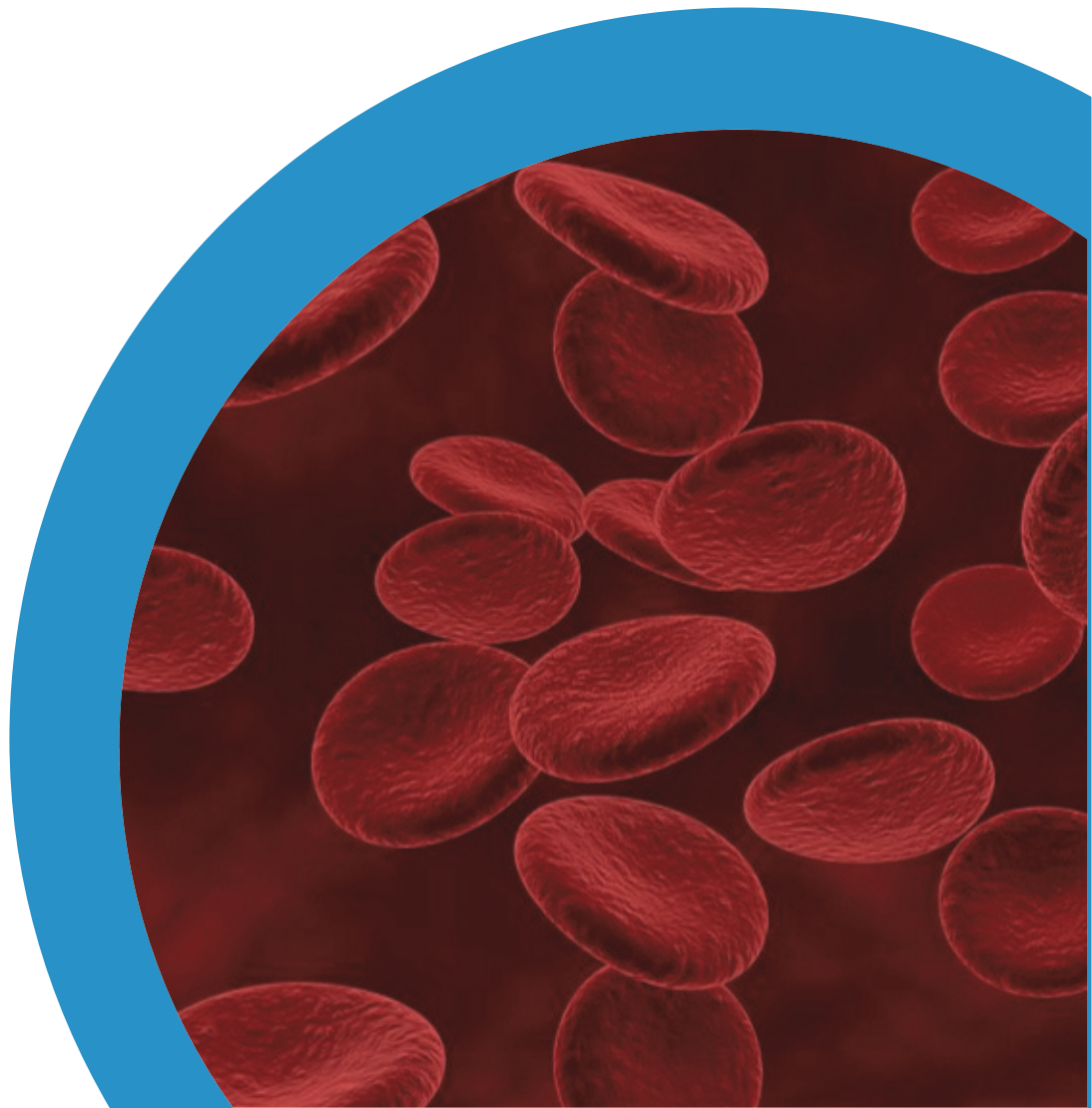


Teurastamoista saatavien sivujakeiden uudet prosessointimenetelmät ja hyötykäyttökohteet

Anne Pihlanto, Nora Pap, Frans Silvenius, Maritta Kymäläinen ja Markku Niemistö



**Teurastamoista saatavien
sivujakeiden uudet prosessointimenetelmät ja
hyötykäyttökohteet**

Hyötyteuras-hankkeen 2009–2011 loppuraportti

Anne Pihlanto, Nora Pap, Frans Silvenius, Maritta Kymäläinen, Markku Niemistö



HAMK
HÄMEEN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

ISBN: 978-952-487-399-4

ISSN 1798-6419

<http://www.mtt.fi/mtraportti/pdf/mtraportti62.pdf>

Copyright: MTT

Kirjoittajat: Anne Pihlanto, Nora Pap, Frans Silvenius, Maritta Kymäläinen, Markku Niemistö

Julkaisija ja kustantaja: MTT Jokioinen

Julkaisuvuosi: 2012

Kannen kuva: Rodeo Oy, K. Pergeter/MTT:n kuva-arkisto

Teurastamoista saatavien sivujakeiden uudet prosessointimenetelmät ja hyötykäyttökohteet

Anne Pihlanto¹⁾, Nora Pap¹⁾, Frans Silvenius¹⁾, Maritta Kymäläinen²⁾, Markku Niemistö³⁾

¹⁾MTT Biotekniikka ja elintarviketutkimus, Alimentum, Myllytie 1, 31600 Jokioinen, etunimi.sukunimi@mtt.fi

²⁾HAMK 1 PL 230 13101 Hämeenlinna, maritta.kymalainen@hamk.fi

³⁾Lihateollisuuden tutkimuskeskus, Luukkaankatu 8, 13110 Hämeenlinna, markku.niemisto@ltk.fi

Tiivistelmä

Teurastamot tuottavat runsaasti sivujakeita, Suomessa n. 240 000 tonnia vuodessa. Teurasveri- ja lihaluujakeita muodostuu eniten ja ne sisältävät runsaasti mielenkiintoisia, ravitsemuksellisesti ja taloudellisesti arvokkaita aineosia hyödynnettäviksi elintarvikkeissa ja muissa valmisteissa. Tämän hankkeen tavoitteena oli tuottaa kaupallisia tuotejakeita teurasverestä ja luujakeista sekä saavuttaa materiaalien mahdollisimman kokonaisvaltainen hyödyntäminen yhdistämällä eri käsittelyprosesseja. Projektissa onnistuttiin erottamaan kalvotekniikoilla ja entsyymaattisella hydrolyysillä mielenkiintoisia tuotejakeita (plasmakonsentraatti, seerumikonsentraatti, luusta erotettu proteiini). Alustavien käyttösovellustestien perusteella nämä jakeet soveltuvat esim. makkara- ja kinkkutuotteisiin. Materiaalien kokonaisvaltainen hyödyntäminen vaikuttaa positiivisesti myös toiminnan ympäristövaikutuksiin, mikä todettiin mm. plasmakonsentraattituotannon LCA-tarkastelun tuloksena. Tässä projektissa selvitettyillä kokonaisprosesseilla ja tuotteilla todettiin saavutettavan monia hyötyjä, mutta ne eivät vaikuta olevan vielä liiketaloudellisesti perusteltuja, jotta päästäisiin teollisiin investointeihin. Projektin tulosten vieminen käytäntöön vaatii vielä isomman mittakaavan, jopa teollisuusmittakaavan prosessikehitystä, mitä toisaalta olisi hyvä päästä toteuttamaan mahdollisimman pian, jotta on tuotantovalmiuksia, kun markkinat avautuvat.

Avainsanat:

Teurasveri, luu, proteiini, kalvotekniikat, hydrolyysi, terminen käsittely, elinkaarianalyysi

New processes and applications for by-products from slaughterhouses

Anne Pihlanto¹⁾, Nora Pap¹⁾, Frans Silvenius¹⁾, Maritta Kymäläinen²⁾, Markku Niemistö³⁾

¹⁾ MTT Biotechnology and Food Research, Alimentum, Myllytie 1, 31600 Jokioinen, Finland, etunimi.sukunimi@mtt.fi

²⁾ HAMK 1 PL 230 13101 Hämeenlinna, Finland, maritta.kymalainen@hamk.fi

³⁾ Meat Research Institute, Luukkaankatu 8, 13110 Hämeenlinna, Finland, markku.niemisto@ltk.fi

Abstract

Slaughterhouses produce a variety of different by-products. In Finland, the total amount is 240 000 tons annually. At present the use of slaughterhouse by-products is under changing state as the amount used for feeds by fur animals has gradually been decreasing and is believed to decrease still. In response to this problem there is a great need to find new applications for slaughterhouse by-products. Especially, blood and bone fractions are produced in large quantities and they are rich in valuable components that can be applied in food and other products. This project aimed to produce fractions from blood and bones to obtain comprehensive utilization of material combining different treatments. We managed to isolate interesting fractions, like plasma and serum concentrate as well as protein fraction from bones using membrane filtration and enzymatic hydrolysis. Preliminary studies indicated that the fractions are suitable for sausage and ham products. According to the results, the plasma separation process is competitive in relation to the alternative use in fur animal feed. The plasma separation process can reduce environmental impacts, when it replaces soya protein. In this project, the reported processes and products showed many benefits, but at present they are not economically justified in order to achieve industrial investments. The application of results into practice, however, requires further larger-scale, even in industrial-scale process development. On the other hand, it would be good to implement as soon as possible, so that the production capacity is ready when the markets open up.

Keywords:

blood, bone, protein, membrane techniques, hydrolysis, thermal treatment, lifecycle assessment

Sisällysluettelo

1	Tausta ja tavoitteet.....	6
2	Teurastamosivutuotteiden hyötykäytön nykytilanne ja mahdollisuudet	7
2.1	Yhteenveto nykytilasta	7
2.2	Sivutuotteiden hyödyntämismahdollisuudet	8
2.2.1	Elimet ja rauhaset	10
2.2.2	Veri.....	10
2.2.3	Rasva	11
2.2.4	Luuaines ja muu kollageenipitoinen aines	11
2.3	Projektin tutkimuskohteiden valinta.....	12
3	Teurasveren hyödyntämisen kehittäminen	13
3.1	Talteenotto ja säilöntä	13
3.2	Prosessointi, erotukset (kalvomenetelmät).....	14
3.3	Toiminnalliset ominaisuudet	16
3.4	Tuotesovellukset.....	17
3.5	Plasmakonsentraatin tuotantoprosessin esisuunnittelu	17
3.6	Elinkaarianalyysitarkastelu (LCA).....	18
3.6.1	Lähtötiedot ja tarkastelun rajaukset.....	18
3.6.2	Tulokset ja niiden tarkastelu.....	19
4	Lihaluuaineksen hyödyntämisen kehittäminen	20
4.1	Uuttomenetelmät	20
4.2	Entsyyttäinen hydrolyysi	21
4.2.1	Toteutus	21
4.2.2	Hydrolyysituotteet ja niiden koostumus.....	21
4.2.3	Tuotteiden toiminnalliset ominaisuudet	22
4.2.4	Hydrolyysijäännöksen terminen hyödyntäminen	23
4.3	Tuotesovellukset.....	23
5	Johtopäätökset ja hyödyntämissuunnitelma	25
6	Lähdeluettelo	26

1 Tausta ja tavoitteet

Teurastamot tuottavat runsaasti sivujakeita, sillä huomattava osa teurastamolle tuotavan eläimen painosta on erilaisia sivutuotteita. Naudalla niiden osuus on keskimäärin 45 % elopainosta, sialla 36 % ja broilerilla keskimäärin 32 % elopainosta. Kaikkiaan sivutuotteita kertyy Suomessa n. 240 000 tonnia vuodessa. Sivutuotteet voidaan jakaa kahteen pääryhmään sen mukaan, ovatko ne syötäväksi kelpaavia vai kelpaamattomia. Käytännössä huomattava osa teurastamo- ja lihanjalostusteollisuuden sivutuotteista on syötäväksi kelpaamattomia ruhonosia ja jätteitä. Tästä syystä suurin osa niistä päätyy renderöintilaitokseen tai turkiseläinrehuksi. Osa sivutuotteista voidaan myös käyttää elintarvikkeena, kuten elimet ja veri, ja osa voidaan prosessoida siten, että niistä voidaan tuottaa elintarvikkeita tai elintarvikkeiden raaka-aineita ja ravintolisiä, ja raaka-aineita muille teollisuuden aloille.

