



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Henna Vinni

Ilmamureutetun naudanlihapihvin valmistusprosessi ja säilyvyys

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Bio- ja kemiantekniikka

Insinöörityö

25.11.2020

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Henna Vinni Ilmamureutetun naudanlihapihvin valmistusprosessi ja säilyvyys 38 sivua + 1 liite 25.11.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Bio- ja kemiantekniikka
Ammatillinen pääaine	Bio- ja elintarviketekniikka
Ohjaajat	Lehtori Pia-Tuulia Laine Tuotekehitys- ja tekninen päällikkö Mikko Jääskeläinen
<p>Pakkaamattoman lihan raakakypsytystä kutsutaan ilmamureutukseksi. Menetelmä on lihojen pilaantumisen kannalta riskialtis, mutta tuottaa onnistuessaan uniikin makuprofiilin. Projektin tavoitteena oli aluksi muuttaa Tammisen lihatukun mureutuskylmiö ilmamureutus-käyttöön sopivaksi. Tämän jälkeen selvitettiin halutun makuprofiilin muodostumiseen vaadittava mureutusaika, tuotesaannot sekä vakuumpakatuksen lopputuotteen säilyvyysaika.</p> <p>Mureutuskylmiöstä jaettiin väliseinällä ilmamureutusprosessille oma tila. Ilmamureutuskylmiössä, jossa keskimäärin lämpötila oli $-0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja ilman suhteellinen kosteus 97 %, mureutettiin naudan fileeselkiä seitsemään eri erään (~ 40 kg/erä) jaettuna yhteensä 14 kappaletta. Kylmiön ilman suhteellista kosteutta ja lämpötilaa seurattiin koko projektin ajan. Testatut mureutusajat olivat 21, 28 ja 35 vrk. Kosteuden haihtumisesta johtuvia painohäviöitä sekä leikkaushävikkejä seurattiin. Kaikki erät leikattiin pihveiksi ja pakattiin vakuumpakkauksiin. Aistinvaraisella arvioinnilla selvitettiin lihojen säilyvyyttä sekä maku- ja rakeneominaisuuksia. Mikrobiologisen säilyvyyden selvittämiseksi vakuumpakattuja näytteitä lähetettiin HKScan Finland Oy Laboratorioille analysoitavaksi.</p> <p>Ilmamureutuskylmiö todettiin prosessiin sopivaksi. Lämpötilan osalta pysyttiin tavoitteessa, eli $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$, mutta toteutunut ilman suhteellinen kosteus oli erittäin korkea 75–85 %:n tavoitteeseen verrattuna. Oletettavasti ohjearvoja korkeampi ilmavirtaus tilassa johti tavoiteltuun lihojen pintojen kuivumiseen. Mureutusajalla on vaikutus maun kehittymiseen. Aistinvaraisen arvion perusteella 28 vrk:n mureutusajalla haluttu makuprofiili muodostui. Tuotesaantoon vaikuttivat kosteuden haihtuminen lihoista mureutuksen aikana sekä pihvien leikkutapa. Aistinvaraisen arvion perusteella luuttomat pihvit säilyivät vakuumpakkauksessa pidempään kuin luulliset. Aistinvaraiset ja mikrobiologiset tulokset yhdessä rajasivat luuttoman tuotteen säilyvyyden 42 vuorokauteen asti.</p> <p>Saatujen tulosten perusteella yritys voi aloittaa suurempien erien valmistuksen kokeilun ilmamureutuskylmiössä. Tulevaisuudessa tulee kuitenkin selvittää, olosuhteita mittaamalla, miten suuremmat eräkoot vaikuttavat kylmiön ilmakehän kosteuteen. Myöhemmin voi ilmetä tarvetta kylmiön lisämuokkauksille esimerkiksi kosteudenpoiston tehostamiseksi.</p>	
Avainsanat	ilmamureutus, raakakypsytykset, naudanliha, säilyvyys

Author Title	Henna Vinni Manufacturing Process and Shelf Life of Dry-Aged Beef Steak
Number of Pages Date	38 pages + 1 appendix 25 November 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Biotechnology and Chemistry Engineering
Professional Major	Biotechnology and Food Engineering
Instructors	Pia-Tuulia Laine, Senior Lecturer Mikko Jääskeläinen, R&D and Technical Manager
<p>Aging of unpacked meat is called dry aging. This aging method bears a high risk of meat contamination and spoilage but when done successfully will result in a unique flavor profile. The first goal of this project was to transform an existing refrigerated meat aging room to meet the needs of the dry aging process in Lihatukku Tamminen's factory. After this the goals were to find the right aging time for the flavor profile to form, the amount of product yield and the shelf life of the vacuum-packed product.</p> <p>The aging room was divided in two with a partition wall to give the dry aging process its own space. Seven batches of beef fillet backs were dry aged in the new dry aging room at an average temperature of $-0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ and at a relative humidity of 97 %, each batch consisting of two fillet backs (~ 40 kg/batch). The relative humidity and temperature of the dry aging room were monitored throughout the process. The aging times tested were 21, 28 and 35 days. Moisture losses of the beef cuts and the trimming wastes were monitored. All batches were cut in steaks and vacuum-packed. Taste- and structural properties and shelf life of the end products were analyzed through sensory evaluations. Microbiological analyses for the steaks were conducted in HKScan Finland Oy's laboratory.</p> <p>The dry aging room was found to be suitable for the process. The environmental condition goals were met in terms of temperature ($\sim 1\text{ }^{\circ}\text{C}$) but not in terms of relative humidity (75–85 %) which was exceeded. Presumably, high air velocities enabled the desired dry crust formation on the meat surfaces. Aging time impacts on flavor development. According to the sensory evaluations the 28-day aging time produced the desired flavor. Moisture losses during aging and trimming losses during cutting into steaks affect the product yield. Sensory evaluation results revealed that boneless steaks have longer shelf life than bone-in steaks. A maximum shelf life of 42 days for boneless steaks was determined by both sensory and microbiological analyses.</p> <p>On the basis of the results achieved the company can start dry aging trials with larger batch sizes in their dry aging room. The effects of bigger batches on the rooms relative humidity should be monitored in the future. Further modifications for the room may be needed in form of improving dehumidification.</p>	
Keywords	dry aging, aging, beef, shelf life

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Tammisen rotukarjan naudanliha	2
2.1	Naudanlihan koostumus	3
2.2	Naudanlihan laatutekijät	4
2.3	Raakakypsymisen aiheuttamat muutokset naudanlihassa	7
3	Naudanlihan ilmamureutus	9
3.1	Prosessin vaiheet	9
3.2	Laatutekijät	11
4	Materiaalit ja menetelmät	12
4.1	Kokeellisen osuuden toteutus	12
4.2	Ilmamureutuskylmiön olosuhteiden seuranta	18
4.3	Lihaerien seuranta ja lopputuotekokeilut	18
4.4	Säilyvyyskokeet	19
4.4.1	Aistinvarainen arviointi	19
4.4.2	Mikrobiologinen laatu	20
4.5	Kuluttajatesti	20
5	Tulokset ja niiden tarkastelu	21
5.1	Yleistä	21
5.2	Lihaerien fysikaaliset ja aistinvaraiset muutokset ilmamureutuksen aikana	22
5.3	Kylmiön olosuhteiden sopivuus	26
5.4	Tuotesaannot ja lopputuotteen säilyvyys vakuumipakattuna	28
5.5	Lopputuotteen aistinvaraisten ominaisuuksien ja hintatason kuluttaja-arvio	34
6	Yhteenveto	37
	Lähteet	39

Liite 1. Kuluttajatestilomake ja valmistusohje pihville

Lyhenteet

DFD	Dark Firm and Dry. Tumma, kiinteä ja kuiva.
GCMS	Gas Chromathocraphy Mass Spectrometry. Kaasukromatografia-massa-spektrometria.
IMP	Inosine Monophosphate. Inosiinimonofosfaatti.
TPA	Texture Profile Analysis. Tekstuuri profiili analyysi.
VOC	Volatile Organic Compound. Haihtuva orgaaninen yhdiste.
WBS	Warner-Bratzler shear force. Warner-Bratzlerin leikkausvoima.
WHC	Water Holding Capacity. Vedensidontakyky.

1 Johdanto

Naudanliha vaatii useimmiten raakakypsytyksen, jotta lihasta saataisiin aistinvaraisilta ominaisuuksiltaan hyväksyttävää, mureaa, maukasta ja mehukasta [1; 2, s. 71]. Raakakypsytyks tapahtuu nykypäivänä useimmiten vakuumpakkauksessa, sillä vakuumi suojaa lihoja tehokkaasti pilaantumiselta ja kuivumiselta. Lihaa voidaan myös ilmamureuttaa eli raakakypsyttää ilman suojaavaa pakkausta. Ilmamureutusmenetelmä on kuitenkin suurempien kustannusten ja vaivannäön seurauksena jäänyt vähemmälle käytölle maailmalla. Suurempia kustannuksia vakuumimureutukseen verrattuna aiheuttavat mm. lihojen suurempi pilaantumisriski, tarkempi olosuhdeseuranta prosessin aikana sekä kosteuden haihtumisesta johtuvat painohäviöt. [3, s. 84–85.] Ilmamureuttamalla lihaan saadaan kuitenkin muodostumaan uniikki makuprofiili, jota ei muilla raakakypsytyksimenetelmillä voida saavuttaa [4, s.1].

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli auttaa Lihatuokku Harri Tamminen Oy:tä naudanlihan ilmamureutusmenetelmän käyttöönotossa. Yrityksellä on tavoitteena tulevaisuudessa tuottaa laadukasta ilmamureutusmenetelmällä raakakypsytettyä pihvilihaa. Projektin aikana selvitettiin sekä teoriapohjalta että kokeellisesti yrityksen Espoon laitoksella jo olemassa olevan mureutuskylmiön sopivuutta ilmamureutusprosessille. Teoriatasolla selvitettiin optimaaliset olosuhteet ilmamureutuskylmiölle lämpötilan, ilman suhteellisen kosteuden, ilmavirran voimakkuuden sekä valon määrän osalta. Lisäksi selvitettiin mitkä lihan ominaisuudet edesauttavat prosessin onnistumista.

Projektin kokeellisen osuuden lähtökohtana oli mureuttaa Tamminsen rotukarjan naudanfileeseliä mureutuskylmiöstä ilmamureutuskäyttöön rajatussa tilassa. Kylmiön olosuhteita ja lihojen painohäviöitä sekä aistinvaraisten ominaisuuksien muutoksia seurattiin. Eri pituisia mureutusaikoja kokeiltiin optimaalisen mureutusajan selvittämiseksi. Mureutettujen fileeseliä leikkaamista lopputuotteiksi eli pihveiksi, kokeiltiin eri tavoin lopullisen tuotteistuksen selvittämiseksi sekä seurattiin leikkuuhäviöiden määrää. Lopputuotteet pakattiin vakuumpakkauksiin ja lihojen säilyvyyttä pakattuna seurattiin ja analysoitiin aistinvaraisin sekä mikrobiologisin menetelmin.

2 Tammisen rotukarjan naudanliha

Tamminen on liha-alan perheyrittäjä, jossa jo 25 vuoden ajan on korkealaatuisesta lihasta valmistettu pitkälti käsityönä laadukkaita lihatuotteita [5]. Tammisen tuotevalikoimaan kuuluu, 100-prosenttisen suomalaista naudan- ja porsaanlihaa sekä luomulaatuista naudan-, porsaan- sekä karitsanlihaa. Lihoista valmistetaan kokolihatuotteita kuten paisteja ja pihvejä sekä erilaisia lihavalmisteita kuten makkaraa ja palvikinkkua. Tuotteita löytyy ympäri Suomen kaupoista kuluttajapakkauksissa, food service -pakkauksissa sekä palvelutiskeiltä. [6.]

Tammisen rotukarjan naudanliha, on suomalaisilta kotitiloilta peräisin olevaa lihaa, joka saadaan yksinomaan lihantuotantoon jalostetuista naudoista. Tähän lihantuotantomuotoon kuuluu oleellisena osana naudan lajityypillisen elämisen ja käyttäytymisen mahdollistaminen, joka merkittävästi vaikuttaa eläimen elämänlaatuun sekä lihan laatuominaisuuksiin. Nurmirehulla kasvatetun naudan liha on luonnostaan mureaa, mehukasta ja maukasta. Tammisen rotukarja on myös antibiootti- ja GMO-vapaata. Erilaisia rotukarjarotuja on jalostettu erilaisiin käyttötarkoituksiin. Roduittain vaihtelevia käyttöominaisuuksia ovat mm. lihan rasvapitoisuus, naudan lihaksikkuus, lihan mureus ja maku. Tammisen käyttämiä rotukarjarotuja ovat aberdeen-angus, charolais, hereford, limousin ja simmental. [7.]

Suomessa nautoja on perinteisesti kasvatettu maidontuotannon näkökulmasta, minkä takia n. 90 % naudanlihasta on peräisin maitorotuisista eläimistä tai maito- ja liharotureistymistä. Vain 10 % lihasta on peräisin liharotuisista naudoista. Suomessa liharotuisten nautojen kasvatusta on vielä verrattain uusi ilmiö. [8, s. 43.] Vuonna 2019 naudanlihan kulutus Suomessa oli 18,8 kg/hlö (luku ilmoitettuna raakana luullisena ruholihana, josta todellinen syöty määrä on noin puolet, kun huomioidaan poistettujen luiden ja kypsennyshävikin määrä) [9]. Liha on suomalaisten yleisin proteiininlähde ja se sisältääkin kaikkia elimistön tarvitsemia välttämättömiä aminohappoja [8, s. 162].

2.1 Naudanlihan koostumus

Liha koostuu monesta eri kudostyypistä mukaan lukien lihas, hermot, rasvakudos ja sidekudokset. Lihakset voidaan jakaa kolmeen päätyyppiin: sileä lihas, sydänlihas ja luurankolihas. Eri lihastyypit eroavat toisistaan toimintansa, rakenteensa ja tahdonalaisuutensa perusteella. Suurin osa lihaksista on poikkijuovaista ja tahdonalaista luurankolihasta. [10, s. 35.] Poikkijuovaisen lihaksen perusyksikkö on lihassolu, eli lihassy. Lihassy kostuu useista lihassäikeistä eli myofibrilleistä ja niiden välisestä nesteestä eli sarkoplasmasta. Myofibrillit koostuvat edelleen sarkomeereistä, joiden aktiini- ja myosiini proteiinit aikaansaavat lihasten supistumisen, liukumalla toistensa kanssa lomittain. [8, s. 156.] Pääasiassa elintarvikkeeksi käytetään luurankoliuksista peräisin olevaa lihaa. Teurastuksen ja paloittelun jälkeen luurankoliuksista puhutaan yleensä lihana. [10, s. 35.] Lihaksesta suurin osa n. 72 % on vettä. Tyypipitoisia yhdisteitä (pääosin proteiineja) on n. 21 %, lipidejä n. 5 %, tuhkaa n. 1 % sekä hiilihydraattia (elävässä lihaksessa glykogeena, kuolleessa maitohappona) n. 1 %. [11, s. 52.]

Sidekudoksen muodostamat kalvomaiset rakenteet yhdistävät lihaksia luhin ja toisiinsa sekä tukevat ja ylläpitävät lihasten muotoa [8, s. 156; 11, s. 56]. Näkyvin osa sidekudoksesta on lihaksen ympärillä, ja tätä kutsutaan epimysiumiksi. Sidekudosta on myös lihaksen sisällä lihassykimppujen ympärillä (premymium) sekä yksittäisten lihassyiden ympärillä (endomysium). [11, s. 51.] Sidekudos rakentuu kahdesta eri proteiinista, kollageenista ja elastiinista. Kollageeni denaturoituu ja sulaa lihan kypsennysprosessissa muuttuessaan lämmön vaikutuksesta vesiliukoiseksi. Tätä kutsutaan kollageenin gelatinoitumiseksi. Elastiini puolestaan ei sula. [8, s. 156–157; 12, s. 651.] Aktiivisesti liikkumiseen käytettävät lihakset sisältävät enemmän sidekudosta kuin vähemmällä käytöllä olevat tukilihakset. Esimerkiksi jalan lihaksissa on enemmän sidekudosta kuin selkälihaksissa. [11, s. 55.] Sidekudoksen määrään ja sitkeyteen vaikuttaa myös eläimen ikä. Vanhalla yksilöllä sidekudosta on enemmän ja se on sitkeämpää. [8, s. 165.] Sidekudoksen määrä ja laatu vaikuttavat suuresti lihan mureuteen. Lihaa ympäröivä sidekudos (epimysium) voidaan poistaa leikkaamalla, mutta lihaksen sisällä olevaa sidekudosta (premymium ja endomysium) ei voida poistaa. [8, s. 162; 11, s. 51.]

