s. 82-83). a^* -arvo kuvaa punaisuutta tai vihreää sävyä. Positiivinen a^* -arvo viittaa sianlihan punertavaan väriin. Positiivinen b^* -arvo kuvastaa keltaista väriä ja negatiivinen sinistä väriä. Kuva 6 havainnollistaa L^* -arvon vaikutusta lihan tummumiseen ja kuvassa 7 on esitetty CIELAB-väriavaruus, jossa L^* , a^* ja b^* kuvastavat eri värisävyjä väriavaruudessa.



Kuva 6. Sianlihan tummuusaste L^* -arvon mukaan (National Pork Board 2010).



Kuva 7. CIELAB-väriavaruus (Datacolor, i.a.).

Lihan väri voidaan arvioida myös värikorttimenetelmällä. C-kortti on työkalu, jota käytetään lihan värin määrittämiseen 1 (vaalea) – 6 (tumma). Se perustuu visuaaliseen arviointiin standardoidulla värikortilla, joka mahdollistaa värisävyn vertailun ja arvioinnin. C-kortti sisältää useita värisävyjä tai värinäytteitä, jotka vastaavat erilaisia lihan värejä. Näitä värinäytteitä käytetään referenssin värin määrittämiseen.

7.1 Värin muodostuminen

Väri syntyy, kun silmä havaitsee energiaa näkyvän valon alueella (400-700 nm) (Hunter, 1986). Väriä luova energia sisältyy valoon (Brewer, 2012). Pigmentit ovat molekyylejä, jotka absorboivat tiettyjä valon aallonpituuksia, jotka valaisevat kohteen. Valon aallonpituuksia, jotka absorboituvat, ei havaita, kun taas heijastuneen valon aallonpituudet tuottavat näkemämme värit. Jotta väri olisi näkyvässä, sen täytyy sisältyä heijastuneeseen valoon, eli sen on oltava läsnä alkuperäisessä, kohteeseen osuvassa valossa. Tuotteen pigmentit ja tuotteeseen osuva valo määräävät molemmat lihan värin.

Myoglobiini on merkittävin lihan pigmentti, joka on vastuussa sen väristä, sillä se muodostaa noin 80–90% koko pigmenttikokonaisuudesta (Lawrie & Toldrá, 2017, s. 176-177). Muiden proteiinien, kuten hemoglobiinin ja sytokromi c:n, rooli on suhteellisen vähäinen tähän verrattuna. Lihaksen myoglobiinipitoisuus vaihtelee yksilöllisesti ja siihen

vaikuttavat moninaiset tekijät, kuten eläimen ikä, rotu, sukupuoli ja lihasten tyypilliset ominaisuudet.

Myoglobiini on rautaa sisältävä proteiini (Schweihofen, 2024). Se on hemirautaa sisältävä proteiini, joka antaa lihalle sen värin, ja se on erinomainen ravinnon raudan lähde. Myoglobiini varastoi happea lihassoluihin ja on samanlainen kuin hemoglobiini, joka varastoi happea verisoluihin. Mitä enemmän lihassa on myoglobiinia, sitä tummemman punaiselta se näyttää. Eläimen ikä vaikuttaa myös lihasten myoglobiinipitoisuuteen, sillä vanhemmilla eläimillä on enemmän myoglobiinia ja liha on tummempaa.

Myoglobiinilla on kolme luonnollista väriä riippuen sen altistumisesta hapelle ja raudan kemiallisesta tilasta (Schweihofen, 2024). Jos happea ei ole, liha näyttää purppuranpunaiselta, kuten tyhjiöpakatussa lihassa, ja on deoksimyoglobiinitilassa. Liha on kirkkaan punaista altistuessaan ilmalle, ja se on tyypillistä vähittäiskaupan lihalle. Kirkkaan punainen väri osoittaa, että oksimyoglobiinia on läsnä. Liha näyttää ruskealta tai ruskealta, kun siinä on vain hyvin pieniä määriä happea. Liha voi myös näyttää ruskealta, kun lihan värin käyttöikä loppuu myöhään, kun pigmentin rauta hapettuu. Metmyoglobiini on tila, jossa rauta on hapettunut ja väriltään kullanruskea tai ruskea.