Sivutuotteiden nykykäytössä eletään muutosaikaa, sillä turkiseläinrehuksi menevä sivutuotemäärä on vähentynyt ja sen odotetaan vähentyvän edelleen tulevaisuudessa. Tälle olisi löydettävä uusia hyödyntämistapoja, ja mielellään saavutettava korkeampi jalostusaste. Lisäksi, huomio on kiinnittynyt luuaineksen sisältämään fosforiin, josta on tulossa arvokas luonnonvara, joka halutaan kiertoon.

Tämän hankkeen tavoitteena oli selvittää ja kehittää uusia taloudellisesti kannattavia teurastamosivutuotteiden hyödyntämistapoja, ja niiden vaatimia kustannus- ja ekotehokkaita prosessointimenetelmiä ja kokonaisprosesseja. Tarkoituksena oli käytännössä testata mm. eri bioteknisiä käsittelymenetelmiä hyötyjakeiden erottamiseksi osana kokonaisprosessointia. Tavoitteena oli myös selvittää sivutuotteista erotettujen jakeiden käyttökohteita paitsi elintarvike- myös lemmikkieläin-, lannoite- ja kemianteollisuudessa. Käytännössä oli tarkoitus myös testata erotettuja jakeita eri tuotesovelluksissa, mm. osana jo markkinoilla olevia elintarvikkeita, ja selvittää vaikutuksia tuotelaatuun. Tavoitteena oli selvitykseen valittujen sivutuotteiden mahdollisimman kokonaisvaltainen ja liiketaloudellisesti kannattava hyödyntäminen.

Hyötyteuras-hanke kuului Tekesin Symbio-ohjelmaan, ja se toteutettiin 1.10.2009-31.12.2011 välisenä aikana. Hankkeen päätutkimusosapuolena toimi Maatalouden tutkimuskeskus (MTT, Biotekniikka ja Elintarviketutkimus), yhteistyössä Hämeen ammattikorkeakoulun (HAMK, Bio- ja elintarviketekniikan koulutusohjelma) ja Lihateollisuuden tutkimuskeskuksen (LTK) kanssa. Kansainvälisenä tutkimusosapuolena oli Gironan yliopisto (Espanja). Hankkeessa mukana olleet yritykset olivat Honkajoki Oy, Atria Suomi Oy, HK Ruokatalo Oy ja Neste Jacobs Oy.

2 Teurastamosivutuotteiden hyötykäytön nykytilanne ja mahdollisuudet

Projektin alussa selvitettiin teurastamosivutuotteiden hyötykäytön nykytilannetta ja hyötykäytön kehittämismahdollisuuksia Suomessa. Selvitystyötä ohjasi Lihateollisuuden tutkimuskeskus (LTK), ja aiheesta julkaistiin kaksi AMK-opinnäytetyötä, toinen liittyen syötäväksi kelpaaviin (Tikka, 2010) ja toinen syötäväksi kelpaamattomiin tuotteisiin (Aalto, 2010). Seuraavassa on tiivistetty yhteenveto teurastamosivutuotteiden nykyisistä käyttökohteista Suomessa ja muista hyödyntämismahdollisuuksista.

2.1 Yhteenveto nykytilasta

Vuodessa sivutuotteita kertyy Suomessa noin 240.000 tonnia samalla kun varsinainen lihantuotanto on n. 400.000 tonnia. Sivutuotteet voidaan ryhmitellä kahteen pääryhmään; syötäväksi kelpaaviin ja syötäväksi kelpaamattomiin. Lainsäädännön perusteella sivutuotteet jaetaan niihin liittyvän riskin perusteella kolmeen eri luokkaan. Sivutuotteista kierrätetään arviolta 99 %. Suurin osa niistä toimitetaan tällä hetkellä renderöintilaitokseen tai turkiseläinrehutehtaisiin.

Renderöintilaitokseen toimitetaan vuodessa lähes 100.000 tonnia teurastamoiden sivutuotteita. Tästä määrästä yli neljäsosa on 1. luokan sivutuotetta, joka lain mukaan täytyy renderöinnin jälkeen hävittää polttamalla. Muista sivutuotteista (luokka 2 ja 3) renderöintilaitos tuottaa lihaluujauhoa lannoitteeksi ja rehuksi sekä rasvaa biopolttoaineeksi.

Teurastamoteollisuus toimittaa erilaisia sivutuotteita hapotuskäsittelyn jälkeen suoraan turkiseläinrehutehtaille noin 100.000 tonnia vuodessa. On ennustettu, että tulevaisuudessa turkiseläintuotannon volyyymi supistuu, mikä lisää paineita etsiä uusia hyödyntämistapoja.

Sivutuotteista noin 40.000 tonnia hyödynnetään kannattavasti joko elintarviketeollisuuden, lemmikkieläinruokateollisuuden tai muun teollisuuden raaka-aineena. Tähän ryhmään kuuluvat mm. sian nahka sekä osa elimistä, verestä, luista, rasvasta ja jotakin muita yksittäisiä jakeita. Elinten, veren ja rasvan käyttö elintarvikkeena ja elintarviketeollisuuden raaka-aineena on vähentynyt merkittävästi viimeisen kahdenkymmenen vuoden aikana. Naudan vuota on tärkeä nahkateollisuuden raaka-aine. Tällä hetkellä sivutuotteiden yhteenlaskettu tuotto teurastamoille on noin 40-50 miljoonaa euroa, joka on alle 2 % alan liikevaihdosta. Taloudellinen hyödyntämispotentiaali on siis erittäin suuri ja tulevaisuudessa tavoitteena tuleekin olla sivutuotteiden parempi jalostusaste ja kannattavampi hyödyntäminen.

Biodieselin valmistus on potentiaalinen eläinperäisten rasvojen käyttökohde, koska eläinrasvat koostumukseltaan sopivat raaka-aineeksi erittäin hyvin ja koska tällä hetkellä biodieselin markkinahinta on suhteellisen hyvä. Tällä hetkellä teurastamoista, renderöintilaitoksista ja lihanjalostusteollisuudesta kertyy noin 25.000 tonnia biodieselin raaka-aineeksi soveltuvaa rasvaa. Määrää voitaisiin jonkin verran nostaa kehittämällä rasvan erotusta ja talteenottoa.

Biokaasun tuottaminen saattaa olla yksi potentiaalisimmista sivutuotteiden käyttökohteista tulevaisuudessa. Biokaasun raaka-aineeksi soveltuu luokan 3 sivutuotteet ja osa luokan 2 sivutuotteista. Biokaasun tuottaminen on sekä jätehuoltoa että energiantuotantoa. Sivutuotteiden biokaasukäytön kasvua on hidastanut mm. se, että osa sivutuotteista soveltuu huonosti biokaasutukseen ja että teurastamot

joutuvat maksamaan biokaasulaitoksiin toimitetuista sivutuotteista porttimaksua vastaavasti kuin kompostointiin toimitetuista sivutuotteista.

2.2 Sivutuotteiden hyödyntämismahdollisuudet

Teurastamosivutuotteita voidaan ryhmitellä seuraaviin jakeisiin: a) Veri b) Elimet, rauhaset ja muut pehmeät osat c) Rasvat d) Suolistot ja mahat e) Sian nahka f) Naudan vuota g) Höyhenet h) Sorkat, karvat ja muu kova aines i) Luuaines. Taulukoon 1 on koottu näiden tuotteiden nykykäyttökohteet ja hyödyntämismahdollisuuksia.

Teurastuksen sivutuotteiden syötävät osat sisältävät yleensä runsaasti proteiineja, rasvoja ja kivennäisaineita. Nykyaikaisilla tekniikoilla sivutuotteista on mahdollista eristää proteiinit, rasvat ja rasvahapot sekä mineraalit ja muut ainesosat. Tekniikoiden kehittyessä on mahdollista eristää esim. juuri tietty räätälöity proteiinijae määrättyihin käyttötarpeisiin esim. niiden toiminnallisten ominaisuuksien perusteella. Sivutuotteiden proteiinien muuttaminen tuottaviksi raaka- ja lisäaineiksi edellyttää uudenlaista ajattelutapaa. Se vaatii panostuksia sivutuotteiden keräilyyn ja mahdolliseen esikäsittelyyn teurastamoissa sekä myös sivutuotteiden tutkimiseen ja uusien hyötykäyttökohteiden kehittämiseen. Syötäväksi kelpaavien sivutuotteiden hyödyntämisessä on huomioitava myös niiden hyväksyttävyyden elintarvikekäyttöön, lainsäädäntö, ravitsemukselliset tekijät sekä taloudelliset vaikutukset.

Merkittävä osa sivutuotteista on syötäväksi kelpaavia. Käytännössä syötävien sivutuotteiden osuus eläimen elopainosta on siassa ja naudassa noin 15 % ja siipikarjassa noin 5 %. Syötäväksi kelpaavia sivutuotteita ovat mm. veri, suurin osa elimistä ja osa kollageenipitoisesta aineksesta. Ne sisältävät runsaasti proteiineja ja vain vähän rasvaa. On arvioitu, että 12-13 % eläinperäisestä proteiinista hyödynnetään huonosti tai ei hyödynnetä lainkaan. Suomessa suhteessa heikoimmin proteiini hyödynnetään verestä, jossa proteiinipitoisuus on kuitenkin korkea (17-18 %). Useimmat syötäväksi kelpaavat sivutuotteet sisältävät myös arvokkaita mineraaleja, vitamiineja ja joitakin terveysvaikutteisia ainesosia, mikä mahdollistaa niiden hyödyntämisen myös lääketeollisuuden raaka-aineissa ja luontais-tuotteissa.

Taulukko 1 Yhteenveto teurastamosivutuotteiden nykykäyttökohteista ja hyödyntämismahdollisuuksista.

Sivutuote	Nykyiset käyttökohteet	Mahdollisuudet
Veri (20.000 tn/a)	- Elintarvikkeet - Turkiseläinrehu - Lemmikkieläinruoka	- Elintarvikeraaka-aineet: proteiinijauheet: plasma, globiini, albumiini - Lääketeollisuus: seerumi, albumiini, hemirauta, bioaktiiviset peptidit - Luontaistuotteet - Mikrobialustat ja liemet - Rehuteollisuus: verijauhe, globiinijauhe - Biokaasu
Elimet ja rauhaset Muut pehmeät osat (40.000 tn/a)	- Elintarvikkeet + vienti - Lääketeollisuus - Lemmikkieläinruoka - Turkiseläinrehu - Rendering	- Lemmikkieläinruoka - Lääkeaineet: lääkkeit, steroidit, hormonit, vitamiinit, uutteen, entsyymit, jne - Biokaasu
Rasvat (20.000 tn/a)	- Rendering > energia (biodiesel) - Rasvateollisuus - Rehut	- Energia: biopolttoaineet - Teknokemian teollisuus
Suolistot ja mahat (40.000 tn/a)	- Vienti > elintarvikkeet - Turkiseläinrehu - Rendering / destruktio	- Makkarankuoret - Kollageeni-proteiini - Energiantuotanto: biokaasu
Sian nahka (15.000 tn/a)	- Elintarvikkeet - Vienti	- Kollageenin ja gelatiinin valmistus: elintarvikkeet, lääketeollisuus, luontaistuotteet, kosmetiikka- ja nahkateollisuus
Naudan vuota (10.000/a)	- Nahkateollisuus - Vienti	- Kollageenin valmistus
Höyhenet (7.000 tn/a)	- Turkiseläinrehut - Rendering > lihaluujauho	- Höyhenjauho > rehut, lannoitteet - Hydrolysoitu keratiini > esim. biohajoavat materiaalit
Sorkat, karvat, muu kova aines (20.000 tn/a)	- Rendering > lihaluujauho - Kompostointi	- Kosmetiikka ja hoitotuotteet - Biohajoavien materiaalien valmistus - Lääketeollisuus + muu teollisuus
Luuaines (80.000 tn/a) Osa luuaineksesta myydään luullisena lihana	- Elintarvikkeet (luullinen liha) - Rendering / destruktio > lihaluujauho + rasva - Turkiseläinrehu - Kastiketeollisuus	- Elintarvikeraaka-aine: kollageeni, kastikepohjat ja liemet, gelatiini - Lääkeaineet: gelatiini, rustot ja nivelpinnat - Luujuuho > lannoitteet + mineraalit (Ca-P) - Kemianteollisuus: liima, pesuaine

2.2.1 Elimet ja rauhaset

Elinten käyttö sellaisenaan elintarvikkeena on vähentynyt, sillä ilmeisesti niiden aistinvaraiset ominaisuudet eivät kohtaa nykyajan ruokatottumuksia. Elimet ovat usein vahvan makuisia ja niiden rakenne poikkeaa lihan rakenteesta. Elimet sisältävät kuitenkin runsaasti kivennäisaineita sekä erilaisia vitamiineja, aminohappoja ja rasvahappoja. Elinten keskimääräiset proteiinipitoisuudet ovat 15-25 % ja rasvapitoisuus keskimäärin alle 5 % joitakin yksittäisiä elimiä lukuun ottamatta. Toisaalta kemiallinen koostumus voi vaihdella elimissä paljonkin rasvapitoisuuden vaihteluista johtuen. Kaikissa elimissä on rautaa (eniten sianmaksassa n. 20 mg/100 g) ja useita muita kivennäisaineita. Elimissä on myös runsaasti vitamiineja, erityisesti B6- ja B12-ryhmän vitamiineja. Elimiä voidaan hyödyntää myös terveysvaikutteisten elintarvikkeiden kehittämisessä.