Rasvakudos on eräänlaista sidekudosta, joka koostuu rasvasoluista, joiden sisään elimistö varastoi energiaa rasvapisaroina. Rasvakudos toimii myös mekaanisena suojana

sisäelimille sekä lämmöneristeenä eläimelle. Rasvakudos jaetaan nahanalaiseen, lihasten väliseen, lihasten sisäiseen ja ontelorasvaan. [11, s. 56; 8, s. 157.] Lihassa on aina jonkin verran rasvaa. Ihonalainen ja lihasten välinen rasva on helpoiten havaittavissa ja tarvittaessa poistettavissa leikkaamalla. Kun rasvaa kertyy lihaksen sisälle, puhutaan marmoroitumisesta. Eläimen kokonaisrasvamäärä on yhteydessä lihan marmoroitumistaseseen. Ruokinta, rotu ja eläimen ikä vaikuttavat lihan rasvaisuuteen. Yleensä vanha eläin on rasvoittuneempi kuin nuori. [13, s. 27; 11, s. 55.]

2.2 Naudanlihan laatutekijät

Lihan laatuominaisuuksia voidaan jakaa moniin eri osa-alueisiin, joita ovat esimerkiksi terveellisyys, ravintosisältö, prosessointi, tuotto, koostumus, ulkonäkö ja maittavuus. Maittavuus voidaan edelleen jakaa viiteen osa-alueeseen: mureus, rakenne, mehukkuus sekä haju ja maku, jotka yhdessä muodostavat flavorin. [14, s. 212.] Naudanlihan laatu vaihtelee kuitenkin suuresti aiheuttaen lihateollisuudelle ongelmia, sillä raaka-aineiden laadun vaihtelu näkyy myös lopputuotteen laadussa [15, s. 162]. Erityisesti epätasalaatuisuus mureuden osalta aiheuttaa ongelmia, sillä mureus on maun ja mehukkuuden kanssa arvostetuimpia laatuominaisuuksia kuluttajien keskuudessa [15, s. 162; 16, s. 492]. Kuluttajat ostavatkin eniten tiettyjä tyyppillisesti mureimpana pidettyjä leikkuita [17, s. 178].

Naudanlihan laatuun vaikuttavia tekijöitä on niin paljon, että lopputulosta on vaikeaa ennustaa. Naudanlihan laatuominaisuuksiin vaikuttavat monet asiat kuten nautarotu, eläimen hoito ja ruokinta, teurastusolosuhteet, ruhon käsittely ja leikkaus, raakakypsytykset ja mahdolliset muut mureutusmenetelmät, lihapalojen jatkoprosessointi kuten jauhaminen tai maustaminen, pakkaus sekä kylmäketjun hallinta aina teurastuksesta lihan kypsennykseen asti [7; 8, s. 44–45.] Kuluttaja kuitenkin tekee ostopäätöksen pakkausmerkintöjen ja tuotteen ulkonäön perusteella. Kuluttaja arvioi laatua värin sekä rasvan ja sidekuoksen määrän ja sijainnin avulla. Näiden avulla arvioidaan terveellisyttä, mureutta, tuoreutta ja hygieniaa. [18, s. 81; 15, s. 164.]

Rodusta, iästä ja sukupuolesta riippuvia vaihtelevia ominaisuuksia ovat mm. naudan koko, lihaksikkuus ja rasvapitoisuus sekä rasvan sijainti kehossa. Ruokinnalla voidaan myös vaikuttaa naudan kasvun nopeuteen, kehon koostumukseen sekä lihan makuun ja

mureuteen. [7; 8, s. 44–45.] Nautojen elinympäristö ja hoito vaikuttavat myös eläimen hyvinvoinnin kautta lihan laatuun. Huonoissa oloissa pitkään stressaantunut eläin kuluttaa lihaksen glykogeenivarastot normaalia tyhjemmiksi, mikä vaikuttaa suoraan teurastuksen jälkeiseen maitohapon muodostumiseen ja pH:n laskuun. Normaalin lihan pH-arvo on ensimmäisen vuorokauden kuluttua teurastuksesta 5,4–5,6. Lihan pH:n jäädessä liian korkeaksi (pH yli 6,0 vuorokauden jälkeen teurastuksesta) syntyy tervalihaa eli DFD-lihaa (Dark, Firm, Dry). Tervalihassa pilaajamikrobit pääsevät kasvamaan vapaammin, jolloin säilyvyys kärsii. Myös liian stressaava teurastustilanne voi aiheuttaa suuren stressireaktion ja tervalihan synnyn. [19, s. 117–118.] Tarkastuseläinlääkäri tarkistaa jokaisen eläimen ennen ja jälkeen teurastuksen, jolloin varmistetaan lihan turvallisuus [13, s. 32]. Jokainen ruho laatuluokitellaan, lihakuuden ja rasvapitoisuuden mukaan, mikä vaikuttaa lihan jatkokäsittelyyn ja käyttöön [19, s. 112].

Naudanliha sisältää tyydyttyneitä eli kovia rasvahappoja sekä tyydyttymättömiä eli pehmeitä rasvahappoja. Ihmisen terveyden kannalta liian suuri kovien rasvojen saanti on haitallista, sillä se lisää muun muassa sydän- ja verisuonisairauksien riskiä. Naudanlihan rasvoista kovia rasvoja on yli puolet. [8, s. 163–164.] Vähärasvainen liha on ravintoarvoiltaan parempaa kuin rasvainen liha, mutta lihan sisältämä rasva lisää mehukkuutta ja makua. Lihaksen sisäisen rasvan määrä korreloi positiivisesti lihaksen ulkopuolisen rasvan määrän kanssa. Tämä johtaa tasapainotteluun terveellisyyden ja mehukkuuden välillä. Myös lihan tuottajan kannalta rasvaisempien eläinten kasvattaminen luo paradoksin, sillä eläintä ruokitaan enemmän ja pidempään huonommalla ”rehusta lihaksi” -suhteella, jotta saadaan kuluttajien arvostamaa hyvin marmoroitunutta lihaa. [11, s. 60.]

Naudanliha on helposti pilaantuva elintarvike, sillä sen korkea veden aktiivisuus ja ravintoaineet tarjoavat hyvän kasvualusta bakteereille, homeille ja hiivoille. Lihan prosessointi vaatiikin tarkkaa käsittelyhygieniaa ja kylmäketjun hallintaa sekä asianmukaisen pakkauksen myyntiä varten. Terveen eläimen lihaskudoksessa ei ole mikrobeja, mutta lihan käsittelyn eri vaiheissa niitä voi siirtyä lihaan esimerkiksi työvälineistä ja pinnoilta. Tämän takia lihankäsittelyhygienialla on suuri merkitys lihan mikrobiologiseen laatuun. Teurastuksen jälkeen oikeiden lämpötilojen hallinta on tärkeää mikrobiologisen laadun kannalta. Ensin suoritetaan ruhon jäähdytys +4 °C:seen ja tämän jälkeen varastointi 0...–+2 °C:ssa. Ruhovaraston ilmankosteus ja -kierto ovat kontrolloituja niin, etteivät lihat kuivu liikaa. [13, s. 33–34.] Lihan pilaantuessa aerobisten bakteerien toiminnan

tuloksena lihan pinta limaantuu, alkaa haista ja väri voi muuttua vihertäväksi tai harmaaksi. Lihan sisäosat pilaantuvat anaerobisten bakteerien toiminnan ja rasvojen eltaantumisen tuloksena. [13, s. 35.] Pakkauksen tehtävä on suojata tuotetta mikrobeilta, vierasaineilta sekä mekaanisilta vaurioilta [13, s. 44]. Kuluttajapakatut raakalihavalmisteet ovat joko vakuumi- tai suojakaasupakkauksessa [13, s. 42]. Lihan tuoreus on tärkeä laatuominaisuus paitsi aistinvaraisten- myös ravitsemuksellisten ominaisuuksien ja tuoteturvallisuuden kannalta [15, s. 168].

Liha rakennetta ja mehukkuutta voidaan tutkia erilaisin mittalaittein. Warner-Bratzlerin leikkausvoima (WBS) -testi on yleisin tapa tutkia lihan mureutta koneellisesti. Tässä menetelmässä terä painetaan lihanpalaa vasten ja laite mittaa leikkausvoiman. Tämän leikkausvoiman ajatellaan vastaavan hyvin lähelle vaadittavaa purentavoimaa kyseistä lihaa syödessä. Rakenne profiili analyysissa (TPA) lihanpalaa vasten painuva litteä sylinteri mittaa samanaikaisesti useampia muuttujia kuten kovuus, kimmoisuus ja sitkeys. Mehukkuutta puolestaan voidaan arvioida mittaamalla lihan vedensidontakykyä eli WHC-arvoa. Tämä voidaan suorittaa esimerkiksi asettamalla paino lihanpalan päälle ja suodatinpaperi niiden väliin. Lihasta irronnut nestemäärä saadaan selville punnitsemalla suodatinpaperi ennen ja jälkeen testin. Lihaflavori muodostuu erilaisista haihtuvista yhdisteistä, joita voidaan tutkia esimerkiksi kaasukromatografia-massaspektrometrilla (GCMS). [17, s. 192–193.]

Instrumentaaliset mittaukset eivät kuitenkaan voi täysin kertoa, miten lihan laatuominaisuudet koetaan lihaa syödessä. Aistinvarainen arviointi on siis erittäin tärkeä työkalu laadun arvioinnissa. [17, s. 194.] Aistinvaraisen arvioinnin kannalta tärkeimmät lihatuotteiden laatuominaisuudet ovat mureus, mehukkuus ja flavori [14, s. 213]. Erityisesti lihan mehukkuutta pystytään parhaiten arvioimaan aistinvaraisesti, sillä mehukkuuteen sisältyy niin laajasti eri tekijöitä, jotka siihen vaikuttavat. Vedensidontakyvyllä on suuri merkitys, mutta myös lihan rasva vaikuttaa siihen, kuinka mehukkaaksi liha koetaan. Rasva toimii liukasteena lihassäikeiden välissä ja lisää näin mureuden ja mehukkuuden tuntua. Rasvaisuus myös stimuloi syljeneritystä, joka edelleen lisää kokemusta mehukkuudesta. [17, s. 181, 192.] Flavori vaikuttaa suuresti kuluttajan kokemukseen lihan kokonaisuimiellyttävyydestä. Kuluttajan kokemus ja odotukset flavorin osalta voidaan selvittää vain aistinvaraisella arviolla. [14, s. 216.]

2.3 Raakakypsyymisen aiheuttamat muutokset naudanlihassa

Lihaksen muuttuminen lihaksi on monimutkainen prosessi, jonka aikana tapahtuu monia kemiallisia ja fysikaalisia muutoksia. Lihaksen toiminta ei lakkaa eläimen kuollessa, mutta metabolia muuttuu huomattavasti. [2, s. 63, 68.] Raakakypsyminen on prosessi, jossa raaka liha mureutuu siinä luonnostaan tapahtuvan maitohapon muodostuksen ja entsyymitoiminnan tuloksena. Maitohappo muodostuu glykolyysin lopputuotteena, kun glukoosin, rasvahappojen ja hapen saanti lihakseen lakkaa. Tämä johtaa lihan pH-arvon laskuun ja proteolyttiset entsyymit alkavat hajottaa lihaksen proteiineja. [2, s. 68–70.] Naudanlihan raakakypsytyksessä kestää yleensä 2–8 viikkoa eläimen iästä, rodusta ja ruhon osasta riippuen [1; 3, s. 83–84]. Raakakypsytyksen aikana lihan väri, rakenne ja maku muuttuvat [1; 2, s. 71].

Raakakypsytyisaika ja menetelmä vaikuttavat lihan laatuominaisuuksiin, kuten makuun, mureuteen ja mikrobiologiseen turvallisuuteen. Erityisesti fileet ja paistit hyötyvät raakakypsytyksestä. Raakakypsytyksessä tapahtuu kylmiössä 0...– +2 °C:n lämpötilassa. Vanhin menetelmä raakakypsytykselle on riiputus, jolloin kokonainen ruho riippuu kylmävarastossa koukusta. Tästä tavasta on kuitenkin teollisuudessa luovuttu käytännön syistä. Nykyisin raakakypsytyksessä tapahtuu useimmiten vakuumpakkauksissa. Lihan pakkaaminen estää kosteuden haihtumista ja sen myötä aiheutuvaa painohäviötä sekä parantaa säilyvyyttä estämällä mikrobitoimintaa ja -kontaminaatioita. [13, s. 30–31.] Pakatun lihan raakakypsytystä kutsutaan nimellä wet aging, sillä liha tekeytyy pakkauksessa omissa nesteissään. Dry aging eli ilmamureutus on vähemmän käytössä oleva raakakypsytyksen menetelmä, jolloin liha mureutuu ilman pakkausta kylmähuoneessa. [20, s. 631.] Lihaa voidaan mureuttaa myös esimerkiksi mekaanisesti, jolloin lihaskudosta rikotaan terillä, mutta tämä vaikuttaa lihan vedensidontakykyyn negatiivisesti, jolloin lopputuloksena ei saada niin mehevää lihaa [13, s. 31]. Raakakypsytykselle ominaista lihan aromia ei saada aikaan mekaanisella mureutuksella [13, s. 45].

Suurin fysikokemiallinen muutos lihassa kuoleman jälkeen on kuolonkankeuden eli rigor mortiksen kehittyminen. Lihaksen ATP:n loppuminen estää aktiini- ja myosiinisäikeiden liukumisen toistensa lomitse, jolloin ne polymerisoituvat keskenään muodostaen aktomyosiinia. Tämä johtaa lihaksen supistumiseen ja jäykistymiseen. Tässä vaiheessa lihan mureus on pienimmillään ja liha on syötäväksi kelpaamatonta sen kovuuden ja

mauttomuuden takia. [2, s. 71–72; 21, s. 315.] Raakakypsytyksen aikana kuolonkankeus laukeaa ja liha alkaa mureutua. Mureutuminen johtuu myofibrillaaristen proteiinien kuten aktiinin, myosiinin, desmiinin, troponiini T:n, vinkuliini, titiinin ja nebuliinin entsyymaattisista muutoksista. [21, s. 315–316.] Proteiineja hajottavat entsyymit eli proteaasit aktivoituvat lihassa tapahtuvien muutosten, kuten pH:n ja lämpötilan laskun sekä ionikonsentraatioiden vaihteluiden myötä [22, s. 444].

Mureuttavat entsyymit voidaan jakaa kahteen ryhmään, endogeeniset ja eksogeeniset proteaasit. Endogeenisiä proteaaseja ovat kalpaiinit sekä lysosomaaliset katepsiinit. [21, s. 316.] Kalpaiineja esiintyy luurankolihaissa kolmea eri tyyppiä: μ -kalpaiini, m-kalpaiini ja p94 eli kalpaiini 3. μ - ja m-kalpaiinien aktiivisuus määräytyy vallitsevien kalsiumkonsentraatioiden mukaan. μ -kalpaiini toimii matalammissa pitoisuuksissa ja m-kalpaiinit korkeammissa, jolloin nämä toimivat siis lihaksessa eri aikaan, vaikka hajottavatkin samoja lihassyproteiineja (titiini, desmiini ja vinkuliini) [22, s. 445]. Kalpaiini 3:n roolista mureutumisessa ei ole tarkkaa tietoa. Katepsiineja on löydetty seitsemää erilaista poikijuovaisesta lihaskudoksesta. Katepsiinit hajottavat aktiinia ja myosiinia. [3, s. 27–28; 21, s. 316.] Eksogeeniset proteaasit ovat peräisin mikrobifloorasta lihan pinnalla [21, s. 316].