8 TUTKIMUS JA KÄYTETYT MENETELMÄT

8.1 Väri

Väriin visuaalinen pistemäärä eli C-arvo saatiin vertaamalla lihaa japanilaiseen väriasteikkoon. Vertailu suoritettiin standardoiduissa valaistusolosuhteissa. Japanin väriasteikkaala vaihtelee 1:stä (erittäin vaalea), 3:een (normaali) ja 6:een (erittäin tumma). Väripisteiden saamiseksi katsottiin, mikä väriasteikko sopii kyseiseen mittauksen kohteena olevaan lihapalaan parhaiten.

Minoltan värimittaus suoritettiin tuoreelta lanteen leikkauspinnalta sen jälkeen, kun se oli altistunut ilman kanssa noin 30 minuuttia. Mittaukset suoritettiin kylmäsäilytyslämpötilassa. Mittauksessa käytettiin noin 3 cm:n paksuista lannepalaa. Mittaus tehtiin ensin valkoisesta heijastinlevystä. Sen jälkeen mittapää aseteltiin lihan pinnalle ja lopuksi luettiin L^{*}-, a^{*}- ja b^{*}-arvot.

8.2 Marmorointi

Marmoroitumisen määrä saatiin selville marmorointipisteiden avulla. Arviointi suoritettiin juuri leikattujen lihasten pinnoilta, jotka ovat olleet ilman kanssa vuorovaikutuksessa vähintään 15 minuuttia. Marmorointipisteet tarkoittavat visuaalinen pistemäärä lihaksensisäisen ja lihaksenvälisen rasvan määrästä, joka näkyy kyljen lihaksissa ja niiden välissä. Asteikko vaihtelee 1:stä (ei näkyvää rasvaa) 10:een (paljon näkyvää rasvaa).

Lihapinta valaistiin ja valaistus toteutettiin vähintään 100 luksin hehkulampulla. Marmorointipisteiden arviointiin käytettiin valokuvia, jotka vastasivat parhaiten arvioitavaa näyttää. Valokuvien avulla saatiin selville marmoroitumismäärä.

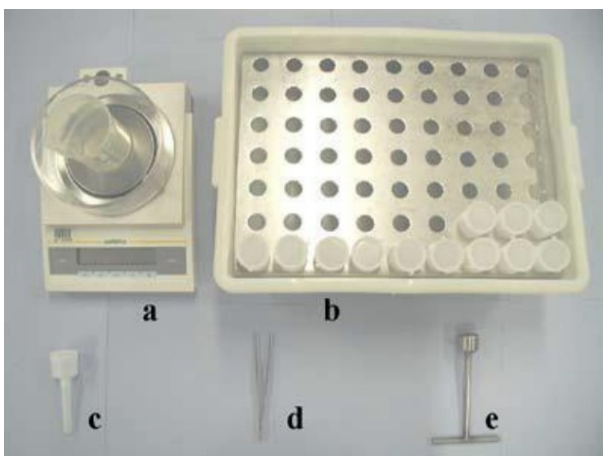
8.3 Lihakkuus

Teurasruhojen lihakkuusluokituksen avulla erotettiin erityyppiset ruhot toisistaan ja määritettiin ruhon todellinen käyttöarvo jo ennen leikkaamista. Luokitus määrittä sianruhon lihaprosentin eli ruhon sisältämän punaisen lihan osuus. Sianruhon lihaprosentti määritettiin AutoFom-laitteistolla, joka perustuu ultraäänimittausmenetelmään.

AutoFom -järjestelmässä on 16 anturia, jotka skannaavat sianruhoa noin 3 000 eri kohdasta sen kulkiessa mittalaitteen läpi (Aho., ym., 2020, s. 198-241). Näiden skannaustulosten perusteella, silavapaksuusmittoja hyödyntäen, laite laskee sianruhon lihaprosentin.