Eläinten elimiä ja rauhasia käytetään yleisesti lääketeollisuudessa erilaisten hormonien ja lääkkeiden tuotantoon. Hyviä lääketeollisuuden raaka-aineita ovat mm. lisämunuainen ja aivokuori (steroidit, kolesteroli), sappineste (hapot, väriaine), maksa (vitamiinit, hepariini), munasarja (estrogeeni), haima (insuliini, entsyymit) ja kivipiira (caldesmon –proteiini). Elimet ja rauhaset kerätään terveistä eläimistä, ne trimmataan ympäröivästä rasvasta ja sidekudoksesta ja lopuksi pakastetaan nopeasti, jotta bakteeritoiminnan aiheuttama kudoksen hajoaminen olisi mahdollisimman vähäistä.

2.2.2 Veri

Eläimen elopainosta noin 3,5 % on verta. Terveen eläimen veri on elintarvikekelpoista ja veren hyödyntäminen edellyttää hygieenistä veren talteenottoa ja välitöntä prosessointia. Verta voidaan käyttää elintarvikkeissa tai siitä voidaan prosessoida verijauhetta tai vaihtoehtoisesti eristää plasma ja punasolut toisistaan ja prosessoida niistä plasmaproteiinia, globiiniproteiinia tai erottaa siitä bioaktiivisia ainesosia.

Veri koostuu kahdesta fraktiosta; punasoluista ja plasmasta. Veri sisältää proteiineja 17 – 20 %. Plasmasosassa on runsaasti albumiinia ja globuliinia ja punasoluissa hemoglobiinia. Veren proteiineilla on hyvät ravitsemukselliset ja toiminnalliset ominaisuudet. Veren proteiinit sisältävät kaikkia välttämättömiä aminohappoja. Näiden välttämättömien aminohappojen määrä on moninkertainen FAO:n suositukseen verrattuna. Nykyiset ruokailutottumukset eivät suosi veren käyttöä sellaisenaan ruoan tai elintarviketeollisuuden raaka-aineena, mutta veren hyviä aineosia voidaan jalostaa käytettäväksi uusilla tavoilla.

Veri sisältää useita ihmisen terveydelle arvokkaita bioaktiivisia aineosia. Verestä eristetään veri-plasmaa, josta on edelleen mahdollista eristää mm. albumiinia, fibrinogeeniä ja globuliineja. Plasmasta valmistetaan esim. urheiluravinnemarkkinoille proteiinivalmisteita, sillä plasma sisältää hyvänlaatuisia proteiinia ja kasvutekijöitä. Kasvutekijät edesauttavat myös haavojen paranemista, joten kyseisiä proteiinivalmisteita käytetään myös lääketeollisuudessa esim. haavavoiteissa. Immunoglobuliinilla on todettu olevan kolesterolia alentava ja yleistä vastustuskykyä lisäävä vaikutus. Useissa vastustuskykyä lisäävissä luontaistuotteissa on pääraaka-aineena naudan seerumista eristetty immunoglobuliini. Immunoglobuliinilla on edullinen vaikutus suoliston terveyteen ja sitä käytetään esim. haavaisen paksusuolen ja Crohnin taudin hoidossa. Lisäksi immunoglobuliinin on todettu hyödyttävän mm. syöpäpotilaita lisäten elimistön vastustuskykyä. Plasmasta eristetään myös soluja suojaavia entsyymejä, joita käytetään nivelrikon, tulehdusten ja verenkiertohäiriöiden hoidossa. Fibrinogeenistä valmistetaan verenvuotoa tyrehtyttäviä valmisteita lääketieteelliseen käyttöön esim. leikkauksissa tai mahahaavan hoitoon. Albumiinia valmistetaan ja myydään eläinlääketeollisuuteen sekä tutkimus- ja laboratorio-käyttöön (mikrobien ja soluviljelmien kasvualustat ja erilaiset reagenssit).

Verta käytetään raaka-aineena myös muualla kuin elintarvike- ja lääketeollisuudessa. Veren aineosia käytetään sideaineena mm. paperi-, vaneri-, liima- ja muoviteollisuudessa. Eläinruokateollisuus voi hyödyntää verta joko sellaisenaan tai kuivattuna verijauheena, plasmajauheena tai albumiinina.

2.2.3 Rasva

Sivutuoterասvoista naudan talia käytetään lähinnä paistorasvana, vaikka tyydyttyneiden rasvojen ja kolesterolin takia yhä useammin tali korvataan kasvirasvalla. Talilla on kuitenkin usein todettu olevan kasvirasvoja paremmat uppoaisto-ominaisuudet. Sian laardia käytetään mm. leivontarasvana ja rehu-
jen raaka-aineena.

Teknokemiallinen teollisuus voi käyttää talia useaan tarkoitukseen. Vaikka vaihtoehtoiset raaka-aineet valtaavat alaa, eläinperäisellä raaka-aineella on etuna hinta, biohajoavuus ja uusiutuavuus. Yleisimpiä talin käyttökohteita teollisuudessa ovat pinta-aktiiviset aineet, saippua, muovi, kumi, hartsi, voiteluaineet, tekstiilit ja kosmetiikka.

Amidit ovat rasvahappojen typpijohdannaisia, joita käytetään kosteudenpoistajissa, synteettisissä puhdistusaineissa, pinta-aktiivisissa aineissa, tulostusmusteessa ja muoveissa. Rasvahappojen amiinit ovat erittäin vesiliukoisia ja soveltuvat tekstiili- ja kumiteollisuuden raaka-aineeksi, sekä käytettäväksi ruosteenestoaineena. Rasvahappojen estereillä on korkea kiehumispiste ja niiden käyttökohteita ovat mm. emulgointiaineet, pinnoitteet, voiteluaineet ja vaahdonestoaineet. Pitkäketjuisia rasva-alkoholeja käytetään Na-alkyyli-sulfaattien valmistamiseen, joita hyödynnetään pesuaineteollisuudessa. Steariinihaposta voidaan valmistaa stearaattia, jota käytetään muovin valmistuksessa.

2.2.4 Luuaines ja muu kollageenipitoinen aines

Runsaasti kollageenia sisältäviä raaka-aineita voidaan jalostaa hydrolysoiduksi kollageeniksi tai gelatiiniksi. Perinteisesti hydrolysoitua kollageenia on elintarviketeollisuudessa käytetty lihavalmistajien ja valmisruokien rakenteenparantajana hyvien vedensidonta- ja emulgointiominaisuuksien takia. Uusia käyttökohteita ovat urheiluravinteet, luontaistuotteet/lisäravinteet ja lääkkeet. Hydrolysoidun kollageenin lääketieteellisiä mahdollisuuksia ovat mm. nivelrikon ja osteoporoosin hoito sekä ruston uusiutumisen nopeuttaminen. Urheiluravinteissa (urheilujuomat, proteiinipatukat) kollageeni on sekä proteiininlähde, että sidonta- ja emulgointiaine. Kollageenia käytetään myös laihdutusvalmistajissa em. ominaisuuksiensa takia. Lisäksi kollageenia käytetään elintarvikkeissa korvaamaan rasvaa ja sokeria tehden niistä siten terveellisempiä. Kosmetiikkateollisuudessa kollageenia käytetään ihon-, hiusten-, ja kynsienhoitotuotteissa. Hydrolysoitu kollageeni vahvistaa kynsiä, hiuksia ja ihoa sekä tekee ihon pehmeämmäksi.

Kollageenista valmistetaan kuumennus ja/tai happokäsittelyn avulla gelatiinia, joka on perinteinen ja tärkeä lisäaine elintarviketeollisuudessa. Gelatiini liukenee kuumaan nesteeseen ja muodostaa geelin jäähtyessään. Gelatiini on myös tärkeä raaka-aine lääketeollisuudessa jossa sitä käytetään mm. kapselien päällysteenä ja haavavoiteissa.

Luuaines sisältää orgaanisen kollageeniproteiinin lisäksi runsaasti epäorgaanista ainesosaa (lähinnä kalsiumia ja fosforia). Luuaines soveltuu mm. gelatiinin ja luuliiman valmistukseen sekä erilaisten luujauhojen raaka-aineeksi. Siitä voi prosessoida myös lähes puhdasta kalsiumfosfaattia.

Entsyyttisesti lihaisista luista voidaan erottaa erilaisia lopputuotteita (lihaliemi, puhdas rasva, liukenematon aines ja luut), jotka voidaan hyödyntää eri käyttötarkoituksissa. Suurin osa lopputuotteesta on lihalientä (bouillon), jossa on korkea proteiinipitoisuus ja luonnollinen aromi, ja jota voidaan käyt-

tää sellaisenaan erilaisissa lihavalmisteissa tai valmisruoissa tai se voidaan jatkojalostaa edelleen. Puhdas rasva voidaan käyttää sellaisenaan tai se voidaan prosessoida edelleen biopolttoaineeksi. Liukenematon aines voidaan käyttää lähinnä erilaisissa rehuissa tai mahdollisesti myös joissakin elintarvikkeissa lainsäädännöstä riippuen.

2.3 Projektin tutkimuskohteiden valinta

Projektissa tehtyjen selvitysten ja projektiin osallistuneiden yritysten kiinnostuksen pohjalta valittiin projektin tutkimuskohteiksi teurasveri ja lihaluuaines. Tutkimuskohteiden valintaan vaikuttivat mm. teurasveren ja lihaluuaineen suuret määrät sekä niiden sisältämät terveydellisesti ja taloudellisesti arvokkaat komponentit.