Heti teurastuksen jälkeinen lihan väri määräytyy pääosin pH:n ja myoglobiinin määrän mukaan. Väri voi vaihdella purppuran punaisesta, vaalean punertavaan ja jopa harmah-tavaan sävyyn. Raakakypsytyksen aikana väri muuttuu. Värin kehittymiseen vaikuttaa maitohapon määrä, joka vaikuttaa pH:n laskuun. pH laskee, kunnes glykogeenivarastot ja entsyymiaktiivisuus ehtyvät. Tämän jälkeen pH nousee hieman. [3, s. 48.] Liian vähäinen glykolyttinen aktiivisuus johtaa korkeaan pH-arvoon ja lihan väri jää tummaksi. Liian matala pH puolestaan johtaa vaaleaan väriin. [3, s. 48; 18, s. 87.] Vakuumpakkauksessa raakakypsyminen jatkuu aina lihan kypsennykseen asti. Kuitenkin vakuumi voi vaikuttaa lihan värin säilyvyyteen negatiivisesti. [3, s. 86.] Hapettomissa oloissa vakuumin sisällä lihan väri voi muuttua tummaksi/liilahtavaksi, mutta kun pakkaus avataan ja liha pääsee jälleen hapen kanssa kosketuksiin, väri muuttuu jälleen punaiseksi. Hapellisiin olosuh-teisiin pakattu liha säilyttää punaisen värinsä, mutta lipidien hapettuminen aiheuttaa vir-hehajuja ja -makuja. [18, s. 93, 98.]

Raakakypsytyksen aikana lihan makuominaisuudet kehittyvät. Vakuumiraakakypsytytys johtaa muita raakakypsytysmetodeja hieman happamampaan makuun. Pidempi raakakypsytysaika johtaa suurempaan proteolyysin määrään. Proteolyysin myötä lihaan muodostuu vapaita aminohappoja, peptidejä ja ribonukleotidejä kuten inosiinimonofosfaattia (IMP). Nämä vaikuttavat lihan makuun. [3, s. 86; 23, s. 167.] Lihan lipidit ja pienikokoiset vesiliukoiset yhdisteet ovat tärkeitä makuaineiden esiasteita, jotka kuumennuksen yhteydessä tuottavat haihtuvia makuyhdisteitä. Nämä haihtuvat yhdisteet tuottavat lihalle ominaisen flavorin. [24, s. 278.]

3 Naudanlihan ilmamureutus

3.1 Prosessin vaiheet

Ilmamureutus on vanha ja perinteinen tapa raakakypsyttää lihaa. Tässä menetelmässä liha raakakypsy pakkaamattomana palana kylmiössä. Vakuumiraakakypsytyksen keksiminen 1960-luvulla on kuitenkin syrjäyttänyt suurimmaksi osaksi ilmamureutus tekniikan. Vakuumipakkaus on mahdollistanut esimerkiksi lihojen leikkaamisen pienempiin osiin raakakypsytystä varten ja näin helpottanut varastointia. Vakuumi myös suojaa mikrobikontaminaatioilta, hapettumiselta sekä kosteuden haihtumisesta johtuvilta painohäviöiltä. Ilmamureutustekniikassa lihat puolestaan altistuvat herkemmin mikrobikontaminaatioille ja painohäviöitä syntyy kosteuden haihtumisen takia. Ilmamureutus on siis prosessina herkempi tappioille ja vaatii siksi tarkasti kontrolloidut olosuhteet. [3, s. 84–85.] Ilmamureutus on kuitenkin viime vuosina kasvattanut suosiotaan maailmalla. Tällä menetelmällä lihaan saadaan muodostumaan uniikki makuprofiili, jota ei muilla raakakypsytyksmenetelmillä voida saavuttaa [25, s. 267; 4, s. 1.]

Ilmamureutusprosessi vaatii tarkkaa olosuhteiden optimointia lihan pilaantumisen estämiseksi. Prosessissa ilman suhteellisen kosteuden tulee olla n. 75–80 %, lämpötilan 0°–4° C ja ilmavirtauksen 0,5–2 m/s. Liika kosteus ja lämpö lisäävät mikrobien kasvun riskiä, mutta toisaalta kylmyys hidastaa mureutumista ja kuivuus lisää painohäviötä. Ohjearvoja suurempi ilmavirtaus kuivattaa lihan pintaa liikaa, mutta vähäisempi ilmavirta ei kuivata lihan pintaa tarpeeksi. Olosuhteiden optimointiin vaikuttavat myös huoneen suuruus,

lihojen asettelu huoneessa, liyahyllyjen materiaali ja rakenne, ilmanlaatu sekä valo. [4, s. 1–4.]

Suuressa tilassa optimiolosuhteiden ylläpitäminen on helpompaa, sillä esimerkiksi tilan oven avaaminen hetkeksi ei vaikuta suuren kylmiön lämpötilaan juurikaan. Olosuhteiden heilahtelua voidaan vähentää myös sillä, että ilmamureutustilaan kuljetaan toisen kylmiötilan kautta. Suurempi tila sallii myös lihojen asettelun niin, että ne ovat irrallaan toisistaan, jolloin kaikki pinnat pääsevät kuivumaan toivotulla tavalla. Liahyllyjen materiaali ei saa olla hygieniasyistä huokoista tai muutoin vaikeasti puhdistettavissa olevaa materiaalia. Hyllyrakenteen tulee myös mahdollistaa hyvä ilman kierto lihojen pinnoilla, jolloin ritilämäinen ja avoin hylly on umpinaista parempi ratkaisu. Kylmiöön virtaavan ilman tulee olla puhdasta kontaminaatoriskien minimoimiseksi. Valon määrällä on todettu voivan olla vaikutuksia tiettyjen mikrobien kasvuun ja rasvojen hapettumiseen, joten optimaalisinta olisi pitää tila pimeänä aina kun mahdollista. [4, s. 3–4.]

Ilmamureutustekniikka on vakuuimureutukseen verrattuna kalliimpi toteuttaa monesta syystä. Tarkka olosuhdekontrolli on vain yksi osa kokonaiskustannuksista. Ilmamureutusprosessi vie paljon aikaa ja raakakypsytyksajat vaihtelevat n. 21 vuorokaudesta jopa yli 100 vuorokauteen, mureutusolosuhteista ja tavoitellusta makuprofiilista riippuen. Lisäksi ilmamureutus vaatii enemmän varastointitilaa väljemmän asettelun ja pidemmän varastointiajan takia. Ilmamureutetun lihan hintaa nostaa edelleen myös veden haihtuminen lihasta, joka voi johtaa jopa 15 %:n painohäviöihin. Kuivuminen johtaa lisäksi leikkaushäviöihin, kun kova pinta kuoritaan pois lopputuotteeksi leikkaamisen yhteydessä. Tappioita aiheuttaa myös suurempi pilaantumisriski. [4, s. 1, 3.]

Ilmamureutusprosessiin sopii parhaiten luulliset ja rasvaiset ruhonosat. Pinnan paksu rasvakerros sekä luut suojaavat lihan pintaa kuivumiselta, jolloin painohäviö pysyy maltillisempana. Yleisesti prosessissa suositaan laadukasta marmoroitunutta rotukarjan naudanlihaa, sillä korkealaatuisessa lihassa myös ilmamureutuksen tuoma lisäarvo on huomattavampaa kuin matalampien laatuluokkien lihoissa. Ilmamureutusmenetelmällä pyritäänkin siis valmistamaan pääosin premium-laatuista pihvilihaa, jossa yhdistyvät kaikki kuluttajien eniten arvostamat ominaisuudet eli mureus, hyvä maku ja mehukkuus. [4, s. 2–3.]

3.2 Laatutekijät

Prosessin aikana lihan ulkonäkö muuttuu silminnähden. Pinta selvästi kuivuu ja kuivumisen myötä myös muuttuu tumman punaruskeaksi tai jopa mustaksi. [26, s. 170.] Lihan pinnassa kasvaa aina jonkinlainen mikrobikanta, joka voi olosuhteiden salliessa muuttua näkyväksikin kasvustoksi [27, s. 107]. Ilmamureutetun lihan pinnan mikrobeja on tutkittu jonkin verran, ja osan niistä arvellaan olevan jopa hyödyksi prosessille esimerkiksi maun kehittymisen kannalta. *Thamnidium*-suvun homeet voivat muodostaa pintaan harmaita karvaisia laikkuja, etenkin rasvaisiin kohtiin. Tämän suvun homeiden on tutkittu tuottavan kollagenolyttisiä entsyymejä, jotka edistävät mureutumista ja maun kehittymistä. [4, s. 4.] *Debaryomyces hansenii* -hiivaa, jota hyödynnetään juuston kypsytyksessä, on myös havaittu ilmamureutettujen lihojen pinnassa. Tämä hiiva voidaan havaita valkoisina pisteinä ja sen arvellaan myös osaltaan vaikuttavan myönteisesti lihan makuun. [27, s. 170.] Prosessin validointi vaatii kuitenkin mikrobiologisia testejä, jotta voidaan varmistua, ettei lihassa esiinny patogeenisiä mikrobeja [4, s. 4]. Lihan pinnan mikrobien lisäksi veden haihtumisella on tutkittu olevan mahdollisesti oma vaikutuksensa lihan makuun. Kosteuden haihtuminen johtaa muodostuneiden makuaineiden konsentroitumiseen, jolloin ne voidaan aistia vahvemmin. [28, s. 86–87.]

Useat tutkimukset ovat selvittäneet kuluttajien makumieltymyksiä järjestämällä aistinvraisia arviointikokeita, joissa vertaillaan ilmamureutettujen- ja vakuumimureutettujen lihojen makuja. Ilmamureutetun lihan maku on koettu lihaisammaksi sekä intensiivisemmäksi vakuumimureutettuun verrattuna, ja lihoissa on myös havaittu uniikkia pähkinäistä makua. [4, s. 6.] Eräässä tutkimuksessa 120 kuluttajaa arvioi 28 vuorokautta ilmamureutettujen ja vakuumimureutettujen naudanlihojen miellyttävyyttä sokkotestinä. Ilmamureutettu naudanliha arvioitiin miellyttävämmäksi flavorin, mureuden, mehukkuuden ja kokonaismiellyttävyyden osalta. [29, s. 290.]

Lopputuotteeksi leikattaessa ilmamureutettu liha pakataan useimmiten vakuumiin [25, s. 266]. Vakuumpakkauksen hyviä puolia ovat hapettomuus ja kosteuden säilyminen. Hapettomat olot rajoittavat tehokkaasti aerobisten mikrobien kasvua. Vakuumi kuitenkin puristaa tuotetta ja hapettomissa oloissa lihan väri muuttuu tummaksi/violetiksi. Kuitenkin pakkauksen avaamisen jälkeen lihan päästessä kosketuksiin hapen kanssa väri muuttuu nopeasti jälleen punaiseksi. [13, s. 50–51; 18, s. 93.] Arvokkaimpia naudan ulko- ja

sisäfileepihveja pakataan myös skin-yhdistelmävakuumipakkauksiin, joissa joustavamman yläkalvon ansiosta liha säilyttää paremmin alkuperäisen muotonsa [8, s. 195].

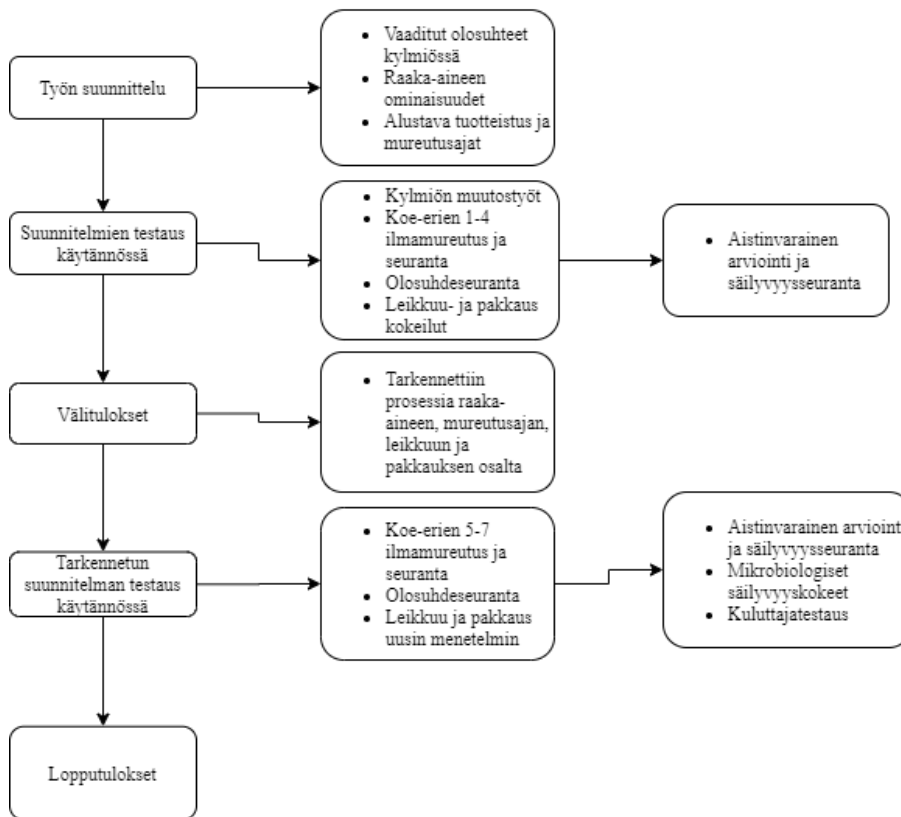
Erään tutkimuksen mukaan ilmamureutetut lihat säilyivät vakuuissa ja +4 °C:ssa säilytettynä, aistinvaraisesti lähes muuttumattomina ja mikrobiologiselta laadultaan hyväksyttävänä 11 vuorokauden ajan. Kuitenkaan varsinaisia raja-arvoja ilmamureutetun lihan mikrobimäärille tai säilyvyysajoille ei ole vielä määritetty. [25, s. 266.] Yleisesti raakakypsytettyjen lihojen kokonaismikrobimäärät voivat olla korkeita, ja siksi tuotteen laadun arvioinnissa tulisi ottaa huomioon myös aistinvarainen arvio. Tuotetta ei voida siis suoraan arvioida pelkän kokonaismikrobimäärän perusteella huonolaatuiseksi. Elintarviketurvallisuusliiton ohjearvojen mukaan raakakypsytyksessä naudanlihatuotteissa aerobisten mikrobien määrän ei tulisi ylittää maitohappobakteerien määrää sekä *E. colin* määrän tulisi olla alle 500 pmy/g. [30, s. 3.] Elintarviketurvallisuusliitto ei kuitenkaan tarjoa erillisiä ohjearvoja nimenomaan ilmamureutustekniikalla raakakypsytykselle tuotteille. Ruokamyrkytysbakteereista *E. colin* lisäksi raakalihatuotteista voidaan satunnaisesti löytää myös salmonellaa ja listeriaa. Suomessa raakalihatuotteiden salmonella- ja listeriariskit ovat kuitenkin vähäiset. Kaikki edeltävät ruokamyrkytysbakteerit tuhoutuvat, jos lihat kypsennetään kokonaan kypsiksi, vähintään +72 °C:seen. [31; 32; 33.]

4 Materiaalit ja menetelmät

4.1 Kokeellisen osuuden toteutus

Projekti aloitettiin keräämällä teoretietoa ilmamureutuksesta alustavan prosessisuunnitelman muodostamiseksi. Kokonaisuudessaan kokeellinen osuus muodostui kuvan 1 mukaisesta suunnittelusta ja käytännön kokeista. Aluksi selvitettiin ilmamureutuskylmiön olosuhdevaatimukset, prosessiin sopivan naudanlihan ominaisuusvaatimukset sekä prosessin aikana tapahtuvat odotetut muutokset mureutettavan lihan osalta. Kerättiin myös tietoa ilmamureutetun lihan pakkaamisesta ja pakatun tuotteen säilyvyydestä. Teoriatiedon pohjalta suunniteltiin tarvittavat muutokset olemassa olevaan mureutuskylmiöön, vaatimukset lähtöraaka-aineelle, alustava tuotteistus ja pakkaus. Lopuksi suunniteltiin myös seurantamenetelmät valmistusprosessille ja valmiin tuotteen aistinvaraisille

ominaisuuksille sekä säilyvyydelle. Suunnittelussa olivat osallisina Tammisen lihatukun tuotekehitystiimi, laatuvaastavat sekä myynti- ja markkinointitiimi.



Kuva 1. Vuokaavio insinööriyön kokeellisen osuuden kulusta.