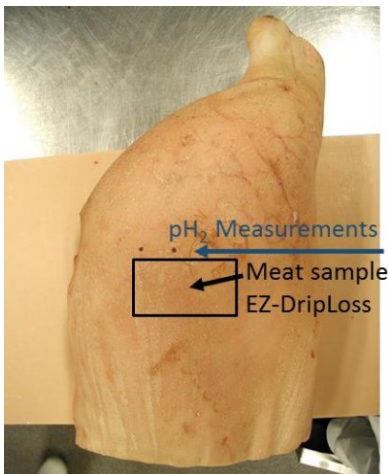
8.4 Valuma

Valumamittaus perustui gravitaatiomenetelmään, jossa selvitettiin lihan vedenpidätyskyky. Mittaukseen käytettäviä välineitä olivat pinsetit, dekantterilasi, pyöreä veitsi (25 mm x 20 mm), koeputkisäiliöt, muovilaatikko, jossa koeputkiteline ja analyysivaaka (Danish Technological Institute, 2018). Valmisteluvaiheessa jokainen säiliö merkittiin ja kirjattiin taarapaino. Näytteet tehtiin aina kaksinkertaista määritystä varten, joten kaksi tyhjää säiliötä merkittiin ja punnittiin jokaiselle näytteelle. Kuvassa 8 on esitetty kaikki valumamittauksessa hyödynnetyt välineet.



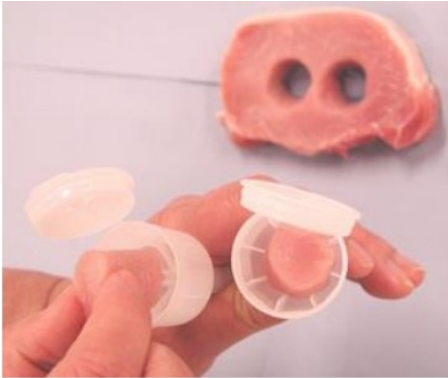
Kuva 8. Valumamittauksen välineet (Danish Technological Institute, 2018).

Ulkofileestä otetuiden näytteiden merkinnät päättyvät aina numeroihin 1 ja 2 (esim. säiliö nro. 1: 1.1 ja 2.2) (Danish Technological Institute, 2018). Kyljestä otetut näytteet puolestaan päättyvät numeroihin 3 ja 4 (esim. säiliö nro. 1: 1.3 ja 1.4). Merkinnän jälkeen säiliöt punnittiin ja taarapainot kirjattiin taulukkoon. Sen jälkeen säiliöt asetettiin 4–5°C päivää ennen näytteenottoa. Ruhon ulkofileen näytteenotto suoritettiin 20 mm:n paksuisella leikkuviipaleella. Siivusta mitattiin 17 cm lonkan takareunasta keskiosaan, josta leikattiin jälleen 20 mm:n kokoinen pala näytteenottoa varten. Kuva 9 havainnollistaa tarkemmin valumamittauksen otetun näytteen leikkauskohtaa.

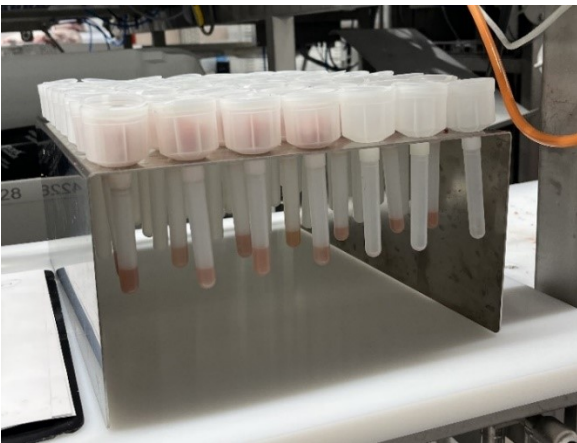


Kuva 9. Valumanäytteen leikkauskohta (Danish Technological Institute, 2018).