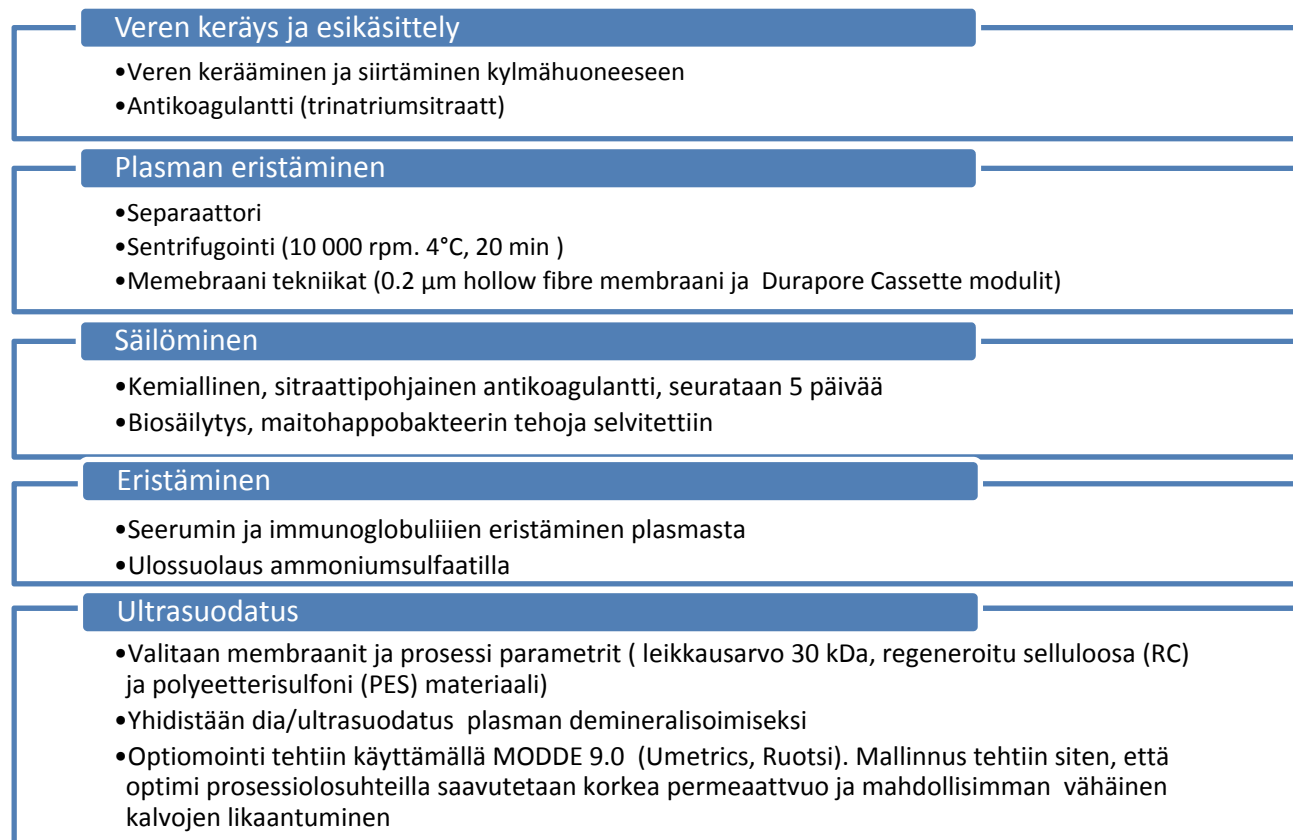
3 Teurasveren hyödyntämisen kehittäminen

Teurasverta kertyy Suomessa vuosittain noin 20 000 tonnia, josta elintarvikekäyttöön menee alle 10 %. Kuivattu veri on ravitsevuksellisesti arvokasta, sillä edes maitojauhe ei sisällä yhtä paljon proteiinia. Veren proteiinit ovat erinomaisia proteiini lähteitä aminohappokoostumuksensa ansiosta. Verta ja kuivattua verta käytetään elintarvikkeissa mm. verimakkaroissa, pateissa, maksamakkaroissa ja niin edelleen. Verta voidaan käyttää esim. makkaroissa 0,5-2 %, suurempi määrä aiheuttaa maku- ja värihaittoja tuotteeseen.

Hankkeessa tutkittiin plasman erotusmenetelmiä vertaamalla separaattoria, sentrifugointia (ja membraaniteknologioihin perustuvia menetelmiä (Kuva 1). Hankkeessa etsittiin biosäilöntään soveltuvia maitohappobakteerikantoja sekä verrattiin toiminnallisia ominaisuuksia kemiallisesti säilöttyihin jakeisiin. Työssä selvitettiin eri tavoilla tuotettujen jakeiden geelilytymis-, emulgointi- ja vaahtoutumisominaisuuksiin.

3.1 Talteenotto ja säilöntä

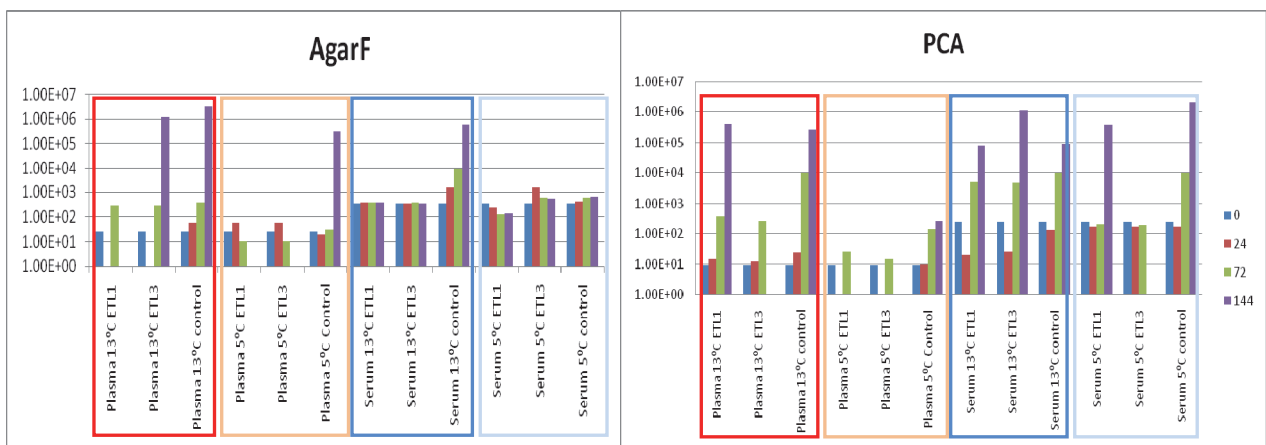
Teurasveren tärkeimmät komponentit ovat plasma (n. 65 %) ja punasolut (n. 35 %). Komponenttien hyödyntäminen edellyttää veren hygieenistä talteenottoa. Tutkimuksissa käytetyn sian veren proteiinipitoisuus oli noin 8 %. Veren hyytyminen keräyksen aikana estettiin lisäämällä antikoagulanttia (trinatriumsitraatti). Separattorilla ja kalvotekniikoilla (mikrosuodatus) ei saatu hyvälaatuisia plasmia. Separattorilla myös saanto oli matala. Mikrosuodatusta oli vaikea hallita ja prosessin taloudellisuus on kyseenalaista. Sentrifugoinnilla laatu sekä saanto olivat jonkin verran parempia kuin separattorilla. Sentrifugoimalla plasmajae oli kirkasta ja vaalean pinkin väristä ja sitä käytettiin jatkokeisissa.



Kuva 1 Teurasveren prosessointivaiheet

Hygieenisesti kerätyn veren mikrobiologinen laatu on yleensä hyvä ja sitä voidaan säilyttää jopa 4 vuorokautta 2 °C:ssa ennen kuin bakteerien määrä kasvaa huomattavasti. Normaali kylmäsäilytys ei riitä takaamaan veren hyvää mikrobiologista laatua. Pidempiaikaista säilöntää varten veren jakeet voidaan pakastaa tai kuivata. Tutkimuksessa selvitettiin perinteisten säilöntäaineiden (acid citrate dextrose, citrate phosphate dextrose, Alsever's solution, trisodium sitraatti 1 ja 0,2 %, 6 °C) ja 11 eri maitohappobakteerien kykyä estää pilaajamikrobien kasvua.

Kemialliset säilöntäaineet eivät vaikuttaneet mikrobien kasvuun. Työssä todettiin, että veressä bakteeripitoisuudet olivat alussa korkeammat kuin plasmassa, mutta kasvu viidessä päivässä oli alle 1 log-yksikön. Koliformeja löydettiin vain verestä, määrä oli alussa noin 100 pmy/mL ja se nousi 5 vuorokauden aikana noin 1,5 log-yksikköä. *Pseudomonas* pesäkkeiden määrä porsaan veressä nousi noin 2 log-yksikköä. Myös plasman pH:ta seurattiin 120 tunnin säilönnän aikana. Alussa pH:t olivat 7,07 – 7,4 ja pH nousi alle 0,26 yksikköä kaikilla näytteillä. Maitohappobakteerien tehoa tutkittiin seuraamalla mikrobien kasvusta johtuvaa sameutta tai värinmuutosta fotometrillä. Esikokeet tehtiin 37 °C:ssa ja kasvua seurattiin 7 vuorokautta. Tällä menetelmällä testattiin 11 eri kantaa, joista kaksi (ETL1 ja ETL3) valittiin tarkempiin tutkimuksiin ja määritettiin kokonaisbakteerit, *Pseudomonas* ssp. sekä koliformit. Näissä todettiin, että ETL3 kasvoi paremmin kuin ETL1 5 °C:ssa. Todettiin myös, että mikrobit kasvoivat nopeammin 13 °C:ssa kuin 5 °C:ssa. Maitohappobakteerin lisääminen plasmaan paransi sen mikrobiologista laatua (kuva 2).



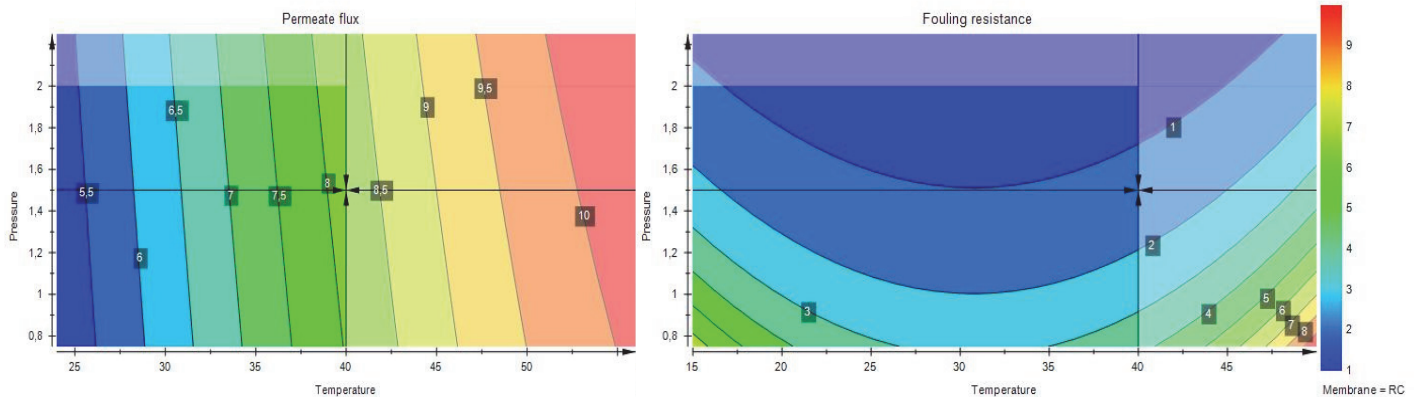
Kuva 2 *Pseudomonas* (AgarF) ja kokonaisbakteerien (PCA) kasvu plasmassa ja seerumissa eri säilytyslämpötiloissa.

3.2 Prosessointi, erotukset (kalvomenetelmät)

Ultrasuodatus menetelmiä käytetään yleisesti monilla eri teollisuuden alalla. Elintarviketeollisuudessa sovellukset liittyvät proteiinien talteenottoon, konsentroiintiin ja juominen selkeyttämiseen. Ultrasuodatuksen etuna on erotuskyky, alhainen energian kulutus ja matala lämpötila. Tässä hankkeessa ultrasuodatusta ja sen yhdistämistä diasuodatukseen käytettiin porsaan plasman konsentroiintiin. Tutkimuksessa käytettiin kahta eri spiraalityyppisiä kalvomateriaalia (regeneroitu selluloosa (RC) ja polyeetterisulfoni (PES)). Ultrasuodatus kalvojen leikkauskoko oli 30 kDa ja suodatuspinta-ala 0,23 m². Membraanien käyttäytymistä selvitettiin vaihtelemalla painetta ja lämpötilaa. Parhaiden prosessiolosuhteiden löytämiseksi käytettiin vastepintamenetelmää (MODDE-ohjelma). Plasmakonsentraattien toiminnalliset ominaisuudet määritettiin ja niitä verrattiin soijaan ja heraproteiinikonsentraattiin.