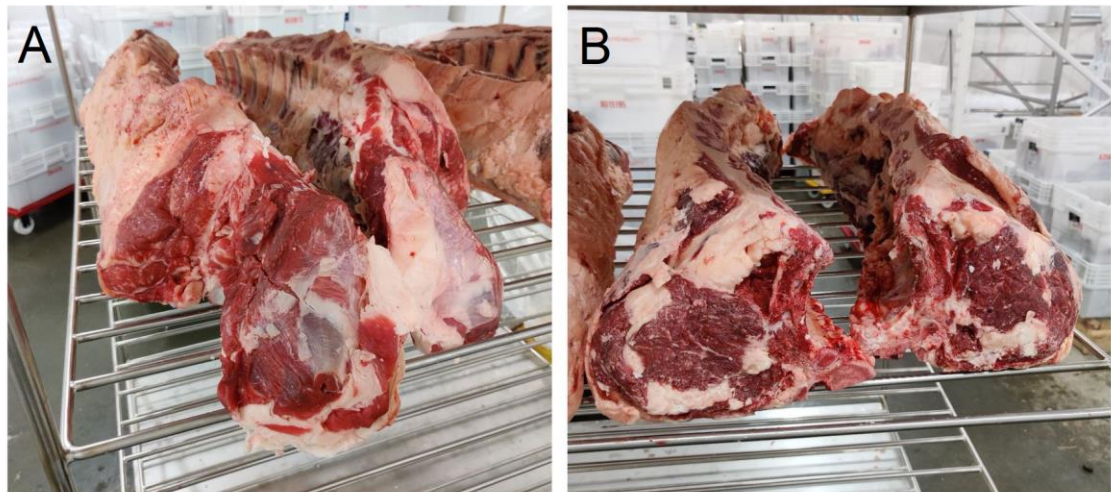
Aluksi tehtiin suunnitellut muutostyöt mureutuskylmiöön ja testattiin koejärjestelmiä käytännössä, mureuttamalla neljä koe-erää lihaa. Tammisen lihatukun Espoon laitoksella oleva mureutuskylmiö jaettiin väliseinällä puoliksi, jotta saatiin rajattua ilmamureutusprosessille muusta toiminnasta erillinen ja rauhallisempi tila. Ilmamureutuskylmiön puolelle tilattiin myös kaksi kuvan 2 mukaisia ruostumattomasta teräksestä valmistettuja ritilähyllyköitä, joissa ilma pääsee kiertämään myös lihojen alapinnoilla. Kylmiöön asennettiin olosuhteiden seuranta varten Logmore QR -dataloggerit (Logmore Oy, Latvia). Näiden muutostöiden toimivuutta lähdettiin kokeilemaan ilmamureuttamalla ensimmäiset neljä koe-erää naudanlihaa uudessa ilmamureutuskylmiössä.



Kuva 2. Ilmamureutuskylmiöön hankittiin kaksi ruostumattomasta teräksestä valmistettua avonaista ritilähyllykköä. Hyllyn avonaisuus mahdollistaa ilman kierron lihojen kaikilla pinoilla.

Erien 1–4 mureutuksen ajalta kerättiin tietoa kylmiön olosuhteista ja sopivuudesta ilmamureutuskäyttöön, raaka-aineen sopivuudesta prosessiin, lihassa tapahtuvista muutoksista, erilaisten tuotteistustapojen toimivuudesta sekä lopputuotteen ominaisuuksista. Saatujen tulosten perusteella tarkennettiin koejärjestelyjä raaka-aineen, mureutusajan, tuotteistuksen ja pakkaustavan osalta.

Ensimmäiset lihaerät 1–4 koostuivat kahdesta kuvan 3 mukaisesta kokonaisesta rotukarjan naudan fileeselästä/erä. Eräkoot olivat massaltaan 44,5–50 kg. Kaikki erät pyrittiin ottamaan aberdeen-angus- tai hereford rodun 300–400 kg:n painoluokan sonnien ruhoista, joiden rasvaluokka olisi 3–4. Rodut ja ruhojen ominaisuudet pyrittiin valitsemaan niin, että lihassa olisi paksu pintarasva sekä marmoroituneisuutta.



Kuva 3. Kuvassa erän 2 kokonaiset fileeselät mureutusprosessin alussa asetettuna ilmamureutushyllyyn luupuoli alaspäin, pienen välimatkan päähän toisistaan. Fileeselät ovat kuvattuna molemmista päistä, sillä ne eroavat toisistaan huomattavasti. Kuvassa A fileeselkien takapäät, joissa nähtävissä ulkonevana osana sisäfileetä. Kuvassa B fileeselkien etupäät.

Toteutuneiden erien ominaisuudet vaihtelivat hieman sen mukaan, millaisia ruhoja oli saatavilla. Fileeselät leikattiin ruhoista Tammisen Vantaan lihan leikkaamolla ja lähetettiin samana aamuna Espoon laitokselle muoviin pakattuna kylmäkuljetusautolla. Espoossa lihat poistettiin kuljetuspakkauksesta ja asetettiin ilmamureutuskylmiön hyllyyn joko samana tai seuraavana aamuna toimituksesta. Lihat olivat siis vaihtelevasti kuljetuspakkauksessaan n. 1–24 tunnin ajan. Lihat sijoitettiin luupuoli alaspäin, muutaman sentin välimatkan päähän toisistaan hyllyyn, jotta ilman kierto kaikilla pinnoilla olisi esteetöntä.

Neljällä ensimmäisellä lihaerällä testattiin mureutusprosessin vaikutuksia lihaan. Haluttiin määrittää sopivan mureutusajan pituus, jonka aikana lihaan muodostuisi haluttu makuprofiili. Kokeillut mureutusajat olivat 21, 28 ja 35 vuorokautta. Tarkemmat tiedot eristä ja niiden mureutusajoista taulukossa 1. Mureutusajat valittiin teoriatiedon pohjalta, sillä oletuksella, että ilmamureutukselle ominainen makuprofiili muodostuisi jollakin näistä vaihtoehtoista. Tavoitteena oli saavuttaa haluttu makuprofiili mahdollisimman lyhyessä ajassa pilaantumisriskin minimoimiseksi. Lisäksi näillä erillä kokeiltiin erilaisia lopputuotteeksi leikkaamisen tapoja tuotteistuksen tarkentamiseksi. Kokeiluissa leikattiin luuttomia ja luullisia pihvejä ulkofileestä sekä välilylyksestä eri kokoisina ja erilaisilla pintarasvan määrillä. Sisäfileestä leikattiin erikokoisia pihvejä ja paloja.

Taulukko 1. Erien 1–4 lähtötiedot ja toteutunut ilmamureutusaika.

Eränumero	Raaka-aine	Eräkoko	Rotu	Ruhon painoluokka (kg)	Ruhon rasvaluokka	Ilmamureutusaika (vrk)
Erä 1	Kokonainen naudan filee-selkä	2 fileesellä (yht.50 kg)	Aberdeen-angus	300–400	3	28
Erä 2	Kokonainen naudan filee-selkä	2 fileesellä (yht. 45 kg)	Aberdeen-angus	300–400	3	21
Erä 3	Kokonainen naudan filee-selkä	2 fileesellä (yht.46,5 kg)	Hereford	434	3	35
Erä 4	Kokonainen naudan filee-selkä	2 fileesellä (yht. 44,5 kg)	Hereford	418	3	35

Ensimmäisten koe-erien aikana ilmamureutustilaa ei onnistuttu kokonaan rauhoittamaan pelkästään tälle prosessille, sillä väliseinän rakennusprojektia suoritettiin samalla kun erät 1 ja 2 olivat jo mureutumassa. Tämän takia mureutushyllyn yksi sivu peitettiin viikon ajaksi muovilla lihojen suojaamiseksi. Lisäksi tilan puutteen vuoksi ilmamureutuskylmiön puolelle jouduttiin ajoittain varastoimaan myös muita, pakattuja lihatuotteita. Näiden häiriötekijöiden mahdolliset vaikutukset lopputuotteiden laatuun tuli ottaa huomioon arvioi-
dessa kylmiön ja sen olosuhteiden sopivuutta ilmamureutuskäyttöön.

Erien 5–7 avulla kokeiltiin ilmamureutusta, erien 1–4 tulosten perusteella rajatuin menetelmin. Kylmiön osalta olosuhteet pidettiin muuten samoina, mutta tilalle ja mureutushyllyille tehtiin ennen kokeiden aloitusta pesu hygienian parantamiseksi. Raaka-aineen osalta vaatimukset pysyivät muuten samoina kuin aiemmin, mutta fileeselistä poistettiin sisäfilee kokonaan ja selkäpalan päädyt pyrittiin leikkaamaan mahdollisimman suoriksi. Nämä kuvan 4 mukaiset muutokset raaka-aineen osalta tehtiin lihojen käsittelyn helpottamiseksi sekä leikkaushävikin vähentämiseksi lopputuotteeksi leikkaamisen yhteydessä.



Kuva 4. Erän 5 fileeselät mureutusprosessin alussa kuvattuna molemmista päistä. Sisäfileen poiston myötä molemmat päädyt voitiin leikata mahdollisimman suoriksi.

Sisäfileettöminä erien 5–7 eräpainot olivat 29–34 kg, eli hieman pienempiä kuin ensimmäiset neljä erää. Tarkemmat erätiedot löytyvät taulukosta 2. Lihat aseteltiin hyllyyn samalla tavalla kuin aiemmassa kokeessa, luupuoli alaspäin ja muutaman sentin välimatkan päähän toisistaan. Mureutusajaksi valittiin ensimmäisen kokeen tulosten perusteella parhaaksi todettu 28 vuorokautta. Lihaerät ja kylmiön olosuhteet tarkistettiin jälleen viikoittain aiempien erien tapaan.

Taulukko 2. Erien 5–7 lähtötiedot ja toteutunut ilmamureutusaika.

Eränumero	Raaka-aine	Eräkoko (kg)	Rotu	Ruhon rasvaluokka	Ruhon painoluokka (kg)	Ilmamureutusaika (vrk)
Erä 5	Naudan fileesellä ilman sisäfilettä	2 fileesellä (yht. 34 kg)	Hereford	2+	403	28
Erä 6	Naudan fileesellä ilman sisäfilettä	2 fileesellä (yht. 29 kg)	Hereford	3+	382	28
Erä 7	Naudan fileesellä ilman sisäfilettä	2 fileesellä (yht. 34 kg)	Aberdeen-angus	4	Ei tiedossa	28

Erien 5–7 avulla varmistettiin tarkennetun suunnitelman toimivuus. Toimivuuden varmistamisen myötä voitiin tehdä lopulliset päätökset tuotteiden valmistusprosessista.

4.2 Ilmamureutuskylmiön olosuhteiden seuranta

Kylmiön olosuhteita seurattiin tarkistamalla viikoittain ilmamureutuskylmiöön asennettujen QR-dataloggereiden tiedot. Loggerit mittasivat jatkuvasti 15 minuutin välein lämpötilaa, ilman suhteellista kosteutta ja valon määrää tilassa. Näistä tiedoista kiinnitettiin erityistä huomiota lämpötilaan ja ilman suhteelliseen kosteuteen, sillä niillä oletettiin olevan suurin vaikutus prosessin onnistumisen kannalta. Tavoitteena oli säätää huoneen olosuhteet niin, että lämpötila olisi n. 0–1 °C ja vallitseva ilman suhteellinen kosteus n. 75–85 %. Ilmavirtauksen voimakkuutta ei mitattu. Valaistuksen osalta ei asetettu tavoitetta, sillä ilmamureutuskylmiön valaistukselle ei lisätty omaa säätömahdollisuutta. Tilassa oli siis valot päällä n. 18 h/vrk. Tiedostettiin kuitenkin, että valon määrällä voi olla vaikutuksia rasvojen hapettumiseen ja joidenkin mikrobien kasvuun.

4.3 Lihaerien seuranta ja lopputuotekokeilut

Kaikki lihaerät tarkastettiin ennen mureutuksen aloitusta sekä sen jälkeen kerran viikossa mureutuksen edetessä. Uusista eristä kerättiin aina taulukkojen 1 ja 2 mukaiset lähtötiedot. Tarkistuksien yhteydessä lihat punnittiin painohäviöiden selvittämiseksi. Lihat myös kuvattiin ja arvioitiin silmämääräisesti värimuutoksia, pinnan kuivumista sekä mahdollisia mikrobikasvustoja. Lihojen hajua arvioitiin myös viikoittain, mahdollisten virhehajujen ja pilaantumisen merkkien varalta.

Ilmamureutuksen jälkeen ensimmäiset lihaerät (erät 1–4) lähetettiin Espoon laitokselta Tammisen Vantaan leikkaamolle, muoviin pakattuna, kylmäkuljetusautolla. Leikkaamalla lihat käsiteltiin heti niiden saavuttua perille. Lihojen leikkausta varten puhdistettiin erillinen työpiste ja työvälineet. Leikkaus tapahtui pääosin käsin, veitsellä leikkaamalla. Vannesahaa käytettiin luullisten pihvien leikkauksessa luun katkaisemiseksi.

Eri erien 1–4 leikkaustavat vaihtelivat hieman suunnitteluvaiheessa olleen tuotteistuksen muutosten mukaan. Ulkofileiden ja välilyllysten osalta kokeiltiin erilaisia leikkuutapoja,

jotta voitaisiin selvittää, kannattaako lopputuote jättää luulliseksi vai leikata luuttomaksi. Lisäksi arvioitiin erilaisia tuotekokoja ja pihveihin jätettävän makurasvan määrää. Sisäfileen osalta kokeiltiin pihvien ja suurempien fileepalojen leikkuita. Kaikki lopputuotteet kuvattiin ja muodostuvien leikkuuhäviöiden määrää seurattiin punnitsemalla leikkuujäte. Tuotteet pakattiin saman päivän aikana Vantaan laitoksella syvävetokoneella vakuumpakkauksiin ja siirrettiin kylmävarastoon odottamaan säilyvyyskokeita.

Erien 5–7 mureutusvaiheen jälkeistä prosessia yksinkertaistettiin järjestämällä lopputuotteeksi leikkaus ja pakkaus Espoon laitoksella. Nyt fileeselät voitiin työntää mollavauunuun nostettuna ilmamureutuskylmiöstä viereiseen huoneeseen leikattavaksi. Leikkaus tapahtui puhdistetulla pöydällä ja välineillä. Leikkuutapaa muutettiin erien 1–4 kokeilujen perusteella tarkennetun tuotteistuksen mukaiseksi. Lopullisen tuotteistussuunnitelman mukaisesti leikattiin pelkästään luuttomia pihvejä: Ulkofileepihvi makurasvalla 300 g/kpl ja välikyljyspihvi makurasvalla 350 g/kpl. Makurasvan määrä pyrittiin jättämään mahdollisimman suureksi eli rasvapinnasta siistittiin vain suurimmat epätasaisuudet. Leikkaus luuttomaksi onnistuu kokonaan käsin veitsellä, joten vannesahan tarve prosessista poistui. Pakkaus suoritettiin siirtämällä pihvit käsin vakuumpakkauspusseihin (PA/PE) ja sen jälkeen pakkaukset vakumoititiin ja saumattiin kiinni kammiovakuumikoneella. Pakkausprosessi muuttui siis syvävetokoneella pakkaamiseen verrattuna hieman käsityöpainotteisemmaksi, mutta laitevaatimuksiltaan yksinkertaisemmaksi ja edullisemmaksi.

4.4 Säilyvyyskokeet

4.4.1 Aistinvarainen arviointi

Jokaisesta koe-erästä otettiin osa pakatuista pihveistä Tammisen tuotekehitystiimin seurantaan. Seurantaan otettiin eristä 1–4 sekä luullisia että luuttomia pihvejä, jotta saataisiin selville mahdolliset erot näiden välillä. Pihvejä säilytettiin tuotekehityksen jääkaapissa (n. 2–4 °C) pisimmillään kahdeksan viikon ajan, vaihdellen sen mukaan kuinka nopeasti pilaantumisen merkkejä havaittiin. Selvästi pilaantuneita tuotteita ei koettu järkeväksi enää säilyttää. Säilyvyyttä arvioitiin lihan sekä pakkauksen ulkonäön perusteella, pakkauksesta avatun lihan hajun, ulkonäön ja kypsennetyn tuotteen maun perusteella. Pilaantumisen merkeiksi tulkittiin kaasun muodostuminen pakkaukseen, lihan hapen/epämiellyttävä haju tai maku sekä värivirheet. Jokaisesta tuote-erästä paistettiin

pihvejä ja maistettiin tuotteita maun, rakenteen ja hajun tutkimiseksi. Mureuden ja mehukkuuden lisäksi tavoiteltiin erityisesti ilmamureutukselle ominaista täyteläistä ja pähkinäistä makuprofiilia. Erien 1–4 makutestien perusteella haluttiin löytää aistinvaraisen laadun kannalta paras mureutusaika lihoille. Nämä aistinvaraiset kokeet suorittivat yrityksen tuotekehittäjistä ja myyntipäälliköistä koostunut raati (n=10), joilla on laajaa tuotetuntemusta lihatuotteista.