Kinkusta otetut näytteet otettiin ruhon vasemmalta puolelta leikkaamalla siivu n. 9 x 7 cm tasaisesta alueesta (Danish Technological Institute, 2018). Sen jälkeen mitattiin pala vaakasuunnassa 20 mm ja leikattiin poikittain lihassyiden mukaisesti. Kun näytepalat saatiin leikattua, niistä jokaisesta otettiin 2 koepalaa pyöreällä veitsellä (halkaisijaltaan 25 mm). Sen jälkeen näytteet asetettiin pystysuorassa säiliöihin (näyte ei saa joutua kosketuksiin säiliön kannen kanssa). Näytteet asetettiin pidikkeeseen ja näytteenoton alkamis- ja päätymisaika kirjattiin. Kuvassa 10 on esitetty koeputkiin sijoitetut kaksi näytettä, jotka on leikattu koepalasta ja kuva 11 havainnollistaa koepaloille suoritettua valumamittauksia.



Kuva 10. Kaksi koepalaa asetettiin säiliöihin (Danish Technological institute, 2018).



Kuva 11. Lihanäytteiden valumamittaus (Immonen, 2023).

24 tunnin jälkeen säiliöt punnittiin kemiallisella asteikolla 3 desimaalin tarkkuudella, ja tulokset laitettiin laskentataulukoon. Aluksi punnittiin sekä neste että lihaa sisältävä säiliö. Sen jälkeen lihanäyte poistettiin säiliöstä, ja punnittiin vain neste. Sama mittaus toistettiin molemmille näytteille 1 ja 6 vuorokauden jälkeen teurastuksesta. Lopuksi molempien tulokset kirjattiin ylös.

8.5 pH

pH mitattiin ulkofileestä noin vuorokausi teurastuksen jälkeen. Käytetyt materiaalit olivat pH-mittari elektrodilla, demi-vesi, kalibrintipuskurit (pH 4 ja 7), kyllästetty KCl-liuos ja elektrodin puhdistusaine (HCl-liuos) (Topigs Norsvin, 2021).

Kalibrointi suoritettiin huuhtelemalla elektrodi ensin demi-vedellä. Sen jälkeen elektrodi kuivattiin ja kalibroidiin käyttämällä pH 7 -kalibrointipuskuria (Topigs Norsvin, 2021). Huuhtelu ja kuivaus toistettiin, minkä jälkeen kalibrointi suoritettiin pH 4 -kalibrointipuskurilla. Kalibroinnin aikana pH-mittariin tuli asettaa kalibrointipuskurien lämpötila. Myös ruhon lämpötila mitattiin.

Mittauksien jälkeen elektrodi puhdistettiin huuhtelemalla se haalealla vedellä ja kuivamalla. Elektrodi on aina säilytettävä kyllästetyssä KCl-liuoksessa ja lisäksi elektrodi on asetettava vähintään kerran kuukaudessa HCl-liuokseen vähintään tunniksi, jotta kaikki siihen kertyneet proteiinit saadaan poistettua. Kuvassa 12 on esitettynä mittauksissa käytetty pH-mittari.



Kuva 12. pH-mittari (Immonen, 2023).

9 TULOKSET

Julkisessa versiossa tästä luvusta on piilotettu osa liike- ja ammattisalaisuuksien vuoksi.

9.1 Lihakkuus

9.2 pH

9.2.1 pH ja vedensidonta

9.2.2 pH ja väri

9.3 Valuma

9.4 Marmorointi

9.4.1 Marmoroitumisen ja vedensidonnan yhteys

10 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Sisältää liike- ja ammattisalaisuuksia.