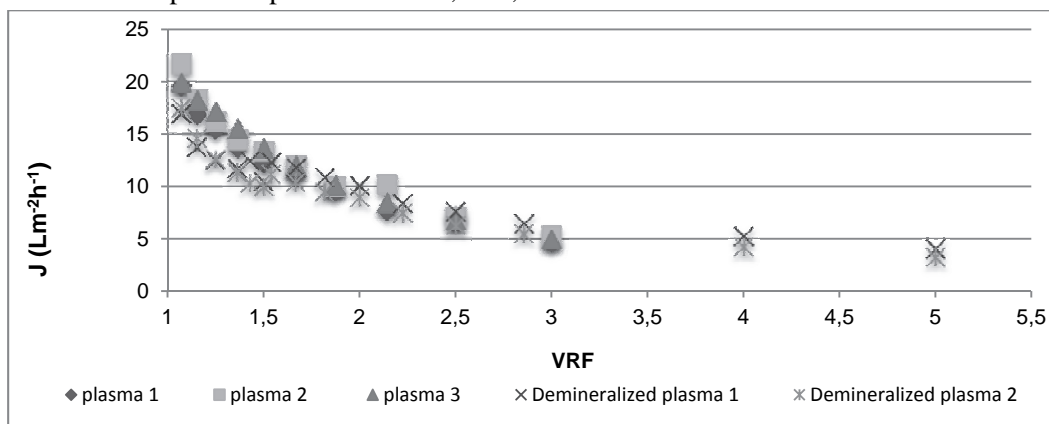
Prosessin optimointia varten tehtiin 22 ultrasuodatusajoa, joissa määritettiin RC- ja PES-kalvojen likaantuminen ja permeaattivuo. Kuvassa 3 on esitetty vuon ja likaantumisen vasteet eri RC-membraanin eri olosuhteissa. Tulokset osoittivat, että erityisesti PES-kalvo membraani oli herkkä

likaantumiselle alhaisessa lämpötilassa. RC-kalvo soveltui paremmin, optimilämpötila oli 40 °C ja paine 1,5 bar.



Kuva 3 Porsaan plasman ultrasuodatuksen optimointi

Menetelmä validoitiin tekemällä kokeita optimiolosuhteissa ja saadut tulokset on kuvattu alla (kuva 4). Ultrasuodatuksen lisäksi samoja parametrejä käytettiin myös yhdistetyssä ultra/diasuodatuksessa. Kasvivoiteisessa prosessissa konsentroidussa käytettiin ensin ultrasuodatusta ja sen jälkeen diasuodatusta. Käytettäessä ultrasuodatusta yksinään oli permeaattivuo jonkin verran korkeampi kuin ultra/diasuodatuksessa. Lisäksi kaksivaiheisessa prosessissa havaittiin viisinkertainen konsentroituminen, joka on melko lähellä teollisessa toiminnassa saavutettuja konsentrointeja. Lopullisen plasmakonsentraatin proteiinipitoisuus oli 25,8-28,2 % ja demineralisoidun (ultra/diasuodatus) konsentraatin proteiinipitoisuus oli 29,8-32,9 %.



Kuva 4 Mallin validointi.

Ultra/diasuodatus tehtiin myös plasmajakeelle, josta fibrinogeeni oli suolattu ulos. Suodatus tehtiin kaksivaiheisesti käyttäen spiraalityyppistä polyakrylinitriili (PAN) kalvoa (30 kDa), 2 bar:n paineessa ja 25-30 °C:ssa. Toisena vaiheena oli diasuodatus samalla kalvolla, jonka tarkoituksena oli vähentää suolojen määrää. Diasuodatusta jatkettiin kunnes retentaatin johtokyky oli lähellä plasman arvoa. Näin saatua tuotetta sovellettiin Frankfurter-makkaroiden valmistukseen.

Käytännössä selvitettiin myös fibrinogeenin vaikutusta suodattamiseen. Plasmasta saostettiin fibrinogeeni ammoniumsulfaatilla. Suodattamiseen käytettiin joko seerumia tai plasmaa ja kahta eri kalvoa (RC ja PAN; 30 kDa, 1,5-2 bar, 30-40 °C). Tutkimuksessa haluttiin verrata plasman ja seerumin käyttäytymisen eroja ultrasuodatuksessa. PAN-kalvon permeaattivuo oli alhainen kun seerumia väkevöitiin (noin 6 L/2h) kun RC-kalvolla todettiin selvästi korkeampi permeaattivuo (noin 15 L/2h). Permeaattivuo plasman ultrasuodatuksessa RC kalvolla oli noin 11,5 L/2h. Koska merkittäviä eroja plasman

ja seerumin suotautumisessa ei RC-kalvoilla havaittu, voidaan fibrinogeeni saostaa plasman suodatuksen jälkeen.

Immunoglobuliineja rikastettiin seerumista ja seerumikonsentraatista. Immunoglobuliinit rikastettiin ulos saostamalla käyttäen ammoniumsulfaattia. Jakeiden proteiinit määritettiin Lowryn menetelmällä ja immunoglobuliinien määrä analysoitiin kromatografisesti. Taulukossa 2 on esitetty seerumin kokonaisproteiini- ja immunoglobuliinipitoisuudet. Tuloksista voidaan todeta, että immunoglobuliinien saanto oli noin 14 % suurempi kun seerumi oli konsentroidu ultrasuodatuksella ennen saostusta.

Taulukko 2 Immunoglobuliinijakeiden proteiinipitoisuus

Lähdemateriaali	Kokonaisproteiini-pitoisuus mg/g	IgG-pitoisuus mg/g	IgG:n osuus proteiinista %
Seerumi	225	166	73,8
Seerumikonsentraatti	312	255	81,1

3.3 Toiminnalliset ominaisuudet

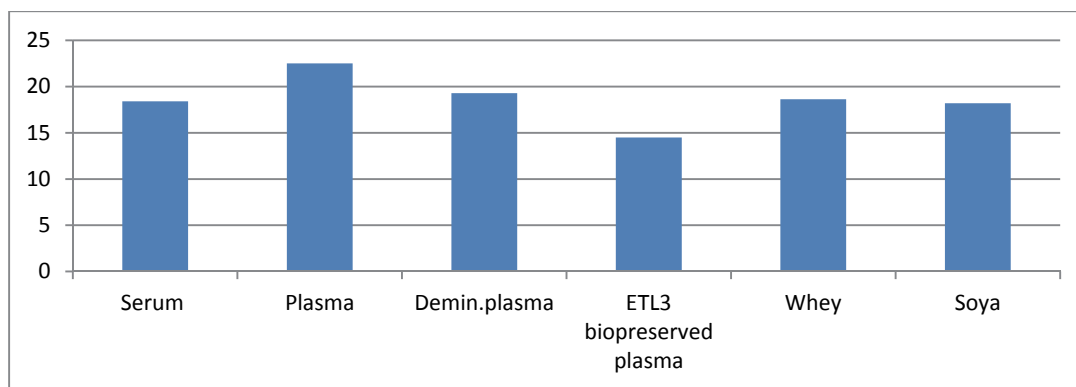
Jakeiden soveltaminen eri tuotteissa edellyttää toiminnallisten ominaisuuksien määrittämisen. Toiminnallisia ominaisuuksia verrattiin soija- ja heraproteiinikonsentraatteihin.

Kemiallisesti ja biosäilöttyjen jakeiden toiminnalliset ominaisuudet määritettiin 72 tunnin säilytyksen jälkeen, lukuun ottamatta vaahtoutuvuutta joka määritettiin kontrollinäytteestä välittömästi eristämisen jälkeen ja 96 tunnin säilytyksen jälkeen. Yleisesti ottaen biosäilöntä huonosi toiminnallisia ominaisuuksia jonkin verran. Geeliytymisominaisuuksista koossapysyvyys ja kimmoisuus sekä emulgoituvuusominaisuudet olivat lähes samanlaiset kontrollissa ja biosäilytyssä plasmassa. Maitohappobakteerin lisäys huonosi vaahtotumiskapasitettia ja stabiliteettia sekä geelin kovuutta.

Demineralisoidun plasmakonsentraatin vaahtoutumisominaisuudet olivat paremmat kuin plasmakonsentraatilla pH-alueella 4,6-6,3. Emulgointikapasiteetti oli parempi plasmakonsentraatilla kuin demineralisoidulla. Plasman emulgointiominaisuudet olivat lähes samanlaiset kuin soijan ja heraproteiinikonsentraation ja pH arvoilla 6,3 ja 7,0 jopa paremmat. Demineralisoidusta plasmakonsentraatista tehdyt geelit olivat kovempia kuin plasmakonsentraatin.

Kuvassa 5 on esitetty seerumikonsentraatin plasmakonsentraatin, demineralisoidun plasmakonsentraatin, heran ja soijan emulgoitumiskyky. Plasmakonsentraatin emulgoituvuus on hieman muita parempi, mutta seerumikonsentraatti asettuu samalle tasolle muiden vertailtavien kanssa. T-testin mukaan merkitseviä eroja ei löytynyt. Myöskään ero heran ja soijan emulgoitumiskykyyn ei ollut merkittävä. Dávilan (2006) mukaan plasman ja seerumin emulgointiaktiivisuuksissa ei ole suuria eroavaisuuksia.

Plasmakonsentraatin vaahtoutuvuus vaikuttaa suuremmalta, mutta seerumikonsentraattien vaahtoutuvuuden suuren hajonnan takia keskivirhe on suuri. Vaahdon pysyvyydestä seerumi- ja plasmakonsentraateista valmistetut vaahdot saavat saman arvon, mutta jälleen seerumin keskivirhe on suuri. Vaahtojen stabiiliudet eroavat vaahtoutumisen alkupäässä toisistaan mutta ovat samanlaiset kahdessa viimeisessä mittauspisteessä. Suurta eroa ei ollut odotettavissa, sillä plasman ja seerumin vaahtoutuvuudet ovat hyvin lähellä toisiaan ja seerumin vaahtojen stabiiliudet ovat hieman huonommat kuin plasmalla (Dávila 2006).



Kuva 5 Plasma- ja seerumikonsentraattien sekä heran ja soijan emulgointikyky.

Suurimmat erot plasma- ja seerumikonsentraatin välillä löytyivät geeliytymiskyvystä. Seerumikonsentraatista näytti muodostuvan selvästi kovempi ja kimmoisampi geeli kuin plasmakonsentraatista. Myös T-testi osoitti erojen merkittävyyden. Dávila ym. (2007) havaitsivat samansuuntaisia vaikutuksia plasman ja seerumin geeliytävyyksien välillä, mutta ero ei ollut yhtä suuri kuin tässä tutkimuksessa.

3.4 Tuotesovellukset

Projektin aikana testattiin plasmakonsentraatin käyttöä leikkelemakkarassa. Tuotteesta tutkittiin plasmakonsentraatin vaikutukset aistinvaraiseen ja teknologiseen laatuun. Tulosten mukaan plasmakonsentraatilla voitiin korvata punaista lihaa tai lisättyä proteiinia (soijaa) laadun heikkenemättä. Plasmakonsentraatissa on korkea proteiinipitoisuus ja se on lähes neutraalin makuinen ja värinen, joten se soveltuu hyvin erilaisten lihavalmisteiden valmistusaineeksi.

Seerumikonsentraatin soveltuvuus testattiin Frankfurter-makkaroiden tuotannossa. Tavoitteena oli korvata fosfaatit ja kaseinaatit seerumikonsentraatilla. Merkittävää eroa koostumuksissa, lukuunottamatta tuhkapitoisuuksissa, eri Frankfurtereiden välillä ei todettu. Vedensitomiskyky ja veden hävikki keittoprosessin aikana oli lähes sama kontrollissa ja testituotteissa. Seerumikonsentraattia sisältävien makkaroiden väri oli voimakkaampi johtuen seerumin punertavasta väristä. Vaikka rakenteessa ei mittauksissa havaittu eroja, niin aistinvaraisessa arvioinnissa eroja todettiin. Testinäytteet olivat panelistien mielestä kovempia ja pureskeltavia kuten myös vähemmän mureita ja mehukkaita kuin kontrollit. Seerumia sisältävät makkarat olivat yleisesti yhtä hyväksyttäviä kuin kontrollimakkarat.