4.4.2 Mikrobiologinen laatu

Valmiiden tuotteiden säilyvyyttä vakuumpakattuna kylmiössä selvitettiin tarkemmin lähettämällä lopullisen tuotteistuksen mukaisista erän 5 pihveistä näytteitä HKScan Finland Oy Laboratorioille. Laboratoriolta tilattiin seuraavat tutkimukset: selvitys aerobisten bakteerien kokonaismäärästä, E. colin, EHEC-bakteerien, salmonellan, maitohappobakteerien ja listerian määrän selvitys, pH-arvon mittausta sekä aistinvarainen arvio raajan tuotteen hajusta ja ulkonäöstä pakattuna sekä ilman pakkausta. Säilyvyyttä seurattiin teettämällä nämä tutkimukset kolmannelta säilytysviikosta eteenpäin aina viikon välein, aina kahdeksanteen säilytysviikkoon asti. Tutkimuksista aistinvarainen arvio suoritettiin aina ensin ja aistinvaraisen laadun ollessa hyvä, tehtiin myös mikrobiologiset testit. Aistinvaraisen laadun ollessa huono, ei mikrobiologista analyysiä tehty.

4.5 Kuluttajatesti

Lopullisen tuotteistuksen mukaisien tuotteiden aistinvaraisten ominaisuuksien miellyttävyyttä ja mahdollisen ostajan suhtautumista tuotehintaan haluttiin tutkia kuluttajatestin muodossa. Erän 6 ulkofileepihvejä jaettiin 14 halukkaalle testaajalle insinööriyön tekijän tuttavapiiristä. Testaajajoukko valittiin niin, että jokaisen testaajan normaaliruokavalioon kuuluu naudanliha, testaajat ovat iältään 25–65-vuotiaita ja he arvostavat laadukasta naudanlihapihviä edes jonkin verran. Näillä rajauksilla pyrittiin pitämään testaajajoukko oletettua tuotemyynnin kohderyhmää vastaavana. Kuluttajaraadin tuli arvioida kypsennetyt tuotteet maun, mureuden sekä mehukkuuden miellyttävyyttä sekä tuotteen hinnan sopivuutta syöntilaadun perusteella liitteen 1 mukaisen arviointilomakkeen ja pihvin valmistusohjeen avulla. Pienen otannan takia tällä tutkimuksella kerättiin vain suuntaa antavaa tietoa kuluttajien suhtautumisesta tuotteeseen.

Esitietokysymysten perusteella kartoitettiin osanottajien ikä- ja sukupuolijakauma, kuinka paljon naudanlihapihviä arvostetaan, naudanlihapihvien syöntitiheyttä ja sitä, onko henkilöllä aiempaa kokemusta ilmamureutetun naudanlihan syönnistä. Aistinvaraisia ominaisuuksia maun, mureuden, mehukkuuden ja kokonaismiellyttävyyden osalta arvioitiin asteikolla 1–7, jossa arvo 1 vastaa sanallista määritelmää ” Ei lainkaan miellyttävä” ja arvo 7 määritelmää ” Erittäin miellyttävä”. Arvioitavat ominaisuudet valittiin sen mukaan, mitä naudanlihassa yleisesti pidetään tärkeimpinä syöntilaatuun vaikuttavina tekijöinä kuluttajien keskuudessa. Aistinvaraiseen arvioon perustuen selvitettiin lopuksi kuluttajan halukkuutta ostaa vastaava tuote sekä suhtautumista mahdolliseen tuotehintaan. Kysymyksissä esitetty tuotehinta perustuu Tammisen lihatukun arvioon tulevasta tuotehinnasta, joka on n. 70 €/kg. Kysymykset hinnasta esitettiin nimenomaan aistinvaraiseen arvioon perustuen, sillä lopullista myyntipakkausta ei vielä ollut mahdollista saada testi- lihoihin.

Kuluttajatestin olosuhteet haluttiin pitää mahdollisimman hyvin sitä vastaavassa tilanteessa, kuin jos testihenkilö olisi itse ostanut tuotteen kaupasta. Pihvejä säilytettiin valmistuksen ja pakkauksen jälkeen jääkaapissa yhden viikon ajan, ennen tuotteiden jakoa testaajille. Tämä aika vastaa suurin piirtein toteutuvaan logistiikkaketjuun kuluvaan aikaa, kun tuote matkaa teollisuudesta kaupan kautta kuluttajalle. Testihenkilöille ainoat annetut tiedot tuotteesta olivat tuotteen nimi ”ilmamureutettu naudan ulkofileepihvi”, mureutusaika (28 vrk) ja lyhyt valmistusohje tuotteelle. Ohje vastasi sisällöltään tulevaan tuotteen myyntipakkaukseen kirjattavaa valmistusohjetta. Testaajat saivat itse paistaa annettun pihvin ohjetta apuna käyttäen, omassa kodissaan ja valitsemana ajankohtana viikon sisään pihvien jakelusta.

5 Tulokset ja niiden tarkastelu

5.1 Yleistä

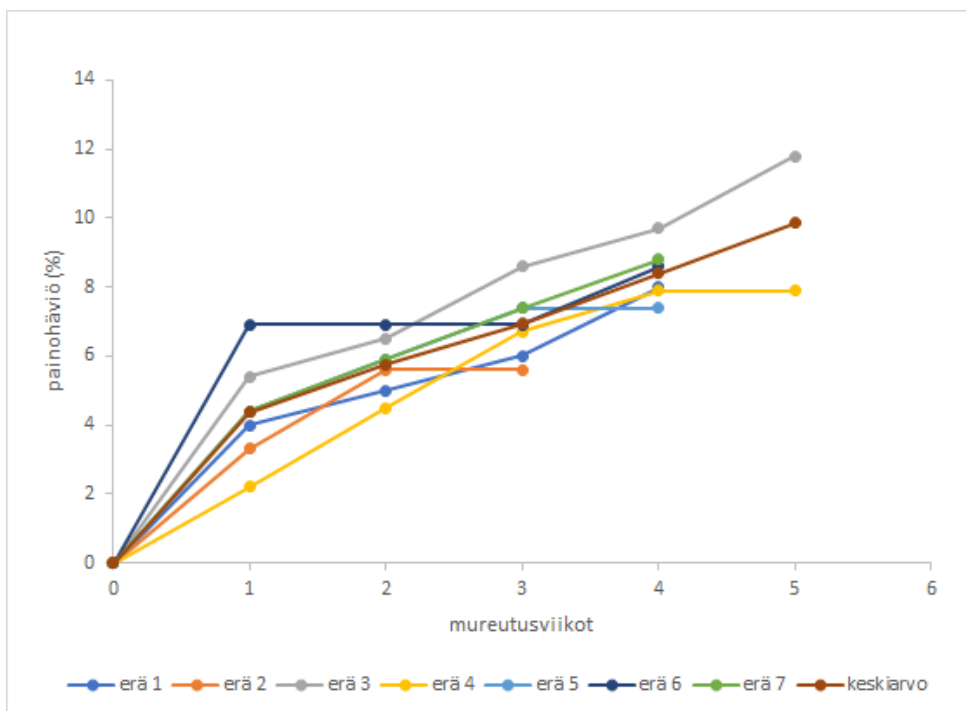
Työn kokeellisen osuuden aikana onnistuttiin saavuttamaan projektin päätavoitteet. Mureutuskylmiö todettiin tehtyine muutoksineen lihojen ilmamureutuskäyttöön sopivaksi. Lihaerien seurannalla saatiin muodostettua hyvä kuva siitä, mitä aistinvaraisia ja fysikaalisia muutoksia lihoille mureutusprosessin aikana tapahtuu. Koe-erien avulla selvitettiin

myös tarkempi prosessin kulku ja toimintatavat raaka-aineen, mureutusajan ja lopputuotteen osalta. Aistinvaraisilla- ja mikrobiologisilla säilyvyyskokeilla määritettiin tuotteiden säilyvyysaika. Kuluttajatestauksen muodossa kerättiin alustava tietoa kuluttajien suhtautumisesta tuotteen aistinvaraisiin ominaisuuksiin sekä hintatasoon.

5.2 Lihaerien fysikaaliset ja aistinvaraiset muutokset ilmamureutuksen aikana

Lopputuotteeseen tavoiteltiin ilmamureutukselle ominaista makuprofiilia, mutta tärkeimpänä kriteerinä pidettiin sitä, etteivät lihat pilaannu prosessin aikana. Lihojen säilyvyyttä seurattiin tässä vaiheessa projektia aistinvaraisesti. Mikäli lihojen haju tai ulkonäkö olisi antanut viitteitä pilaantumisesta, esimerkiksi näkyvä homekasvu tai paha haju, olisi kylmiön olosuhteita ollut tarpeen säätää. Mikään koe-eristä ei kuitenkaan aistinvaraisen arvioinnin perusteella pilaantunut mureutusprosessin aikana. Kosteuden haihtuminen on ilmamureutusprosessin onnistumisen kannalta välttämätöntä, sillä lihan kuivuvan ulkopinnan madaltuva veden aktiivisuus rajoittaa mikrobikasvua ja näin estää pilaantumista [34, s. 559]. Kuitenkin monet hiivat ja homeet voivat kasvaa veden aktiivisuuden osalta hyvinkin erilaisissa olosuhteissa [35, s. 154].

Mureutuksen aikana tavoiteltiin lihojen pinnan kuivumista, mutta kuitenkin maltillisia painohäviöitä. Painohäviöitä seurattiin viikoittaisilla lihaerien punnituksilla. Haihtuneen kosteuden määrällä ja raakakypsytyksellä havaittiin selvä yhteys (kuva 1). Pääosin mitä kauemmin lihaa raakakypsytettiin ilmamureutuskylmiössä, sitä enemmän painohäviötä syntyi. Kuitenkin eri erien painohäviöissä oli jonkin verran viikoittaista vaihtelua.



Kuva 5. Lihaerien 1–7 kosteuden haihtumisesta johtuvat painohäviöt (%) ilmamureutuksen aikana viikoittain sekä keskiarvokäyrä.

Mitatut lopulliset painohäviöt vaihtelivat 5,6–11,8 %, joista pienin arvo 21 vuorokauden mureutusjaksosta erässä 2 ja suurin 35 vuorokauden mureutusjaksosta erässä 3. Keskimäärin 53 % kaikkien erien kosteushäviöistä muodostui ensimmäisen mureutusviikon aikana. Tämän jälkeen lihan pintaan muodostunut kuivempi ”kuori” oli hidastanut kosteuden haihtumista merkittävästi. Erän 4 ja 6 kohdalla havaittiin muista eristä poikkeavia painohäviöitä, etenkin ensimmäisen mureutusviikon kohdalla. Erä 4 poikkeaa muiden erien painohäviötrendistä, sillä ensimmäisen viikon aikana tapahtunut kosteuden haihtuminen on vähäisempää, vain 28 % kokonaispainohäviöstä on muodostunut. Erän 6 kohdalla puolestaan ensimmäisen viikon aikana muodostunut painohäviö on 80 % kokonaispainohäviöstä ja siten suurempi kuin muilla erillä. Syitä näihin erien 4 ja 6 muista eroaviin painohäviöihin ei saatu selville, sillä kaikkia eriä käsiteltiin prosessin aikana mahdollisimman samanlaisin tavoin ja samankaltaisissa olosuhteissa.

Muihin tutkimuksiin verraten mitatut painohäviöt olivat odotetun kaltaisia ja pysyivät maltillisina, eli liiallista kuivumista ja turhaa saantotappiota ei päässyt muodostumaan. Eräessä tutkimuksessa mitattiin luullisista naudan ulkofileistä 35 vuorokauden ilmamureutusjakson jälkeen 11,16 %:n keskimääräiset painohäviöt [36, s. 2, 6]. Tämä tulos on

hyvin samanlainen verrattuna 35 vuorokauden jälkeiseen painohäviöön erien 3 ja 4 kohdalla, joiden keskimääräinen painohäviö oli 9,9 %. Mureutusjakson pituuden vaikutus painohäviöihin oli myös odotusten mukaista. Muissakin tutkimuksissa on havaittu painohäviöiden kasvaneen mureutusajan pidentyessä [34, s. 559].

Lihojen värin tummumisen havaittiin olevan yhteydessä ilmamureutusaikaan ja pinnan kuivumiseen. Mitä kauemmin lihoja mureutettiin, sitä tummemmaksi pinnan väri muuttui. Kuvassa 2 on esitettyä erässä 1 havaitut värimuutokset mureutusprosessin aikana.



Kuva 6. Kuvasarja erän 1 kokonaisten fileeselkien ulkonäön muutoksesta neljän viikon ilmamureutuksen ajalta. Numerot kuvastavat sen hetkistä mureutusaikaa vuorokausina. Ilmamureutuksen myötä lihan pinnat tummuvat lähes mustiksi.

Pintojen tummuminen oli odotettavissa ja ulkonäöllisesti koe-erien lihat vastasivat hyvin myös muiden ilmamureutustutkimusten yhteydessä kuvattuja lihoja [26, s. 170].

Tummumisen lisäksi ulkonäöllisenä muutoksena erien 3 ja 4 lihoissa havaittiin vähäistä kiteistä ja valkoista mikrobikasvustoa. Lihan rasvattomammissa kohdissa kasvusto esiintyi pieninä valkoisina pisteinä ja rasvan päällä muutamana isompana valkoisena läiskänä (kuva 3). Havainnot tehtiin samana päivänä, kun kolmannen erän lihat olivat 28 vuorokauden ikäisiä ja neljännen erän lihat 21 vuorokauden ikäisiä. Kolmannessa erässä tätä kasvustoa havaittiin suuremmat määrät. Molemmat erät raakakypsytettiin kasvustosta huolimatta suunniteltuun 35 vuorokauden ikään asti samalla tarkasti seuraten kasvuston määrän kehittymistä



Kuva 7. Erän 3 lihojen pinnalla havaittuja mikrobiologisia muutoksia nuolten osoittamissa kohdissa. Rasvattomammissa kohdissa kasvusto esiintyi pieninä valkoisina pisteinä ja rasvan päällä suurempana valkoisena läiskänä.

Ajan myötä mikrobikasvuston määrä vaikutti pysyvän silmämääräisesti samana kuin ensimmäisellä havaintohetkellä. Kasvuston ilmestymisen syytä ei voitu tarkasti selvittää, eikä suoritettu tarkempaa tutkimusta mikrobilajin selvittämiseksi. Lopputuotteeksi leikkaamisen yhteydessä lihan ulkopinnat siistitään leikkaamalla, jolloin nämä pinnat, joissa muutoksia havaittiin eivät päätyneet lopputuotteeseen. Tuotekehitystiimin tekemän

aistinvaraisen arvion mukaan kasvusto ei vaikuttanut lopputuotteen aistinvaraisiin ominaisuuksiin.

Vaikka kuivunut kuori rajoittaa mikrobikasvua ilmamureutettavien lihojen pinnoilla, on pinnoilla havaittu aerobisia bakteereita, maitohappobakteereita sekä erilaisia homeita ja hiivoja. Ajoittain homeet ja hiivat muodostavat näkyviä kasvustoja lihojen pinnoille, mutta tämä ei välttämättä itsessään indikoi laadun tai -turvallisuuden heikentymistä [34, s. 559; 27, s. 107]. Joidenkin homeiden ja hiivojen on jopa arveltu olevan prosessille hyödyllisiä erityisesti maun kehittymisen kannalta [4, s. 4; 27, s. 107].