LÄHTEET

- Aho, J., Koponen, M., Pasto, M., & Stalder, S. (2020). *Monipuolinen elintarvikeala: Elintarvikkeiden valmistus ja tuotanto*. Opetushallitus. Oppikirjan lisämateriaali. Lihan laatutekijät. <https://www.oph.fi/fi/oppimateriaali/monipuolinen-elintarvikeala/5-lihatuotteet>
- Aslyng, M.D., (2002). *Quality indicators for raw meat*. In: J.F., Kerry., J.P., Kerry. & D., Ledward. (toim.), *Meat processing*. Woodhead Publishing. Teoksessa Lawrie, R. A., & Toldrá, F. (2017). *Lawrie's meat science* (8. p., s. 419). Woodhead Publishing.
- Atlas Scientific. (2023). *The importance of pH in meat quality*. <https://atlas-scientific.com/blog/the-importance-of-ph-in-meat-quality/>
- Atria tuottajat. (2020) *Hyvä ruoka 1/2020, Atria*. <https://www.atriatuottajat.fi/ajankohtaista/ajankohtaista/kuluttajan-arvostus-ansaitaan-teoilla-ja-tietoa-jakamalla/>
- Atria tuottajat. (2019). *Lihantarkastus varmistaa laadun*. <https://www.atriatuottajat.fi/ajankohtaista/ajankohtaista/lihantarkastus-varmistaa-laadun/>
- Atria. (i.a.). Sika -ketjun käyttämä risteytysohjelma. [valokuva]. Julkaisematon.
- Brewer, S. (2012). *Consumer attitudes towards color and marbling of fresh pork*. Pork information gateway. <https://porkgateway.org/resource/consumer-attitudes-towards-color-and-marbling-of-fresh-pork/>
- Cassens, R., Cooper, C., (1971). *Red and white muscle*. *Advances in Food Research* 19:1–74.
- DanBred. (i.a.). *DanBred Duroc*. <https://danbred.com/our-dna/duroc/>
- Danish Genetics. (i.a.). *Best duroc in the world?* <https://danishgenetics.dk/en/products/breeds/danish-duroc>
- Danish Technological Institute. (2018). *Instruction manual for EZ-DripLoss*. <https://www.dti.dk/>
- Datacolor. (i.a.). *CIELAB Color Space Explained*. <https://www.datacolor.com/business-solutions/blog/what-is-cielab/>

- Elite Sires. (2019). *Danbred Duroc*. <https://elitesires.net/product/danbred-duroc/>
- Eläintieto. (i.a.). *Sika tuotantoeläimenä*. <https://www.elaintieto.fi/sika/sika-tuotantoelaimena/>
- Ensminger, M. E., & Parker, R. O. (1997). *Swine science*. (6. p.). Interstate Publishers.
- Esteve, E., Font, M., Gispert, M., Tous, N. (2016). *Does marbling degree in pork influence consumer acceptability?* Pig 333. Professional pig community. https://www.pig333.com/articles/does-marbling-degree-in-pork-influence-consumer-acceptability_10697/
- Euroopan tilintarkastustuomionistuin. (2019) *Elintarvikkeiden kemialliset vaarat: EU:n elintarviketurvallisuuspolitiikka suojelee meitä, mutta siihen liittyy haasteita*. <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/food-safety-2-2019/fi/>
- Fennema, O., (1985). *Water and ice*. Marcel Dekker. Teoksessa Lawrie, R. A., & Toldrá, F. (2017). *Lawrie's meat science* (8. p., s. 420). Woodhead Publishing.
- Finnpig. (i.a.). *Risteytysohjelma*. <https://www.finnpig.fi/elainaines/risteytysohjelma/>
- Fredriksson-Ahomaa, M & Korkeala, H. (2007). *Eri elintarvikeryhmien biologia: Liha ja lihavalmistet*. Teoksessa H. Korkeala (toim.), *Elintarvikehygieniä: ympäristöhygieniä, elintarvike- ja ympäristötoksikologia*. (s. 185-186, s. 189-193). WSOY Oppimateriaalit.
- Gandemer G. (1999). *Lipids and meat quality: Lipolysis, oxidation, Maillard reaction and flavour*. *Sciences Des Aliments*, 19, 439–458.
- Hannuksela, M. (i.a.). *Lihatietoa: sika*. Lihakeskusliitto. <https://www.lihakeskusliitto.fi/materiaalina-liha-sika/>
- Hasheider, P. (2007). *How to raise pigs: Everything you need to know: breed guide & selection, proper care & healthy feeding, building facilities and fencing, showing advice*. Voyager Press.
- Honikel, K.O., Roncales, P. and Hamm, R. (1983) *The influence of temperature on shortening and rigor onset in beef muscles*. *Meat Science* 8 (3), 221–241.
- Huff-Lonergan, E., T. J. Baas, M. Malek, J. C. Dekkers, K. Prusa, & M. F. Rothschild. (2002). *Correlations among selected pork quality traits*. *J. Animal Science* 80 (3), 617–627. <https://porkgateway.org/resource/pork-quality-ph-decline-and-pork-quality/>