3.5 Plasmakonsentraatin tuotantoprosessin esisuunnittelu

Projektin yrityskumppani NesteJacobs Oy laati projektissa saatujen tulosten pohjalta sianveren plasmakonsentraatin tuotantoprosessin esisuunnitelman kapasiteetiltaan noin 4 milj. litraa verta vuodessa käsittelevälle laitokselle. Tämä verimäärä vastaa lähes miljoona sikaa vuodessa käsittelevää laitosta, mikä on kokoluokaltaan suuri suomalainen sikateurastamo. Suunnitellun kokonaisprosessin keskeiset osaprosessit ovat seuraavat: teurasveren keräys tuoreena, jäähdytys, sentrifugointi, ultrasuodatus ja steriilisuodatus. Prosessissa tarvittavat kemikaalit ja apuaineet ovat pääasiassa seuraavat: natriumhydroksidi, typpihappo, trinatriumsitraatti, sitruunahappo, peretikkahappo, glykolivesi (jäähdytykseen) ja erilaiset prosessivedet ja höyry jäähdytys- ja lämmitysaineina. Tuotteena saatavan plasmakonsentraatin (n. 400 000 litraa/v) proteiinipitoisuus on n. 20-25 %. Esisuunnittelun perusteella karkea kokonaisinvestointi olisi n. 4,5 milj. € Tällä kapasiteetilla toimivan laitoksen yhtenä haasteena on toiminnan eli tuotanto- ja pesuvaiheiden (CIP) järkevä, toimiva ja taloudellinen ajoitus sopiviin työvuoroihin. Kokonaisprosessi sisältää teknologisesti tunnettuja, koeteltuja ja kaupallisesti saatavilla olevia ratkai-

suja, mutta niiden soveltaminen prosessoinniltaan haastavaksi koetulle teurasverelle vaatii vielä lisätutkimusta. Tässä projektissa, laboratoriotasolla saatuja tuloksia on verifioitava suuremmissa mittakaavassa, minkä pohjalta prosessisuunnittelua ja investointi- ja käyttökustannuksiakin voidaan tarkentaa.

3.6 Elinkaarianalyysitarkastelu (LCA)

Sian teurasveren hyödyntämisestä tehtiin (Silvenius, 2012) elinkaarianalyysitarkastelu (LCA; ISO 14040 ja ISO 14044), jossa keskityttiin kahteen ympäristövaikutukseen: hiilijalanjälki ja happamoittavat päästöt. Tarkastelun kohteena ollut uusi prosessikokonaisuus sisältää teurasverestä erotetun plasmakonsentraatin prosessoinnin ja loppuverijakeen (punasolut) hyödyntämisen biokaasuna. Vertailun kohteena oli soijaproteiinin tuotanto. Lisäksi, plasmatuotantoprosessia verrattiin veren hyötykäyttöön turkiseläinrehuna.

3.6.1 Lähtötiedot ja tarkastelun rajaukset

Plasmakonsentraatin tuotantoprosessin LCA-laskelmat pohjautuvat edellä esitettyyn esisuunnitteluvaiheen laitospöytäkirjaan ja prosessitietoihin (luku 3.4). Plasman erotuksesta jäävien punasolujen biokaasuenergiatuottotiedot pohjautuvat tässä projektissa tehtyihin metaanituottotesteihin.

Teurasveren, punasolujen ja plasman metaanituottotestejä varten separoitiin teurasverta (ka-pitoisuus n. 18 %), josta saatiin plasmaa (ka-pit. n. 9 %) n. 57 % teurasveren massasta ja loput punasoluja (ka-pit. n. 31 %). Punasolufraktion metaanituotto oli n. 120 litraa/kg eli n. 388 litraa/kg ka. Teurasveren metaanituottopotentiaalista (n. 70 litraa/kg verta) päätyi punasolufraktioon n. 75 %. Näin ollen yhdestä tonnista teurasverta saadaan n. 430 kg punasoluja, joiden energiatuotto biokaasuna on n. 500 kWh eli 1800 MJ, joita käytettiin tässä LCA laskennan lähtöarvoina. Lisäksi, biokaasusta saatavassa lämpöenergiämäärässä on huomioitu hyötysuhde (80 %) ja biokaasutuotannon oma energiakulutus.

Sähköenergiatuotannon päästöinä on käytetty Suomen keskimääräisiä päästöjä (Yrjänäinen 2011). Lämpöenergiatuotannon päästöt taas perustuvat HK Ruokatalon Forssan teurastamon ja Atrian Nurmon teurastamon käyttämiin lämmönlähteisiin.

Soijaproteiinin tuotannossa on huomioitu sekä soijan kasvatusta että soijajauheen valmistusvaiheet. Soijan tuotanto on sijoitettu Brasiliaan, jolloin tarkastelussa on mukana myös merikuljetus. Soijan viljelytietojen päästölähteinä oli Jungbluth et al. (2007) ja da Silva (2010) ja soijarouheen tuotannosta tietoja saatiin Ecoinvent-tietokannasta. Soijakonsentraatin valmistuksen tiedot perustuivat Silveniuksen and Grönroosin (2003) tekemiin oletuksiin perustuen lähteisiin Cederberg (1998) ja Hamlet Proteins A/S (1999).

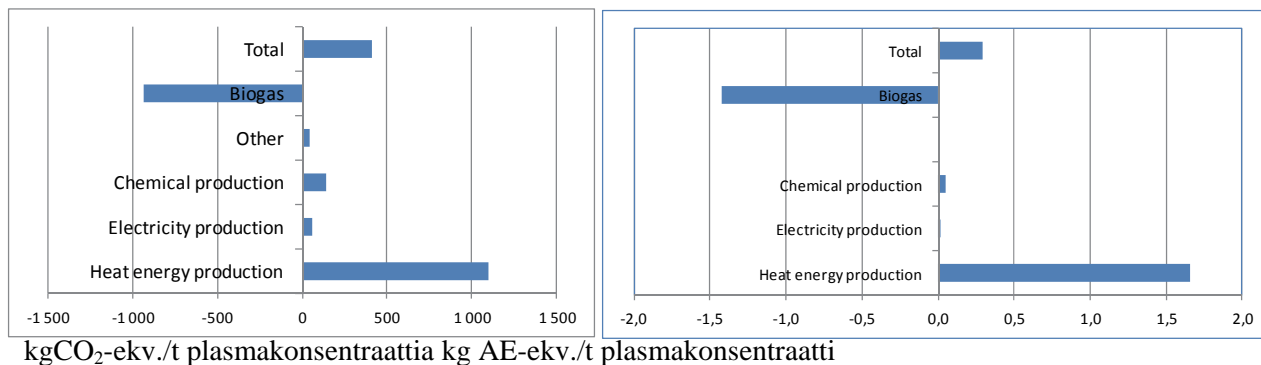
Veren turkiseläinrehutuotannon tiedot perustuvat seitsemän suomalaisen rehusekoittamon tietoihin (energia- ja materiaalivirrat), jotka koottiin Suomessa tuotetun ketun ja minkin- ja ketunnahan elinkaariarviointiprojektissa vuonna 2011.

Vertailuja varten tarkastelut rajattiin siten, että lähtökohtana oli teurastamolla muodostuva teurasveri, jota hyödynnettiin *joko* plasmakonsentraatti- ja biokaasutuotannossa *tai* turkiseläinrehuna (tarkastelussa ei ollut mukana sianlihan alkutuotantoketjua eli sikojen kasvatusta ja teurastusvaiheita). Sianlihan alkutuotantoketju jätettiin huomioimatta, koska teurasverta muodostuu lihajalostuksen sivutuotteena joka tapauksessa.

3.6.2 Tulokset ja niiden tarkastelu

Kuvassa 6 esitetyistä teurasveren hyödyntämisen prosessin LCA-laskennan tuloksista voidaan todeta, että biokaasun tuotannolla on merkittävä sekä kasvihuonekaasu- että happamoittavia päästöjä vähentävä vaikutus.

Kun tarkastellaan pelkkää plasmakonsentraatin tuotantoprosessia, hiilijalanjäljeksi saadaan 412 kgCO₂-ekv./t plasmakonsentraattia. Happamoittavien päästöt olisivat noin 0.34 kg AE-ekv./t plasmaa. Jos kuvassa esitetyt arvot ilmoitetaan plasmakonsentraatin sijasta teurasverta kohti, arvot olisivat kymmenen kertaa pienemmät.



Kuva 6. Teurasveren hyödyntämisen prosessin hiilijalanjälki eli ilmastovaikutus (kgCO₂-ekv.) ja happamoittamisvaikutus (kgAE-ekv.).

Teurasveren hyödyntäminen turkiseläinrehuksi verrattuna plasmatuotantoprosessiin johtaa noin 2-kertaiseen hiilijalanjälkiarvoon (n. 70 kg CO₂-ekv. versus n. 40 kg CO₂-ekv./t verta). Toisaalta, happamoittavan vaikutuksen osalta tilanne on päinvastainen: turkiseläinrehukäytön vaikutus on noin 76 % plasmakonsentraattituotannon vaikutuksesta. Soijaproteiinituotantoketjun sekä ilmasto- että happamoittavien päästöjen vaikutus osoittautui olevan selvästi suurempi verrattuna plasmaproteiinituotantoon: noin 1,5-kertainen ilmastovaikutus ja kaksinkertainen happamoittamisvaikutus laskettuna suhteessa tonnin tuotettua proteiinia. Tässä tehty alustava LCA-tarkastelu osoittaa, että teurasveren hyödyntäminen plasmaproteiini- ja biokaasutuotannossa, ja biokaasun käyttö prosessin lämpöenergiana on ympäristövaikutuksiltaan edullinen vaihtoehto sekä nykykäyttöön että korvattavaan tuotteeseen verrattuna.

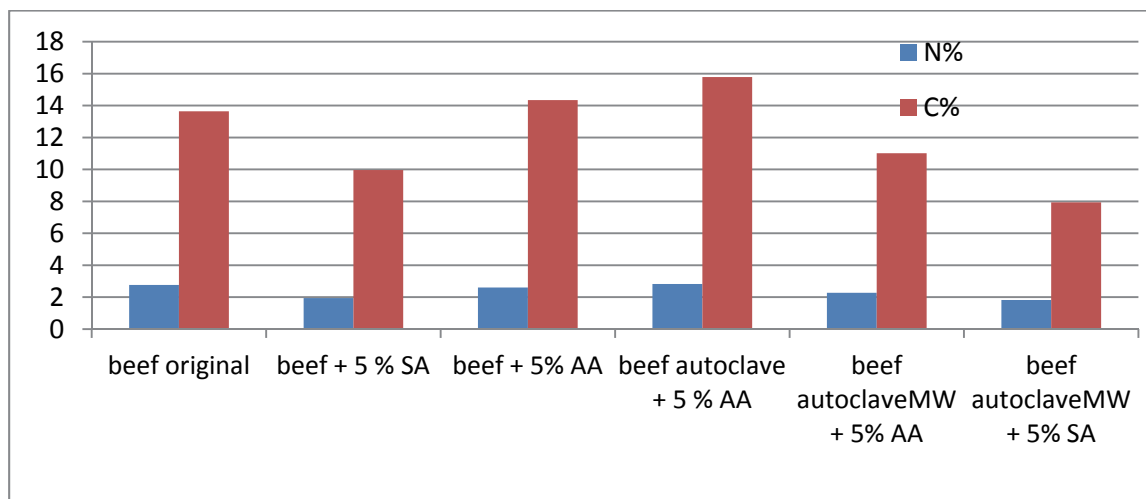
4 Lihaluuaineksen hyödyntämisen kehittäminen

Lihateollisuus menettää hyvälaatuista lihaa, arviolta 6-10 kg/nauta ja 1-2 kg/porsas hyödyntämällä huonosti luuainesta. Mekaaninen luiden käsittely oli ensimmäisiä kehitettyjä menetelmiä erottaa lihaa luusta. Myös hydrolyysiä hapoilla tai emäksillä korkeissa lämpötiloissa yhdistettynä uuttoon orgaanisilla materiaaleilla on käytetty. Näiden käsittelyjen aikana tapahtuu kuitenkin tuhoisia prosesseja ja tietyt aminohapot muuttuvat ei-fysiologiseen muotoon. Näistä syistä entsyymaattinen käsittely saattaa olla hyödyllinen keino käsitellä lihaluuainesta. Tässä hankkeessa luuaineksiä prosessoitiin kahdella eri tekniikalla: 1) perinteinen happouutto ja mikroavusteinen uutto 2) entsyymaattinen hydrolyysi.