Projektin kannalta oli tärkeää selvittää, missä ajassa haluttu maku saadaan muodostumaan lihaan, ilman suurta riskiä pilaantumisesta tai liiallisesta painohäviöstä. Maku oli hyvin tärkeänä pidetty arviointikriteeri prosessin onnistumiselle. Maun kehittyminen vaatii aikaa, mutta mureutusajan pidentyessä myös riski lihojen pilaantumisesta kasvaa. Tuotekehitystiimin lihoille tekemien aistinvaraisten arviointien perusteella 21 vrk:n aikana toivottua makuprofiilia ei ollut vielä havaittavissa. 28 vrk:n ikäisistä lihoista puolestaan tämä toivottu makuprofiili löytyi ja tätä makua kuvailtiin tuhdiksi ja pähkinäiseksi. 35 vrk:n ikäisissä lihoissa ei havaittu enää merkittävää eroa aistinvaraisten ominaisuuksien kannalta, verrattuna 28 vrk:n ikäisiin. Prosessin kustannusten ja lopputuotteen hinnan kannalta on tärkeää pitää mureutusjakso mahdollisimman lyhyenä, joten todettiin, että tämä 28 vrk:n aikajakso oli paras vaihtoehtoista.

5.3 Kylmiön olosuhteiden sopivuus

Kylmiön olosuhteita haluttiin muuttaa ilmamureutusprosessille sopivammiksi erityisesti rajaamalla ilmamureutukselle oma tila kylmiöstä ja hankkimalla rutilähylyyköt lihoille. Rakenteellisten muutosten lisäksi oli tärkeää selvittää kylmiössä vallitsevan lämpötilan, suhteellisen ilmankosteuden sekä ilmavirtauksen voimakkuuden sopivuus tähän prosessiin. Kylmiön lämpötilaa ja kosteutta seurattiin koe-erien mureutuksen aikana QR-dataloggereilla. Ilmavirran voimakkuutta ei mitattu.

Tilan rajaaminen ja rauhoittaminen vain ilmamureutusprosessille tapahtui asteittain projektin edetessä. Suurin muutos tämän kannalta oli väliseinän rakentaminen, jolloin ilmamureutukselle saatiin fyysisesti rajattua oma tila. Ilmamureutushuoneen hygieniatasoa

on helpompi ylläpitää, kun tilassa ei ole muuta toimintaa. Rakennusprojekti tapahtui kuitenkin osittain samaan aikaan erien 1 ja 2 mureutuskokeiden aikana. Erät 1 ja 2 suojattiin rakennustyön takia viikon ajaksi kiinnittämällä muovi mureutushyllyn yhden sivun eteen. Rakennustyöllä ei kuitenkaan havaittu olevan vaikutuksia kyseisten erien mureutusprosessiin. Alkuperäisenä tavoitteena oli myös saada tilaan omilla säädöillä toimiva kylmälaite sekä valaistus, mutta ainakin toistaiseksi ne jätettiin vielä yhteiseksi koko muun kylmiön kanssa. Tämä tarkoittaa sitä, että ilmamureutustilassa on lähes vuorokauden ympäri valot päällä, eikä sen lämpötilaa pystytä erikseen säätämään.

Pakkaamattomana ilmamureutettavat lihat ovat koko ajan hapen kanssa tekemisissä ja näin altistuvat hapettumiselle. Tilan valoisuudella on todennäköisesti lihan rasvojen hapettumista nopeuttava vaikutus, sillä valo saa aikaan foto-oksidaatio-reaktion. Rasvojen hapettuminen voi esimerkiksi aiheuttaa virrehajuja, -makuja ja -värejä lihatuotteisiin. Valoisuuden lisäksi myös muut säilytysolosuhteet vaikuttavat hapettumiseen. Hapettumisen määrä kasvaa ajan myötä, mutta kylmiön alhainen lämpötila hidastaa reaktiota. [37, s. 2, 8, 14.]

Hyllyjen materiaali ja rakenne todettiin prosessiin sopiviksi. Ruostumaton teräs on hygieeninen materiaali, joka on helppo puhdistaa ja desinfioida. Ritiämäiset hyllyt edesauttoivat ilman kiertoa myös lihojen alapinnoilla, jolloin lihat eivät pilaannu, eikä lihojen kääntely prosessin aikana ollut tarpeellista. Kylmiön hygieniatason parantamiseksi kylmiölle ja hyllyille tehtiin pesu, ennen erien 5–7 lihojen mureutusta. Jatkossa suunnitelmassa on suorittaa kylmiön peruspesu säännöllisin väliajoin muutaman kerran vuodessa.

Lämpötilaa ja ilman suhteellista kosteutta seurattiin koko projektin ajan. Lämpötila vaihteli projektin aikana -3 :n $+2,2$ °C:n välillä keskiarvolukeman jäädessä $-0,1$ °C:seen. Ilman suhteellinen kosteus puolestaan vaihteli 73–100 % ja keskiarvo oli ~ 97 %. Ilmavirran voimakkuutta ei mitattu ollenkaan, sillä prosessi todettiin toimivaksi näissä olosuhteissa. Lämpö- ja kosteusolosuhteita ei muutettu projektin aikana eli kaikki kylmälaitteen säädöt pidettiin samana. Kyseiset olosuhteet olivat siis samat jokaiselle erälle.

Lämpötila- ja kosteusolosuhteet eivät pysyneet projektin aikana täysin ennalta suunnitelluissa raja-arvoissa (n. 1 °C ja 75–85 %), sillä kylmälaitteen toiminnan takia olosuhteet vaihtelivat sykleittäin. Kylmälaite puhaltaa kylmää ilmaa tasaisin väliajoin, jolloin ilmavirta

tilassa voimistuu, ilma kylmenee ja kuivuu. Kun voimakkaampi puhallus taukoaa myös lämpötila ja ilman suhteellinen kosteus alkaa nousta. Lämpötila pysyi kuitenkin keskimäärin hyvin lähellä tavoiteltua arvoa. Ilman suhteellinen kosteus puolestaan oli keskimäärin reilusti korkeampi kuin oli suunniteltu. Tämä ei kuitenkaan aiheuttanut ongelmia lihojen pintojen kuivumiselle, sillä oletettavasti ohjearvoja ajoittain voimakkaampi ilmavirta kompensoi suurempaa ilman suhteellista kosteutta. Lihojen pinnat pääsivät siis il-mavirran ansiosta kuivumaan toivotulla tavalla.

5.4 Tuotesaannot ja lopputuotteen säilyvyys vakuumipakattuna

Lopullisen tuotesaannon määrä vaikuttaa suuresti lopputuotteen hinnan muodostumiseen. Ilmamureutusprosessissa lihan kosteuden haihtumisen takia muodostuu painohäviöitä. Lisäksi mureutusjakson jälkeen syntyy leikkaushäviöitä. Lopputuotteeksi leikattaessa fileesekien kuivunut pinta leikataan pois veitsellä. Halutun lopputuotteen mukaan voidaan myös poistaa luut sekä rasvakerrosta. Leikkuukokeiden avulla selvitettiin muodostuvien leikkuuhäviöiden määrää ja laskettiin lopulliset tuotesaannot. Uutta tuotetta kehitettäessä täytyy myös selvittää lopputuotteen säilyvyysaika. Lopputuotteiden säilyvyyttä vakuumipakattuna tutkittiin sekä aistinvaraisin että mikrobiologisin menetelmin.

Leikkuukokeiden myötä päädyttiin tuotteistamaan luuttomat pihvit makurasvalla ulkofi-leestä ja välilylyksestä (kuva 8.) Luullisia pihvejä leikattaessa jouduttiin luiden katkaisu-miseen käyttämään vannesahaa. Luuttomaksi leikkaaminen puolestaan onnistuu koko-naan käsin veitsellä, ja se koettiin helpommaksi ja turvallisemmaksi vaihtoehdoksi. Tämä valinta siis poistaa kokonaan vannesahan tarpeen, jolloin säästetään välinekustannuk-sissa.



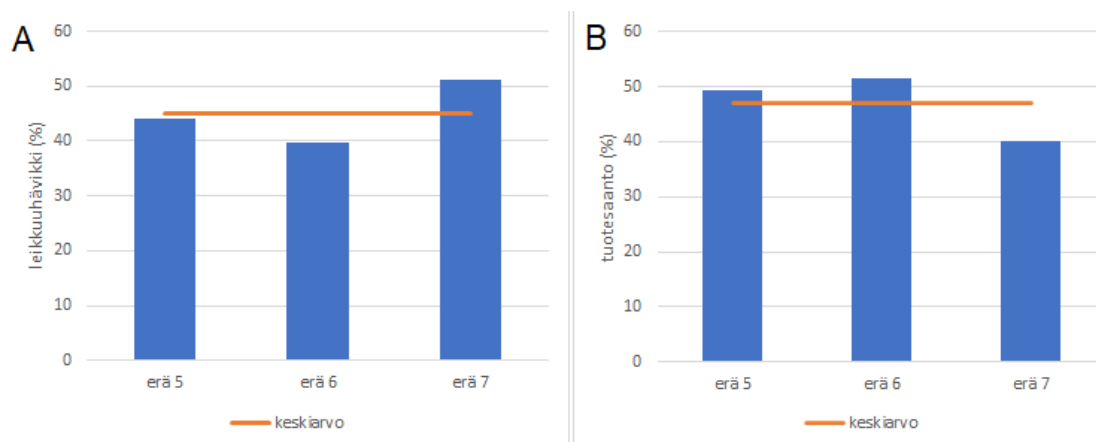
Kuva 8. Erän 5 fileeselät leikattiin lopullisen tuotteistuksen mukaisesti ja pakattiin vakuumikammiokoneella vakuumiin. Vasemmalla 300 g:n ulkofileepihvi makurasvalla ja oikealla 350 g:n välikyljyspihvi makurasvalla.

Lopullisessa tuotteistuksessa päädyttiin 300 g:n ja 350 g:n tuotekokoihin, jolloin pihveistä saatiin näyttävän näköisiä paksuutensa perusteella, päätyttä kuitenkin epäkäytännöllisen suuriin tuotepainoihin. Ulkofileepihvin tuotekokoon (300 g) verrattuna välikyljyspihvistä tehtiin hieman suurempi (350 g). Kokoero johtuu siitä, että naudan pääpuolta lähempänä oleva osuus fileeselästä on hieman leveämpi, mutta kaikki pihvit haluttiin leikata saman paksuisiksi.

Sisäfilee päädyttiin jättämään kokonaan pois ilmamureutusprosessista. Sisäfileen pinta kuivui merkittävästi mureutuksen aikana, sillä se on sijainniltaan fileeselässä sellaisessa paikassa, jossa luut tai rasvakerros eivät sitä suojaa. Hyvin arvokkaana ruhonosana sisäfileetä ei koettu rahallisesti järkeväksi ilmamureuttaa, sillä sen pinnasta jouduttiin kuorimaan lopuksi paljon kuivunutta lihan pintaa. Muista fileeselän osista varsinaisen lihapinnan kuoriminen on merkittävästi vähäisempää, sillä ne sijaitsevat luiden ja rasvan alla suojassa. Sisäfileettömän fileeselän pystyy lisäksi ennen mureutusta leikkaamaan ruhosta irti niin, että se jää päädyistään suorapintaiseksi. Suora pinta vähentää leikkuuhävikkiä ilmamureutusjakson päätteeksi, sillä kuivat päädyt poistettaisiin ja tasoitettaisiin joka tapauksessa ennen pihvien leikkuuta. Makurasvan määrä päätettiin jättää lopullisiin

tuotteisiin mahdollisimman suureksi, sillä se paitsi vähentää leikkuuhävikkiä, vaikuttaa positiivisesti myös tuotteen makuun ja mehukkuuteen [11, s. 60]. Pintarasvasta kuorittiin pois vain suurimmat epätasaisuudet.

Lopullisen tuotteistuksen mukaan leikattuja koe-eriä olivat kaikki erien 5–7 fileeselät. Näistä eristä laskettiin leikkuuhävikkien määrät sekä lopulliset tuotesaannot kiloina ja prosentteina. Saatujen arvojen perusteella laskettiin keskimääräinen leikkuuhävikin määrä, joka oli 14,5 kg eli 45,0 % /erä sekä lopullisen tuotesaannon määrä, joka oli 15,1 kg eli 47,0 % /erä. Kuvassa 9 on esitettyä leikkuuhävikki- ja tuotesaantoprosentit.



Kuva 9. Kaaviossa A lopullisen tuotteistuksen mukaan käsiteltyjen erien 5–7 leikkuuhäviöprosentit sekä näistä laskettu keskiarvo. Kaaviossa B erien 5–7 lopulliset tuotesaantoprosentit ja niiden keskiarvo. Saantoprosenteissa on huomioituna leikkuuhäviöiden lisäksi myös lihojen mureutusvaiheessa kosteuden haihtumisen takia muodostuneet painohäviöt.

Leikkuuhäviöiden määrä vaihteli jonkin verran eri erien välillä (erä 5: 14,7 kg/44,1 %, erä 6: 11,5 kg/39,8 % ja erä 7: 17,4 kg/51,2 %). Vaihteluväli oli 11,5–17,4 kg eli 39,8–51,2 %. Leikkuuhäviön määrään voi vaikuttaa monetkin eri tekijät. Leikkaustarkkuus luuta poistettaessa vaikuttaa saannon määrään, sillä luihin voi jäädä jonkin verran lihaa kiinni. Kuivuneen lihan pinnan kuorimisen yhteydessä voi myös muodostua eroja eri erien välillä sen mukaan, kuinka tarkasti saadaan leikattua vain kuiva kerros pois. Pintarasvan epätasaisuuksia voidaan myös joutua tasoittamaan leikkaamalla. Tavalla, jolla fileeselkämäla on alun perin leikattu irti ruhosta, on myös suuri vaikutus mureutuksen jälkeisiin leikkuuhäviöihin, sillä tässä vaiheessa voidaan vaikuttaa fileeselkään jäävän kylkiluiden pituuteen ja kylkilihan määrään. Kaikki luut poistetaan mureutuksen jälkeen joka

tapauksessa, joten suurempi luun määrä näkyy myös suoraan leikkuuhäviöinä. Lisäksi ylimääräinen kylkiliha leikataan pois, sillä se ei kuulu lopputuotteeseen. Ruhosta leikatun fileeselän päätyjen mahdolliset epätasaisuudet joudutaan myös mureutuksen jälkeisessä leikkuuvaiheessa tasoittamaan, jotta saadaan tasapaksuja pihvejä leikattua. Erässä 7 kiinnitettiin lopputuotteeksi leikkaamisen yhteydessä huomiota suurempaan kylkiluun ja -lihan määrään, verrattuna eriin 5 ja 6. Tämä voi suurelta osin selittää erän 7 suuremmat leikkuuhäviöt ja sitä kautta myös pienemmän tuotesaannon.

Tuotesaannot vaihtelivat leikkuuhäviöiden tavoin jonkin verran (erä 5: 16,8 kg/49,4 %, erä 6: 15,0 kg/51,6 % ja erä 7: 13,6 kg/40,0 %. Vaihteluväli oli 13,6–16,8 kg eli 40–51,6 %. Tuotesaantojen laskuissa on leikkuuhäviöiden lisäksi huomioitu myös lihojen mureutusvaiheessa kosteuden haihtumisen takia muodostuneet painohäviöt. Tuotesaannot olivat hyvin pitkälti riippuvaisia leikkuuhäviöiden määrästä, sillä kosteuden haihtumisen osalta erät 5–7 olivat maksimissaan 1,4 %:n erolla hyvin lähellä toisiaan.

Tuotekehitystiimi seurasi vakuumpakattujen lopputuotteiden säilyvyyttä aistinvaraisesti raaka-ainatuotteen ulkonäön ja hajun perusteella sekä kypsennetyn tuotteen ulkonäön, hajun ja maun perusteella. Lihoja säilytettiin tuotekehityksen jääkaapissa jopa kahdeksaan viikkoon asti, ellei selkeää pilaantumista ennen tätä ollut havaittu. Tuotekehitystiimin tekemän säilyvyysseurannan perusteella pakattujen lopputuotteiden säilyvyydessä oli suuria eroja luullisten ja luuttomien näytteiden välillä. Seurattuina pilaantumisen merkkeinä pidettiin kaasun muodostumista pakkauksen sisälle, värivirheitä, pahaa hajua pakkausta avattaessa sekä virhemakua. Luullisten pihvien pakkauksiin havaittiin muodostuvan ilmakuplia neljän säilytysviikon jälkeen, jolloin pakkausta avattaessa huomattiin myös epämiellyttävä hapen haju. Luuttomat pihvit puolestaan säilyivät ilman pilaantumisen merkkejä aina kuudenteen viikkoon asti, jonka jälkeen havaittiin vähäistä hapanta hajua pakkausta avattaessa. Hapen haju kuitenkin haihtui nopeasti eikä vaikuttanut kypsennetyn pihvin hajuun tai makuun. Myös nämä tulokset vaikuttivat lopullisen tuotteistuksen suunnitteluun ja puolsivat luuttomien pihvien valmistusta.