- Huff-Lonergan E.J., & Lonergan, S.M. (2005) Mechanisms of water-holding capacity of meat: the role postmortem biochemical and structural changes. *Meat science* 71.
- Lawrie, R. A., & Toldrá, F. (2017). *Lawrie's meat science* (8. p., s. 420). Woodhead Publishing.
- Hui, Y. H., & Aalhus, J. L. (2012). *Handbook of meat and meat processing* (2. p.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b11479>
- Hulsen, J., Scheepens, K., & Äijö, H. (2010). *Sikahavaintoja: Katso, mieli ja toimi*. ProAgria Keskusten Liitto.
- Hunter, R.S. (1986). *Objective methods for food appearance assessment*. In "Objective Methods in Food Quality Assessment". Kapsalis, J.G. (toim.). CRC Press.
- Hygieniapassi. (i.a.). *Elintarvikkeiden käsittelyn terveysuhat*. <https://www.hygieniapassi.training/terveysuhat-ja-riskit>
- Immonen, N. (2023). pH-mittari. [valokuva]. Julkaisematon.
- Jones, S.D.M., Robertson, W.M. & Talbot, S. (1992). *Marbling standards for beef and pork*. Agriculture and Agri-Food Canada Pub. 1879/1992E. https://publications.gc.ca/collections/collection_2015/aac-aafc/A63-1879-1992-eng.pdf
- Keto-Timonen, R. (2007). Suolan sekä nitraatin ja nitriitin käytön vaikutus elintarvikkeiden säilyvyyteen. Teoksessa H. Korkeala (toim.), *Elintarvikehygienia: ympäristöhygienia, elintarvike- ja ympäristötoksikologia*. (s. 324). WSOY Oppimateriaalit.
- Laukkanen, R. (2007). *Elintarvikkeiden prosessointi ja pakkaaminen ja näiden vaikutus elintarvikkeiden säilyvyyteen: Pakkaaminen: Pakkausmenetelmät*. Teoksessa H. Korkeala (toim.), *Elintarvikehygienia: ympäristöhygienia, elintarvike- ja ympäristötoksikologia*. (s. 338-339). WSOY Oppimateriaalit.
- Lawrie, R. A., & Toldrá, F. (2017). *Lawrie's meat science*. (8. p.). Woodhead Publishing.
- Lawrie, S. A. (1998). *Lawrie's Meat Science*. C R C Press LLC.
- Lihatiedotus. (i.a.). *Teurastus*. <https://www.lihatiedotus.fi/tilalta-kauppaan/teurastus.html>
- Mancini, R. A., & Hunt, M. C. (2005). *Current research in meat color*. *Meat science*, 71(1), 100–121. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.03.003>