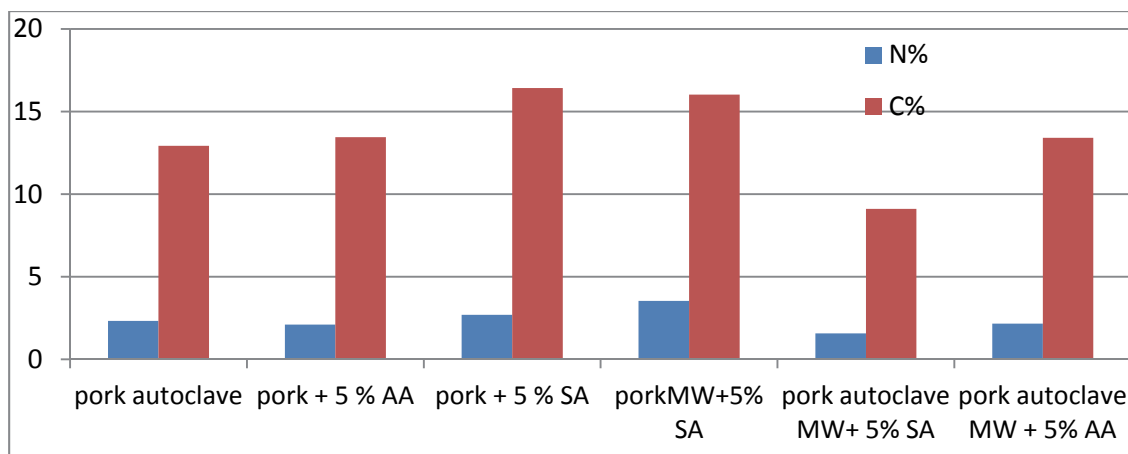
4.1 Uuttomenetelmät

Perinteisessä liotinuutossa käytettiin Armfieldin pilot –tason uuttolaitetta vakio­lämpötilassa (80 °C). Uuttoaika oli 1 h 5 % etikka- tai rikkihapolla, kiinteä-­nestesuhteella 1:50. Tutkimuksissa käytettiin mekaanisesti sianluista erotettua luulihaa (MDM) ja naudan kylkiluita.

Mikroaaltoavusteisessa uutossa testattiin kahta eri laitetta: astia ja mikroaalto-vakuu­mikuivausuunin tyyppistä laitetta (Laboron 500). Uutolle määritettiin optimiolosuhteet määrittämällä seuraavat pa­rametrit: mikroaaltoteho, kiinteä-­nestesuhde, etikkahapon pitoisuus, uuttoaika ja toimintatapa (jatkuva, pulssi). Koeolosuhteiden validoinnissa käytettiin vastepintamenetelmää. Todettiin, että toimintata­valla (jatkuva/pulssi) ei ollut merkitystä saantoon, vaan muut tekijät vaikuttivat. Tämä oli merkittävä havainto, koska valitsemalla pulssi voidaan säästää huomattavasti energiaa. Optimiolosuhteet olivat: mikroaaltoteho 5,18 W/g, kiinteä-liuossuhde 0,1055, uuttoaika 35 min ja etikkahappopitoisuus 5 %. Naudan ja porsaan luuaineksesta määritetyt kokonaistyyppi- ja hiilipitoisuudet ennen ja jälkeen eri uuttokäsittelyjen on esitetty kuvissa 7 ja 8.



Kuva 7. Naudan luiden kokonaistyyppi- ja hiilipitoisuudet käytettäessä eri uuttolaitteita.



Kuva 8 Porsaan luiden kokonaistyyppi- ja hiilipitoisuudet käytettäessä eri uuttomenetelmiä (SA= rikkihappo, AA=etikkahappo).

Tulokset osoittivat, että rikkihappo oli tehokkaampi laskemaan naudan ja porsaan luiden kokonaishiilipitoisuutta kummallakin uuttomenetelmällä. Verrattaessa alkuperäiseen, naudan luiden C-pitoisuus laski 14 %:sta 10 ja 8 %:iin perinteisellä ja mikroaaltoavusteisella uuttotekniikalla, vastaavasti. Samanaikaisesti N-pitoisuus laski 2,8 %:sta 2 ja 1,8 %:iin perinteisellä ja mikroaaltoavusteisella uuttotekniikalla. Porsaan luilla (MDM) tehokkain menetelmä oli autoklavointi ja uutto mikroalloilla käyttäen 5 %:sta rikkihappoa. Hiilipitoisuus laski autokalvoidulla porsaan MDM:llä 12,9 %:sta 9,1 %:iin ja tyyppipitoisuus laski 2,3 %:ista 1,6 %:iin mikroaaltoavusteisella uutolla. Aikaisemmissa tutkimuksissa on todettu, että uutto 5 % rikkihapolla 1 h, 100 °C ja sen jälkeen 45 min käsittely on riittävä alentamaan luun proteiinipitoisuuden 2,6 %:iin ja orgaanisen hiilipitoisuuden 1,6 %:iin, kun kiinteäliuotinsuhde oli 1:4 (Kivelä, 2007).

4.2 Entsymaattinen hydrolyysi

4.2.1 Toteutus

Uuttomenetelmillä tuotetut jakeet eivät ole elintarvikekelpoisia ja vaativat korkeita lämpötiloja. Näiden vuoksi selvitettiin entsyymäistä menetelmää lihaluunaineksen käsittelyssä. Lihan ja luun proteiineja käsiteltiin proteaasi-entsyymeillä ja tavoitteina oli:

- talteenottaa korkeaproteiinipitoinen tuote luunaineksesta yksinkertaisella prosessilla
- talteenottaa rasva ja vähentää kokonaishiilipitoisuutta luussa
- määrittää saadun proteiinimulsion ja proteiinifaasin toiminnalliset ominaisuudet.

Tutkimuksessa käytettiin kanan, porsaan ja naudan luita, jotka oli murskattu 5x5 cm:n kokoiseksi, tai mekaanisesti hajotettua luumateriaalia. Lopputuotteina olivat ERM (entsyymäisesti talteenotettu liha) ja liemi. Kokeissa käytettiin entsyymiä (Protamex, Novozymes ja Ermitase, Meatco) 1-2 g/kg ja inkubaatioajat vaihtelivat välillä 30 min - 2 tuntia.

4.2.2 Hydrolyysituotteet ja niiden koostumus

Käsittelyssä käytetyn veden määrä suhteessa luihin riippui halutusta lopputuotteesta. Suhteella 1:3 lopputuotteena olivat ERM, hyvin hieno luujae (0,3 mm-1 mm) ja luujäännös (luut >1 mm). Saanto MDM luista oli 8-29 % proteiinia, 2-4 % luujaetta ja 60-72 % luujäännöstä riippuen olosuhteista ja käytetystä entsyymistä. Valmistettaessa buljongia veden määrä suhteessa luihin oli 1:1. Lopputuotteena olivat liukoinen proteiinijae (buillon stock), liukenematon proteiini, rasva ja luujäännös. MDM

materiaalista saatiin n. 55 % proteiinia, n. 20 % luujäännöstä ja rasvaa n. 4%. Proteiiniainetta voidaan käyttää suoraan lihatuotteissa, tai sitä voidaan konsentroida proteiinipitoisuuden nostamiseksi.

Taulukko 3. Lihaluuaineksestä (porsas, kana, nauta) entsyymaattisesti talteenotetun lihan koostumus.

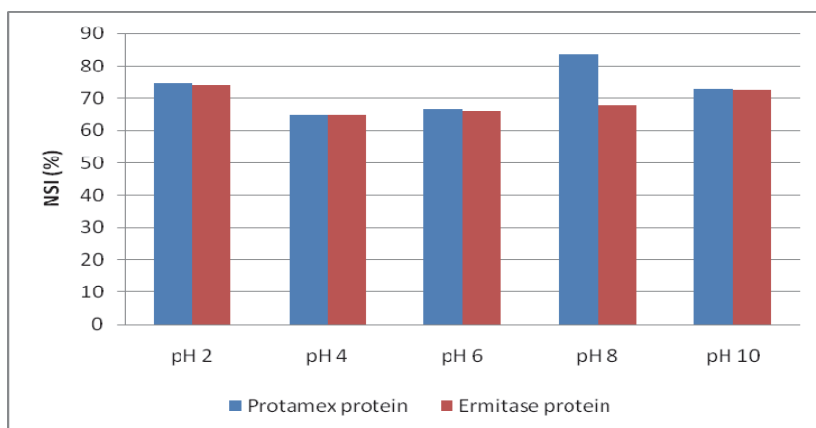
Sample	Proteiini (%)	Kuiva-aine (%)	Rasva (%)	Kalsium (g/kg)
Porsaan ERM	9.13	26.64	15.9	0.39
Kanan ERM	8.02	24.45	15.1	0.22
Naudan ERM	7.02	36.59	27.1	0.63

Liemivalmisteissa koostumus vaihteli riippuen lähtömateriaalista. Suurimmat erot havaittiin naudan ERM:n rasva-, kuiva-aine ja kalsiumpitoisuuksissa.

4.2.3 Tuotteiden toiminnalliset ominaisuudet

Hydrolyysituotteiden toiminnalliset ominaisuudet määritettiin porsaan ERM:n jakeelle ja ominaisuuksia verrattiin sian jauhelihaan. Liukoisen tyypen määrä vaihteli näytteissä pH:n mukaan (kuva 9). Molemmat entsyymikäsittelyt tuottivat samanlaisen tuloksen, paitsi pH 8:ssa Protamex-tuote sisälsi enemmän liukoista tyyppiä. Protamexilla tuotetun ERM:n vedensidontakyky oli lähes sama kuin jauhelihaan (pH-alueella 4-8), ja siitä erotetun proteiinijakeen vedensidontakyky (water holding capacity) oli korkeampi kuin kaksinkertainen. Ermitaasi-ERM:n ja sen proteiinijakeen vedensidontakyky oli hiukan alempi kuin jauhelihaan.

Jauhelihaan vedensidontakyky (water binding capacity) vaihteli pH:n mukaan. Sen sijaan ERM ja vastaavien proteiinien vedensidontakyky ei juurikaan vaihdellut pH-alueella 4-6. Ermitaasi- ja protamex-ERM sitoivat vettä yhtä paljon (n. 50-60 %/ g näytettä). Protamex ERM:n proteiinin vedenpidätys oli korkeampi, n. 75 %. Verrattuna jauhelihaan ERM:n vedenpitävyys ja vedensidontakyky ovat samankaltaiset tai paremmat, pH-alueella 4-6. Tulokset ovat suuntaa-antavia, koska kummallakin entsyymillä tehtiin vain yksi koe-erä, mutta ne ovat lupaavia, sillä ERM:ssä proteiinipitoisuus on n. puolet siitä, mitä on analyysissä vertailuna käytetyssä porsaanjauhelihaassa.



Kuva 9. Proteiinijakeen liukoisen tyypen määrä (NSI%, Nitrogen solubility index) eri entsyymikäsittelyillä.