Luullisen pihvin nopeampi pilaantuminen johtuu todennäköisesti siitä, että luu ja luiden sahaamisen yhteydessä lihan pinnalle päätyvä luujauho tarjoavat pilaajamikrobeille suotuisan korkeamman pH:n kasvuympäristön. Nämä pilaajamikrobit aiheuttavat virhehajuja ja -makuja lihaan. Mikrobitoiminnan seurauksena muodostuu haihtuvia orgaanisia

yhdisteitä eli VOC-yhdisteitä, jotka kertyvät vakuumpakkausten sisään muodostaen kaasukuplia. Luullisen lihan vakuumpakkauksien sisään on havaittu muodostuvan enemmän VOC-yhdisteitä kuin luuttomien lihojen. [38, s. 34–35.] Pitkään vakuuimissa säilytetyissä luullisissa lihoissa voidaan havaita luiden leikkuupintojen tummumista pakkaamisen avaamisen jälkeen. Tummuminen johtuu luuytimen hajonneiden punasolujen hemoglobiinista, joka muuttuu tumman ruskeaksi/mustaksi altistuessaan jälleen ilmalle. [39, s. 103.] Lisäksi terävien luun päiden takia luullisen lihan pakkaaminen vakuumiin voi lisätä tuotehävikkiä rikkoutuneiden pakkausten myötä. Kaikki nämä luullisen lihan säilyvyyteen liittyvät riskitekijät huomioon ottaen oli siis järkevämpää tuotteistaa vain luuttomat pihvit.

HKScan laboratorioilla teetettiin vielä tarkemmat säilyvyyskokeet erän 5 ulkofileepihveistä, joissa säilyvyyden arvioinnissa otettiin huomioon aistinvaraisten ominaisuuksien lisäksi myös mikrobiologiset tutkimukset. Lähetettyjä näytteitä tutkittiin kolmannelta säilytysviikosta eteenpäin viikon välein aina kahdeksanteen säilytysviikkoon asti. Jokaisella tutkimuskerralla analysoitiin aina kaksi näytettä. Aistinvaraisen arvion ollessa hyvä, tutkittiin myös aina näytteen mikrobiologinen laatu. Jos aistinvarainen laatu oli huono ei tehty enää mikrobiologista analyysiä, sillä huono aistinvarainen laatu itsessään riittää kertomaan pilaantumisesta. Laboratoriotutkimusten tulokset kuudenteen säilytysviikkoon asti ovat koottuna taulukossa 3.

Taulukko 3. Erän 5 ulkofileepihveistä teetettyjen laboratoriotutkimusten tuloksia. Taulukossa kaikki tulokset säilytysviikolta 3–6, kun tuotteiden aistinvarainen laatu pysyi hyvänä ja mikrobiologiset testit tehtiin.

Analyysi	Ulkofilee- pihvi, 4 viikkoa	Ulkofilee- pihvi, 4 viikkoa	Ulkofilee- pihvi, 5 viikkoa	Ulkofilee- pihvi, 5 viikkoa	Ulkofilee- pihvi, 6 viikkoa	Ulkofilee- pihvi, 6 viikkoa
Aerobiset ko- konaisbak- teerit (pmy/g)	9 300 000	5 700 000	18 000 000	1 300 000	1 700 000	2 800 000
Escherichia coli (pmy/g)	220	<10	<10	<10	<10	<10
Maitohappo- bakteerit (pmy/g)	1 400 000	1 800 000	5 600 000	320 000	210 000	1 700 000
Salmonella (pmy/25 g)	Ei todettu	Ei todettu	Ei todettu	Ei todettu	Ei todettu	Ei todettu
EHEC (pmy/25 g)	Ei todettu	Ei todettu	Ei todettu	Ei todettu	Ei todettu	Ei todettu
Listeria (pmy/25 g)	Ei todettu	Ei todettu	Ei todettu	Ei todettu	Ei todettu	Ei todettu
Aistinvarai- nen arvos- telu, raaka	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Hyvä
pH	5,5	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4

Kolmesta säilytysviikosta aina kuudenteen asti näytteiden aistinvarainen laatu todettiin hyväksi, jolloin myös mikrobiologiset analyysit tehtiin. Kuudennesta säilytysviikosta eteenpäin näytteiden aistinvarainen laatu alkoi selvästi huonontua. Seitsemän viikon jälkeen aistinvarainen laatu arvioitiin välttäväksi ja kahdeksan viikon jälkeen huonoksi. Raakakypsytettujen lihatuotteiden turvallisuuden ja säilyvyyden kannalta tärkeintä on tutkia aistinvarainen laatu ja varmistaa ettei ruokamyrkytysbakteereja ole [30, s. 3]. Ruokamyrkytysbakteerien osalta saadut tulokset olivat hyviä, sillä salmonellaa, EHECiä tai listeriaa ei todettu. E. colin määrä oli yhdessä näytteessä kolmen viikon säilytyksen jälkeen 220 pmy/g, joka heikensi näytteen mikrobiologista laatua. Havaittu E. colin määrä oli kuitenkin alle ohjemaksimin 500 pmy/g. Muissa näytteissä E. colin määrät pysyivät alle 10 pmy/g.

Elintarviketurvallisuusliiton suosituksen mukaan raakakypsytetyissä naudanlihatuotteissa maitohappobakteerien määrän tulisi olla suurempi kuin aerobisten mikrobien. Suosituksesta ei kuitenkaan käy ilmi huomioidaanko siinä kaikki eri raakakypsytysmenetelmät. [30, s. 5.] Jokaisessa testatussa näytteessä maitohappobakteerien määrä oli pienempi kuin aerobisten bakteerien määrä. Tarkkaa syytä näille tuloksille ei tiedetä.

Yleensä vakuumpakattujen lihojen mikrobiflooraa dominoivat hapettomissa oloissa viihtyvät maitohappobakteerit, jotka rajoittavat muiden mikrobien kasvua [40, s. 183]. Ilmamureutusprosessissa liha on hapellisissa olosuhteissa aina lopputuotteen vakumointiin asti, joka voisi osaltaan selittää suurta aerobisten bakteerien määrää. Vasta vakumoinnin jälkeen hapettomissa olosuhteissa maitohappobakteereille tarjoutuu paremmat mahdollisuudet lisääntyä. Testattujen näytteiden perusteella ei kuitenkaan havaittu yhteyttä vakuumisäilytysajan pituuden ja maitohappobakteerien määrien välillä.

Ilmamureutettujen ja vakuumpakattujen lihojen säilyvyyttä selvittäessä myös muissa tutkimuksissa on havaittu maitohappobakteerien määrän jääneen pienemmäksi kuin aerobisten bakteerien [25, s. 269–270]. Ilmamureutettujen lihojen säilyvyyttä tulisi siis tulevaisuudessa tutkia lisää, jotta saataisiin luotua ohjearvot nimenomaan ilmamureutettujen lihojen mikrobiologiselle laadulle. Näytteiden pH-arvot olivat kaikissa näytteissä 5,5 tai 5,4. Normaalitylanteessa naudanlihan pH laskee noin vuorokauden kuluttua teurastuksesta arvoon 5,4–5,6 [19, s. 117]. Mitatut pH-arvot olivat siis hyvät. Liian korkeat pH-arvot (yli 6,0) viittaisivat herkästi pilaantuvaan tervalihaan tai mikrobien proteolyyysin kautta tuottamiin emäksisiin yhdisteisiin kuten amiineihin ja ammoniakkiin. [19, s. 117; 25, s. 271.] Tervalihan tapauksessa ongelma olisi kuitenkin lähtöisin jo ajalta, kun nauta oli vielä elossa, eikä siis kertoisi mitään itse ilmamureutusprosessista tai vakuumisäilyvyydestä. Normaalialue matalammat pH-arvot puolestaan viittaisivat maitohappobakteerien tuottamaan runsaaseen maitohapon määrään [25, s. 271].

Tuotekehitystiimin tekemien säilyvyyskokeiden sekä HKScan laboratorioiden tekemien tutkimusten perusteella pihvien säilyvyysajaksi voidaan rajata kuusi viikkoa, eli 42 vrk. Pitkä säilyvyysaika voi vähentää tuotehävikin muodostumista ja mahdollistaa tuotteen viennin myös ulkomaille.

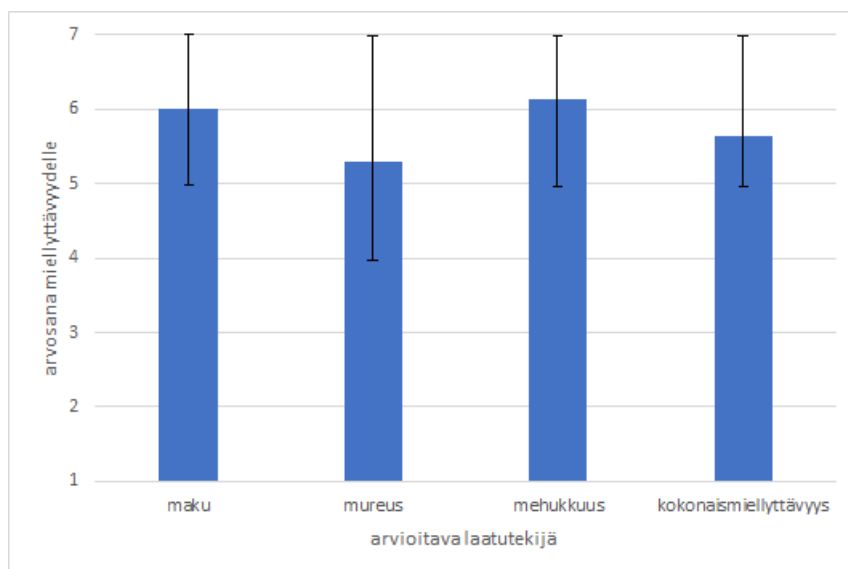
5.5 Lopputuotteen aistinvaraisten ominaisuuksien ja hintatason kuluttaja-arvio

Pienimuotoisen kuluttajatestin (n=14) avulla kerättiin suuntaa antavia tietoja kuluttajien suhtautumisesta ilmamureutettuihin pihveihin erityisesti niiden maun, mehukkuuden, mureuden ja hintatason kannalta. Arvioijille jaettiin erästä 6 peräisin olevia vakuumpakattuja ulkofileepihvejä, kyselykaavakkeet ja valmistusohje pihville (liite 1). Arvioijat suostuivat pihvien kypsennyksen sekä arvioinnin itse omissa kodeissaan. Koeasetelma

haluttiin pitää mahdollisimman pitkälti sitä vastaavana, kuin jos arvioijat olisivat itse ostaneet kyseisen tuotteen kaupasta.

Esitietojen perusteella arvioijista 36 % oli naisia ja 64 % miehiä. Arvioijien ikäjakauma oli 25–58 vuotta ja keski-ikä 44 vuotta. Arvioijista kaikki vastasivat arvostavansa laadukasta naudanlihapihviä edes jonkin verran, 86 % vastasi arvostavansa melko paljon tai erittäin paljon. Vastaajista suurin osa eli 79 % vastasi syövänsä naudanlihapihvejä kerran kuukaudessa tai harvemmin ja loput 21 % syövät tätä useammin. Kukaan vastaajista ei tiennyt ainakaan varmasti syöneensä aiemmin ilmamureutettua naudanlihaa. Vastausten perusteella laadukasta naudanlihapihviä arvostetaan melko paljon, mutta niitä syödään melko harvoin. Ilmamureutettu naudanliha oli arvioijille uusi kokemus.

Maun, mureuden, mehukkuuden ja kokonaismiellyttävyyden osalta arvioijat kokivat pihvit miellyttäviksi (kuva 10). Näitä tekijöitä arvioitiin asteikolla 1–7 (1=Erittäin epämiellyttävä, 7=Erittäin miellyttävä). Mehukkuus koettiin kaikista miellyttävimmäksi laatutekijäksi ja se sai arvosanakseen keskimäärin 6,1. Maku koettiin toiseksi miellyttävimmäksi arvostamalla 6. Huonoimman arvostuksen 5,3 pihvit saivat mureudesta, ja nämä kaikki edeltävät tekijät huomioiden arvioitu kokonaismiellyttävyys sai keskimäärin arvostuksen 5,6.



Kuva 10. Kuluttajatestin (n=14) tulokset ilmamureutetun naudanlihapihvin maun, mureuden, mehukkuuden ja kokonaisuuden miellyttävyydestä. Nähtävissä arvioitujen laatutekijöiden arvosanojen keskiarvot ja annettujen arvosanojen vaihteluvälit. Arviointiasteikossa arvostana 1=Erittäin epämiellyttävä ja 7=Erittäin miellyttävä.

Arvioijista 86 % piti tuotteen hintaa (21 €/kpl eli 70 €/kg) melko kalliina tai erittäin kalliina ja loput 14 % täysin sopivana. Kukaan ei kokenut tuotteen hintaa halpana. 21 % arvioijista vastasi olevansa valmis ostamaan vastaavan tuotteen vastaavalla hinnalla, 14 % ei osannut sanoa ostaisivatko vaiko eivät ja loput 64 % eivät ostaisi. Vastausten perusteella ei voida suoraan sanoa vaikuttiko ostohalukkuuteen enemmän tuotteen aistinvaraiset ominaisuudet vai hinta. Tulevaisuudessa kun tuote saatetaan virallisesti markkinoille, kuluttajien ostohalukkuuteen voi vaikuttaa vielä myyntipakkauksen avulla. Esimerkiksi laadukas myyntipakkaus, jossa korostetaan erityisesti lihan suomalaisuutta, valmistusprosessin erikoisuutta (ilmamureutus) ja käsityöpainotteisuutta, voisi vaikuttaa kuluttajien mielikuvaan tuotteesta positiivisesti.

Tulevaisuudessa kuluttajatestin voisi toteuttaa suuremmalla mittakaavalla, jotta saataisiin tarkempi kuva kuluttajien suhtautumisesta tuotteeseen. Kuluttajille voitaisiin myös esitellä arvioitava tuote täysin loppuun asti kehitettynä myyntipakkauksessaan sekä antaa tarkempaa tietoa lihan alkuperästä ja valmistusmenetelmistä. Ilmamureutettua pihviä voitaisiin myös vertailla vakuumimureutettuun pihviin, jotta saataisiin selville, kummalla mureutusmenetelmällä tuotettu liha koetaan suomalaisten kuluttajien mielestä miellyttävämmäksi.

6 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli tutkia Tammisen lihatukun olemassa olevan mureutuskylmiön soveltuvuutta ilmamureutuskäyttöön. Olosuhteiden sopivuutta lähdettiin kokeilemaan mu-reuttamalla koe-eriä Tammisen rotukarjan naudan fileeselkiä. Tavoitteena oli eritoten, että lihat säilyvät aistinvaraisesti ja mikrobiologisesti moitteettomina prosessin aikana, muodostuvat painohäviöt olisivat maltillisia ja että lihaan muodostuisi ilmamureutetulle lihalle ominainen makuprofiili. Lisäksi haluttiin tarkentaa lopputuotteen leikkaustapaa ja seurata leikkaushäviöitä. Vakuumpakatulle lopputuotteelle määritettiin lisäksi säilyvyys-aika ja pienimuotoisen kuluttajatestin avulla selvitettiin kuluttajien suhtautumista loppu-tuotteen hintaan ja aistinvaraisten ominaisuuksien miellyttävyyteen.

Ilmamureutuskylmiön olosuhteet ilmankosteuden, lämpötilan ja ilmavirtauksen osalta to-dettiin sellaisenaan sopiviksi, ilman että niitä tarvitsi erikseen säätää. Tilan hygieeni-syyttä parannettiin rajaamalla ilmamureutukselle oma tila väliseinällä. Kylmiöön tilatut ritilähyllyköt todettiin prosessiin sopiviksi, sillä ne mahdollistivat ilman kierron myös liho-jen alapinnoilla. Vallitsevat olosuhteet mahdollistivat lihojen säilymisen pilaantumatto-mina ilmamureutuskylmiössä koko mureutusprosessin ajan. Ohjearvoja suurempi ilman-kosteus kompensoitui oletettavasti voimakkaalla ilmavirtauksella, jonka ansiosta lihojen pintaan muodostui tavoiteltu, suojaava kuiva kerros. Painohäviöt pysyivät tavoitteiden mukaisina.