- National Pork Board. (2010). *Pork quality standards*.
<https://www.porkcheckoff.org/news/enhancing-quality-and-consistency/>
- Niemistö, M. (2016). *Ruholuokituksella määritetään ruhon todellinen käyttöarvo*. Foodwest.
<https://foodwest.fi/ruholuokituksella-maaritetaan-ruhon-todellinen-kayttoarvo/>
- Offer, G., Knight, P., 1988. *The structural basis of water-holding in meat*. Part 2: drip losses. Teoksessa Lawrie, R.A. (toim.), *Developments in Meat Science – 4*. Elsevier Science, London.
- Partanen, K., & Perttilä, S. (2012). *Sian ruokinta eri elämänvaiheissa*. Teoksessa K. Kaaro, A. Kuisma, A. Nopanen, K. Partanen, S. Perttilä & H. Äijö, *Sikatalous* (s. 32–34, 56–58, 82–84, 86–87). Opetushallitus.
- Peres, L.M., Bridi, A.M., Silva, C.A., (2014). Effect of low or high stress in pre-slaughter handling on pig carcass and meat quality. *Rev. Bras. Med. Vet. Zootec.*, 43(7), 363–368.
- Puolanne, E. (2019). ETK-121 -kurssin luentomoniste. *Elintarvikkeet ja niiden valmistusprosessit: liha ja lihavalmistus*. HY/elintarvike- ja ympäristötieteiden laitos.
- Ruokavirasto. (2023). *Lihantarkastus*.
<https://www.ruokavirasto.fi/elintarvikkeet/elintarvikeala/tuote--ja-toimialakohtaiset-vaatimukset/teurastustoiminta/lihantarkastus/>
- Schad, M. (2020). *The importance of pH in meat*.
<https://www.markschadonline.com/2020/04/05/the-importance-of-ph-in-meat/>
- Schweihofen, J. (2024). *The color of meat depends on myoglobin*: Part 1.
https://www.canr.msu.edu/news/the_color_of_meat_depends_on_myoglobin_part_1
- Seiderman, S.C., Cross, H.R., Oltjen, R.R & Schanbacher, B.D., (1982). *Utilisation of the intact male for red meat production: a review*. *Journal of Animal Science* 55. Teoksessa Lawrie, R. A., & Toldrá, F. (toim.). *Lawrie's meat science* (8. p., s. 28). Woodhead Publishing.
- Smith, R. M., N. K. Gabler, J.M. Young, W. Cai, N. J. Boddicker, M. J. Anderson, E. Huff-Lonergan, J.C.M. Dekkers, S.M. Lonergan. (2011). *Effects of selection for decreased residual feed intake on composition and quality of fresh pork*. *J. Animal Science*, 89. 192–200. <https://porkgateway.org/resource/pork-quality-ph-decline-and-pork-quality/>
- Solunetti. fi. i.a. *Poikkijuovainen lihas*.
https://www.solunetti.fi/fi/histologia/poikkijuovainen_lihas/

- Svineproduktion.dk. (2022). *Det danske svineavlsprogram*.
<https://svineproduktion.dk/Viden/Om-grisen/Avl-og-reproduktion/Avl/Det-Danske-Svineavlsprogram#avlsfremgang>
- Tomovic´, V. M., L. S. Petrovic´, and N. R. Dzinic´. (2008). *Effects of rapid chilling of carcasses and time of deboning on weight loss and technological quality of pork semimembranosus muscle*. *Meat Science*, 80, 1188–1193.
- Topigs Norsvin. (2021). *Breeding manual*. <https://topignorsvin.com/>
- Topigs Norsvin. (2021). *TN Tempo outperforms competition again: highest economic advantage*. <https://topignorsvin.com/news-tn1/tn-tempo-outperforms-competition-again-highest-economic-advantage/>
- Topigs Norsvin. (2022). *TN Tempo: A history of robustness*.
<https://topignorsvin.maglr.com/online-magazine-spring-2022/tn-tempo-a-history-of-robustness>
- Whittemore, C. (1998). *The science and practice of pig production* (2. p.). Blackwell Science.
- Willson, H.E.; Rojas de Oliveira, H.; Schinckel, A.P.; Grossi, D.; Brito, L.F. (2020). *Estimation of Genetic Parameters for Pork Quality, Novel Carcass, Primal-Cut and Growth Traits in Duroc Pigs*. *Animals*, 10, 779. <https://doi.org/10.3390/ani10050779>
- Wittmann, W., Ecolan, P., Levasseur, P. & Fernandez, X. (1994). *Fasting-induced glycogen depletion in different fibre types of red and white pig muscles - relationship with ultimate pH*. *Journal of Science of Food and Agriculture*. Teoksessa Lawrie, R. A., & Toldrá, F. (2017). *Lawrie's meat science* (8. p., s.174). Woodhead Publishing.
- Woelfel, R.L. Owens, C.M, Hirschler, E.M., Martinez-Dawson, R., Sams, A.R., (2002). *The characterization and incidence of pale, soft, and exudative broiler meat in commercial processing plant*. *Poultry Science* 81 (4). Teoksessa Lawrie, R. A., & Toldrá, F. (2017). *Lawrie's meat science* (8. p., s. 419). Woodhead Publishing.