4.2.4 Hydrolyysijäännöksen terminen hyödyntäminen

Teurasluuaineksen entsyymäattisessä käsittelyssä pääosa orgaanisesta aineesta, proteiinit ja rasvat on saatu erotettua jatkokäyttöön, arvokkaina jakeina (ERM-tuotteet, "enzymatically recovered meat"). Jäännös, johon on konsentroitunut epäorgaaninen aines, mutta joka sisältää vielä orgaanistakin ainesta, on tavoite myös hyödyntää kannattavasti. Yhtenä vaihtoehtona on jäännöksen terminen käsittely. Tätä selvitettiin tässä projektissa käytännön kokeiden ja analyysien avulla (Viitamäki, 2011). Työssä selvitettiin materiaalien pyrolyysi- ja kaasutusannot ja reaktiivisuus, sekä kaasutuksesta (ja hapettavista tuhkauksista) saatujen tuhkien koostumus ja sintraantumistaipumus. Entsyymikäsiteltyjen lihaluuainesten (sika ja nauta) verrokkina oli lihaluujauho (LLJ) -tuote (TSE-riskiaine eli sivutuoteasetuksen mukainen luokan 1 tuote) Honkajoki Oy:n prosessoimana, joka tänä päivänä poltetaan Finnsementti Oy:n kattilalla. Lisäksi verrokkina oli tavallinen kutteripuru.

Entsyymikäsiteltyjen lihaluuainesten kuiva-aineesta yli puolet on epäorgaanista (n. 52-53 % ka:sta) verrattuna LLJ:oon, jossa epäorgaanisen osuus on noin kolmannes. Epäorgaaninen aines on pääosin kalsiumfosfaattia. Tämä epäorgaaninen koostumus todettiin pysyvän pyrolysointi-kaasutuskäsittelyissä ennallaan, eli käsittelyjen jälkeisen tuhkan koostumus oli yli 90 %:sti $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$:a. Vaikka tämä tuhkan pääkomponentti oli sama sekä entsyymikäsitellyillä materiaaleilla että LLJ:lla, tuhkan sitraantumiskäyttäytyminen oli hyvin erilainen. LLJ:han aiheuttaa tunnetusti ongelmia kattilapoltoissa, johtuen tuhkan sintraamisesta, ja tämä käyttäytyminen tuli selvästi esiin näissäkin kokeissa: tätä osoittivat sekä kaasutusajojen jälkeisestä tuhkaasta otetut SEM-kuvat (joissa näkyi yhteensulaneita tuhkapartikkeleita; Kuva 9) että tuhkistuksen kautta tehdyt murskalujuustestit. Sen sijaan, entsyymikäsiteltyjen lihaluuainesten tuhka oli SEM-kuvien perusteella hyvin irtonaista partikkelia (Kuva 9) eikä osoittanut testeissä mitään sintraantumisen merkkejä. Tämä on merkittävä etu materiaalin terminen hyödyntämisen kannalta. Pyrolyysi-kaasutustesteillä todettiin, että lihaluuainesten orgaaninen aines on hyvin haihtuvaa, pyrolyysin koksisaanto oli lähelle kaasutuksen tuhkaasaantoa, ja orgaanisen aineksen kaasutusnopeus oli hyvä. Nämä tulokset osoittavat, että materiaalit kaasuuntuvat ja palavat hyvin. Tulokset osoittavat, että terminen käsittely, yhdistettynä entsyymäattiseen käsittelyyn, on yksi potentiaalinen vaihtoehto hyödyntää orgaaninen jäännösaines energiana ja saada arvokas kalsiumfosfaatti jäämään tuhkaan, hyödynnettäväksi edelleen esim. lannoitteena.



Kuva 9. Termisen kaasutuksen (850 °C) jälkeinen tuhka, kun kaasutuksessa on käytetty lihaluujauhoa (Honkajoki Oy:ltä) tai tässä projektissa entsyymäattisesti käsitellyn teurasluun jäännöstä (sian ja nautan lihaluuaines). 30-kertainen SEM-kuvasuurennos.

4.3 Tuotesovellukset

Projektissa testattiin entsyymillä luista erotetun lihan ja luuperäisen kalsiumfosfaatin käyttöä lihavalmisteissa. Testituotteena olivat leikkelemakkara ja keittokinkku. Tuotteista tutkittiin fraktioiden vaikutukset aistinvaraiseen laatuun ja teknologiseen laatuun.

Entsyymillä luista erotettu liha (ERM) muutti makkaran värisävyä hieman ruskeammaksi ja harmah-tavaksi. Myös rakenne- ja makuominaisuudet heikkenivät hieman, kun sillä korvattiin lihaa tai lisättyä proteiinia (soija) makkarassa. Sian ERM liha oli makkaroissa aistinvarisilta ominaisuuksiltaan parem-pi kun broilerin ja naudan ERM liha. Testiaineen lisäysmäärillä (4 % ja 10 %) ei ollut merkittävää eroa laatuun. Sian ERM liha testattiin myös keittokinkussa, jossa se toimi erittäin hyvin silloin, kun sillä korvattiin 10 %-yksikköä kinkkulajitelmaa.

Luuperäisellä kalsiumfosfaatilla ei voitu korvata normaalia lisäainefosfaattia (natriumfosfaatti) mak-karoissa laadun heikkenemättä. Sen sijaan tulosten perusteella luuperäistä kalsiumfosfaattia voidaan käyttää kalsiumin lisäämiseen lihavalmisteesiin. Käytännön lisäysmäärä on noin 0,1 %.

5 Johtopäätökset ja hyödyntämissuunnitelma

Teurastamoteollisuus tuottaa runsaasti sivutuotteita. Vuodessa sivutuotteita kertyy Suomessa noin 240.000 tonnia samalla kun varsinainen lihantuotanto on n. 400.000 tonnia. Projektissa tehtyjen selvitysten ja projektiin osallistuneiden yritysten kiinnostuksen pohjalta valittiin projektin tutkimuskohteiksi teurasveri ja lihaluuaines. Näitä jakeita muodostuu eniten ja ne sisältävät runsaasti mielenkiintoisia, ravitsemuksellisesti ja taloudellisesti arvokkaita aineosia hyödynnettäviksi elintarvikkeissa ja muissa valmisteissa.

Hankkeessa selvitettiin ja testattiin eri prosessointimenetelmiä sekä teurasveren että lihaluuaineksen käsittelemiseksi, tavoitteena tuottaa kaupallisia tuotejakeita ja saavuttaa materiaalien mahdollisimman kokonaisvaltainen hyödyntäminen. Projektissa onnistuttiin erottamaan mielenkiintoisia tuotejakeita (plasmakonsentraatti, seerumikonsentraatti, luusta erotettu proteiinijae), joiden käyttösovellustestit antoivat lupaavia tuloksia. Plasmakonsentraatit ja luiden käsittelystä saatu proteiinijae soveltuvat makkaroiden (lauantai- ja Frankfurter-tyyppiset makkarat) ja kinkun valmistukseen. Kontrollituotteisiin verrattuna laatuominaisuudet (väri, rakenne ja maku) olivat hieman heikommat tai samaa tasoa. Immunoglobuliinijae soveltuu hyvin esim. lemmikkieläinten ruokiin. Luu- ja muita jakeita voidaan hyödyntää lannoite- ja rehuteollisuudessa. Materiaalien kokonaisvaltainen hyödyntäminen vaikuttaa positiivisesti myös toiminnan ympäristövaikutuksiin, mikä todettiin mm. plasmakonsentraattituotannon LCA-tarkastelun tuloksena.

Tässä projektissa selvitettyillä kokonaisprosesseilla ja tuotteilla todettiin saavutettavan monia hyötyjä, mutta ne eivät vaikuta olevan vielä liiketaloudellisesti perusteltuja, jotta päästäisiin teollisiin investointeihin. Projektin lopussa yritysosapuolten näkemyksissä tuli selvästi esille, että aika ei ole tähän vielä kypsä, mutta useat tekijät vievät kehitystä siihen suuntaan, että näiden tarve kasvaa ja kannattavuus paranee - ehkä jo v. 2014 ollaan eri tilanteessa. Ratkaisevina tekijöinä mainittiin mm. mikä on soijan maailmanmarkkinatilanne, GMO-tilanne, ympäristöasioiden, kuten hiilijalanjälki, merkitys ja ylipäätään turkiseläintuotannon asema Suomessa tulevaisuudessa.

Projektin tulosten vieminen käytäntöön vaatii kuitenkin vielä isomman mittakaavan, jopa teollisuusmittakaavan prosessikehitystä. Tätä olisi hyvä päästä toteuttamaan mahdollisimman pian, jotta on tuotantovalmiuksia, kun markkinat avautuvat.

6 Lähdeluettelo

- Aalto, Suvi, 2010. Teurassivutuotteiden hyötykäytön tehostaminen. Syötäväksi kelpaamattomat jakeet. AMK-opinnäytetyö. Hämeen ammattikorkeakoulu.
<http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2010061412140>
- Cederberg, C. 1998. Life cycle Assessment of Milk Production - A Comparison of Conventional and Organic Farming. SIK-report nr 643. The Swedish Institute for Food and Biotechnology. Göteborg. 86 p.
- da Silva, V. P., van der Werf, H. M. G., Spies, A. & Soares, S. R. 2010. Variability in environmental impacts of Brazilian soybean according to crop production and transport scenarios. *Journal of Environmental Management* 91(2010):1831-1839
- Dávila E.R. 2006. Advances in animal blood processing: development of a biopreservation system and insight on the functional properties of plasma [väitöskirja]. Girona: University of Girona. 184 s. ISBN: 978-84-690-5988-3 Dipósit legal: GI-403-2007.
- Dávila E., Parés D., Cuvelier G. & Relkin P. 2007. Heat-induced gelation of porcine blood plasma proteins as affected by pH. *Meat Science* 76:216–225.
- Hamlet Proteins A/S 1999. Description of soya feed production.
- Jungbluth N., Chudacoff M., Dauriat A., Dinkel F., Doka G., Faist Emmenegger M., Gnansounou E., Kljun N., Spielmann M., Stettler C., Sutter J. 2007. Life Cycle Inventories of Bioenergy. Final report Ecoinvent data v2.0. Duebendorf and Uster, CH. Swiss Centre for LCI, ESU
- Kivelä H. 2008. Luuraaka-aineen puhdistaminen ja hyötykäyttö. Loppuraportti, Helsingin Yliopisto, Elintarviketeknologian laitos.
- Parés D, Saguer E, Pap N, Toldrà M, Carretero C. 2012. Low-salt porcine serum concentrate as functional ingredient in frankfurters. *Meat Science* 92 (2012) 151–156.
- Silvenius, Frans, 2012. Environmental impacts of plasma utilization process. Internal Report (MTT) for Hyötyteuras project.
- Silvenius, F. & Grönroos, J. 2003. Fish farming and the environment. Results of inventory analysis. Suomen ympäristökeskuksen moniste 276, 71 s.
URN:ISBN:952111374X, ISBN 952-11-1374-X (pdf).
- Tikka, Matti, 2010. Teurassivutuotteiden hyötykäytön tehostaminen. Syötäväksi kelpaavat jakeet. AMK-opinnäytetyö. Hämeen ammattikorkeakoulu.
<http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2010061412142>
- Viitamäki, Carita, 2011. Lihaluuaineksen terminen hyödyntäminen. AMK-opinnäytetyö. Hämeen ammattikorkeakoulu. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201204234893>
- Yrjänäinen, H. 2011. Sähkön hiilijalanjälki Suomessa. Diplomityö. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Tampereen teknillinen yliopisto. Tampere marraskuu 2011
<http://www.environment.fi/default.asp?contentid=78395&lan=en&clan=fi>

MTT TEKEE TIETEESTÄ ELINVOIMAA

MTT RAPORTTI

www.mtt.fi/julkaisut

MTT Raportti -verkkójulkaisusarjassa julkaistaan maatalous- ja elintarviketutkimusta sekä maatalouden ympäristötutkimusta käsitteleviä tutkimusraportteja. Lukijoille tarjotaan tietoa MTT:n kaikilta tutkimusaloilta eli biologiasta, teknologiasta ja taloudesta.

MTT, 31600 Jokioinen.