Aistinvaraisen arvioinnin perusteella todettiin optimaalisen mureutusajan olevan noin 28 vuorokautta, jonka aikana haluttu makuprofiili saavutettiin. Lopputuotteen säilyvyysseu-rannan ja leikkuukokeiden perusteella päädyttiin lopulta tuotteistamaan luuttomat pihvit ulkofileestä ja välikyljyksestä. Luuttomaksi leikkaaminen vähensi tuotesaantoa, mutta paransi lopputuotteen säilyvyyttä ja sitä kautta vähentää mahdollisesti hävikkiä. Aistin-varaisten ja mikrobiologisten arvioiden perusteella lopullisen tuotteistuksen mukaisille tuotteille määritetty säilyvyysaika vakuumpakattuna oli 42 vuorokautta. Kuluttajatestin perusteella pihvien maku, mehukkuus ja mureus koettiin miellyttäväksi, mutta tuotehintaa melko kalliiksi.

Tulosten perusteella yritys voi aloittaa ilmamureutuskylmiössä suurempien eräkokojen valmistuksen testauksen. Tuotantomäärien kasvaessa tulee tilaan hankkia lisää

ritilähyllyjä sekä kiinnittää erityistä huomiota ilmankosteuteen. Suuremmasta lihamäärästä haihtuu tilaan enemmän kosteutta, mikä voi aiheuttaa jatkossa ongelmia, jos jo ennestään korkea ilmankosteus kasvaa. Jatkossa olosuhteiden hallintaa helpottaisi kosteudenpoistojärjestelmä sekä erillisten kylmälaitesäätöjen mahdollistaminen ilmamureutuskylmiöön.

Lähteet

1. Lihan mureus. Verkkoaineisto. Lihatieotusyhdistys ry. <<https://www.lihatiedotus.fi/ruokaa-lihasta/valinta-ja-ostaminen/lihan-mureus.html>>. Luettu 27.5.2020.
2. Greaser, Marion L. & Guo, Wei. 2012. Postmortem Muscle Chemistry. Teoksessa Hui, Y. H. (toim.) Handbook of Meat and Meat Processing, 2nd edition. 2012. Florida: CRC Press. s. 63–80.
3. Pesonen, Maiju. 2015. Naudanlihan syötilaatuun vaikuttavat tekijät. Verkkoaineisto. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus. Luonnonvarakeskus, Helsinki. <<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-005-4>>. Luettu 21.9.2020.
4. Dashdorj, Dashmaa; Tripathi, Cho, Kim & Hwang. 2016. Dry aging of beef; Review. Journal of Animal Science and technology. Vol. 58, artikkeli nro. 20.
5. Yritys. Verkkoaineisto. Lihatuukku Harri Tamminen Oy. <<https://www.tamminen.fi/yritys/>>. Luettu 27.8.2020.
6. Tuotteet. Verkkoaineisto. Lihatuukku Harri Tamminen Oy. <<https://www.tamminen.fi/tuotteet/>>. Luettu 27.8.2020.
7. Rotukarja. Verkkoaineisto. Lihatuukku Harri Tamminen Oy. < <https://www.tamminen.fi/rotukarja/>>. Luettu 27.8.2020.
8. Remes Mika (toim.). 2013. Liha: Kaikki lihasta laiumelta lautaselle. Helsinki: Readme.fi.
9. Lihankulutus Suomessa. Verkkoaineisto. Lihatieotusyhdistys ry. <<https://www.lihatiedotus.fi/tilastotietoa/lihankulutus-suomessa.html>>. Luettu 20.9.2020.
10. Weaver, Amanda D. 2012. Muscle Biology. Teoksessa Hui, Y. H. (toim.) Handbook of Meat and Meat Processing, 2nd edition. 2012. Florida: CRC Press. s. 35–44.
11. Kauffmann, Robert G. 2012. Meat Composition. Teoksessa Hui, Y. H. (toim.) Handbook of Meat and Meat Processing, 2nd edition. 2012. Florida: CRC Press. s. 45–62.
12. Boback, Scott M; Cox, Christian L; Ott, Brian D; Carmody, Rachel; Wrangham, Richard W. & Secor, Stephen M. 2007. Cooking and grinding reduces the cost of meat digestion. Comparative Biochemistry and Physiology, Part A. Vol. 148, s. 651–656.

13. Leino, Pertti; Kohtala, Jari; Kymäläinen, Seppo; Tarvainen, Jukka & Henriksson, Jan. 2007. Liha-alan ammattioppi. Helsinki: Edita Prima Oy.
14. Schilling, M. Wes & Pham, Alessandra J. 2012. Sensory Evaluation of Muscle Foods. Teoksessa Hui, Y. H. (toim.) Handbook of Meat and Meat Processing, 2nd edition. 2012. Florida: CRC Press. s. 207–224.
15. Damez, Jean-Louis & Clerjon, Sylvie. 2012. Recent Advantages in Meat Quality Assessment. Teoksessa Hui, Y. H. (toim.) Handbook of Meat and Meat Processing, 2nd edition. 2012. Florida: CRC Press. s. 161–176.
16. Umberger, Wendy J; Freuz, Dillon M; Calkins, Chris R. & Killinger-Mann, Karen. 2002. U.S. Consumer Preference and Willingness-to-Pay for Domestic Corn-Fed Beef Versus International Grass-Fed Beef Measured Through an Experimental Auction. Agribusiness. Vol. 18, s. 491–504.
17. Juarez, M; Aldai, N; Lopez-Campos, Ó; Dugan, M. E. R; Uttaro, B. & Aalhus, J. L. 2012. Beef Texture and Juiciness. Teoksessa Hui, Y. H. (toim.) Handbook of Meat and Meat Processing, 2nd edition. 2012. Florida: CRC Press. s. 177–206.
18. Castigliego, Lorenzo; Armani, Andrea & Guidi, Alessandra. 2012. Meat Color. Teoksessa Hui, Y. H. (toim.) Handbook of Meat and Meat Processing, 2nd edition. 2012. Florida: CRC Press. s. 81–106.
19. Susanna Tauriainen (toim.). 2006. Naudanlihantuotanto. Helsinki: Opetushallitus.
20. Smith, R.D; Nicholson, K.L; Nicholson, J.D.W; Harris, R.K; Miller, D.B; Griffin, J.W. & Savell, J.W. 2008. Dry versus wet aging of beef: Retail cutting yields and consumer palatability evaluations of steaks from US Choice and US Select short loins. Meat Science. Vol. 79, Is. 4, s. 631–639.
21. Cruz-Monterrosa, Rosy & Guerrero-Legarreta, Isabel. 2012. Postmortem Handling. Teoksessa Hui, Y. H. (toim.) Handbook of Meat and Meat Processing, 2nd edition. 2012. Florida: CRC Press. s. 315–322.
22. Lian, Ting; Wang, Linjie & Liu, Yiping. 2013. A New Insight into the Role of Calpains in Post-mortem Meat Tenderization in Domestic Animals: A review. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. Vol. 26, No. 3, s. 443–454.
23. Dashdorj, Dashmaa; Amna, Touseef & Hwang, Inho. 2015. Influence of specific taste-active components on meat flavor as affected by intrinsic and extrinsic factors: an overview. Eur Foods Res Technol. Vol. 241, s. 157–171.

24. Khan, Muhammad, Issa; Jo, Cheorun & Tariq, Muhammad, Rizwan. 2015. Meat flavor precursors and factors influencing flavor precursors– A systematic review. *Meat Science*. Vol. 110, s. 278–284.
25. Kim, Seonjin; Lee, Hyun Jung; Kim, Minsu; Yoon, Ji Woon; Shin, Dong Jin & Jo, Cheorun. 2019. Storage Stability of Vacuum-packaged Dry-aged Beef during Refrigeration at 4°C. *Food Science of Animal Resources*. Vol. 39(2), s. 266–275.
26. Kim, Yuan H. Brad; Kemp, Robert & Samuelsson, Linda M. 2016. Effects of dry-aging on meat quality attributes and metabolite profiles of beef loins. *Meat Science*. Vol. 111, s. 168–176.
27. Ryu, Sangdon; Park, Mi Ri; Maburutse, Brighton E; Lee, Woong Ji; Park, Dong-Jun; Cho, Soohyun; Hwang, Inho; Oh, Sangnam & Kim, Younghoon. 2018. Diversity and Characteristics of the Meat Microbiological Community on Dry Aged Beef. *J. Microbiol. Biotechnol.* Vol. 28, No. 1. s. 105–108.
28. Lee, Hyun Jung; Choe, Juhui; Kim, Minsu; Kim, Hyun Cheol; Yoon, Ji Won; Oh, Sung Wook & Jo, Cheorun. 2019. Role of evaporation in the taste attributes of dry- and wet-aged beef determined by chemical electronic tongue analyses. *Meat Science*. Vol. 151, s. 82–88.
29. Berger, Jordy; Kim, Yuan H. Brad; Legako, Jerrad F; Martini, Silvana; Lee, Jiwon; Ebner, Paul & Zuelly, Stacy M. Scramlin. 2018. Dry-aging improves meat quality attributes of grass-fed beef loins. *Meat Science*. Vol. 145, s. 285–291.
30. Elintarvikkeiden mikrobiologisia ohjausarvoja viimeisenä käyttöpäivänä. 2017. Suositus. Helsinki: Elintarviketeollisuusliitto ry.
31. Escherichia coli/EHEC (VTEC/STEC) ruokamyrkytysten aiheuttajana. Verkkoaineisto. Ruokavirasto. <<https://www.ruokavirasto.fi/henkiloasiakkaat/tietoa-elintarvikkeista/elintarvikkeiden-turvallisen-kayton-ohjeet/ruokamyrkytykset/ruokamyrkytyksia-aiheuttavia-bakteereja/escherichia-coli/>>. Päivitetty 19.12.2019. Luettu 11.11.2020.
32. Usein kysyttyä salmonellavalvonnasta. Verkkoaineisto. Ruokavirasto. <<https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/elintarvikeala/elintarvikealan-yhteiset-vaatimukset/omavalvonta/salmonellavalvonta/usein-kysyttya/>>. Päivitetty 10.12.2018. Luettu 11.11.2020.
33. Listeria monocytogenes. Verkkoaineisto. Ruokavirasto. <<https://www.ruokavirasto.fi/henkiloasiakkaat/tietoa-elintarvikkeista/elintarvikkeiden-turvallisen-kayton-ohjeet/ruokamyrkytykset/ruokamyrkytyksia-aiheuttavia-bakteereja/listeria/>>. Päivitetty 20.7.2020. Luettu 11.11.2020.

34. Hulánková, R; Kameník, J; Saláková, A; Závodský, D. & Borilova, G. 2018. The effect of dry aging on instrumental, chemical and microbiological parameters of organic beef loin muscle. *LWT-Food Science and Technology*. Vol. 89, s. 559–565.
35. Lee, Hyun Lee; Yoon, Ji Woon; Kim, Minsu; Oh, Hyemin; Yoon, Yohan & Jo, Cheorun. 2019. Changes in microbial composition on the crust by different air-flow velocities and their effect on sensory properties of dry-aged beef. *Meat Science*. Vol. 153, s. 152–158.
36. Ha, Minh; McGilchrist, Peter; Polkinghorne, Rod; Huynh, Long; Galletly, Joanne; Kobayashi, Kuniyuki; Nishimura, Takanori; Bonney, Steve; Kelman, Khama R. & Warner, Robyn D. 2019. Effects of different ageing methods on colour, yield, oxidation and sensory qualities of Australian beef loins consumed in Australia and Japan. *Food Research International*. Vol. 125, 108528.
37. Domínguez, Rubén; Pateiro, Mirian; Gagaoua, Mohammed; Barba, Francisco J; Zhang, Wangang & Lorenzo, José M. 2019. A Comprehensive Review on Lipid Oxidation in Meat and Meat Products. *Antioxidants*. Vol. 8, artikkeli nro. 429.
38. Schuster, Lena; Frankie, Corinna; Silcock, Patrick; Beauchamp, Jonathan & Bremer, Phil j. 2018. Development of a novel sample reuse approach to measure the impact of lean meat, bone and adipose tissue on the development of volatiles in vacuum-packed chilled lamb stored at 2 °C for 15 days. *Meat Science*. Vol. 145, s. 31–39.
39. Gill, C. O. 1996. Extending the Storage Life of Raw Chilled Meats. *Meat Science*. Vol. 43, Supplement 1, s. 99–109.
40. Nissen, H; Sørheim, O. & Dainty, R. Effects of vacuum, modified atmospheres and storage temperature on the microbial flora of packaged beef. 1996. *Food Microbiology*. Vol. 13, s. 183–191.

Kuluttajatestilomake ja valmistusohje pihville

Arvioijan numero: _____

ilmamureutetun naudan ulkofileepihvin kuluttajatesti

Osallistut tutkimukseen, johon sisältyy ilmamureutusmenetelmällä 28:n vuorokauden ajan raakakypsytetyn naudan ulkofileepihvin syöntilaadun miellyttävyyssarviointi. Lisäksi arvioit tuotteen hinnan sopivuutta syöntilaadun perusteella. Täytähän ystävällisesti ensin taustatiedot ja kypsennät sitten lihat ohjeen mukaisesti. Arvioi tämän jälkeen tuotetta sellaisenaan ilman kastikkeita tai muita lisukkeita. Ympyröi parhaiten kuvaavan vaihtoehdon numero. Kaikki tiedot käsitellään luottamuksellisesti.

TAUSTATIEDOT

Syntymävuosi: _____	Kuinka usein syöt naudanlihapihviä?
Sukupuoli:	1. Useammin kuin kerran viikossa
1. Nainen	2. Kerran viikossa
2. Mies	3. 2–3 kertaa kuukaudessa
3. Muu/en halua kertoa	4. Kerran kuukaudessa
	5. Harvemmin
Kuinka paljon arvostat laadukasta naudanlihapihviä?	Oletko aiemmin syönyt ilmamureutettua naudanlihaa?
1. Erittäin vähän	1. Kyllä
2. Jonkin verran	2. Ei
3. Melko paljon	3. En ole varma
4. Erittäin paljon	

TUOTEARVIOINTI

Arvioi tuotteen kypsyyssastetta leikkaamalla pihvi keskeltä kahtia. Ympyröi kypsyyssaste, joka parhaiten vastaa pihvisi kypsyyttä. Arvioi tuotteen syöntilaatua yksi laatutekijä kerrallaan.

Näytenumero: _____	Kypsyyssaste: Raaka / Medium / Kypä							
MAKU								
Ei lainkaan miellyttävä	1	2	3	4	5	6	7	Erittäin miellyttävä
MUREUS								
Ei lainkaan miellyttävä	1	2	3	4	5	6	7	Erittäin miellyttävä
MEHUKKUUS								
Ei lainkaan miellyttävä	1	2	3	4	5	6	7	Erittäin miellyttävä
KOKONAISMIELLYTTÄVYYS								
Ei lainkaan miellyttävä	1	2	3	4	5	6	7	Erittäin miellyttävä

TUOTEHINNAN ARVIOINTI

Olisitko valmis ostamaan syöntilaadultaan vastaavan pihvin (300 g), jos tuotteen hinta olisi 21 €?

1. Kyllä
2. Ei
3. En osaa sanoa

Jos vastaavan pihvin (300 g) hinta olisi 21 €, olisiko hinta mielestäsi:

1. Erittäin edullinen
2. Melko edullinen
3. Täysin sopiva
4. Melko kallis
5. Erittäin kallis

VAPAA SANA

Tähän voit halutessasi kommentoida vapaasti arvioitavaa tuotetta, valmistusohjetta tai kyselylomaketta.

Kiitos osallistumisesta!

VALMISTUSOHJE:

Ota pihvi huoneenlämpöön n. 1,5 h ennen paistamista. Paista pihviä kuumalla pannulla voi-öljyseoksessa n. 2 min/puoli. Mausta makusi mukaan suolalla ja mustapippurilla. Paistamisen jälkeen nosta pihvi pois pannulta ja anna vetäytyä muutama minuutti ennen tarjoilua.