



Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 68/2021

# Elintarviketuotannon sivujakeiden hyödyntäminen

Liha-, kala- ja kasvistuotannon sivujakeet

Marja Lehto, Esa Erkamo, Risto Kuisma, Maarit Mäki, Tuuli Haikonen,  
Marja Jallinoja ja Hanna-Riitta Kymäläinen

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 68/2021

# **Elintarviketuotannon sivujakeiden hyödyntäminen**

Liha-, kala- ja kasvistuotannon sivujakeet

Marja Lehto, Esa Erkamo, Risto Kuisma, Maarit Mäki, Tuuli Haikonen,  
Marja Jallinoja ja Hanna-Riitta Kymäläinen



HELSINGIN YLIOPISTO



Euroopan maaseudun  
kehittämisen maatalousrahasto:  
Eurooppa investoi maaseutualueisiin

### **Viittausohje:**

Lehto, M., Erkamo, E., Kuisma, R., Mäki, M., Haikonen, T., Jallinoja, M. & ja Kymäläinen, H.-R. 2021. Elintarviketuotannon sivujakeiden hyödyntäminen: Liha-, kala- ja kasvistuotannon sivujakeet. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 68/2021. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 94 s.

Marja Lehto ORCID ID, <https://orcid.org/0000-0001-5704-3958>



ISBN 978-952-380-280-3 (Painettu)

ISBN 978-952-380-281-0 (Verkkójulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkójulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-281-0>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Marja Lehto, Esa Erkamo, Risto Kuisma, Maarit Mäki, Tuuli Haikonen, Marja Jallinoja ja Hanna-Riitta Kymäläinen

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2021

Julkaisu vuosi: 2021

Kannen kuva: Risto Kuisma, Esa Erkamo, Maarit Mäki

Painopaikka ja julkaisumyynti: PunaMusta Oy, <http://luke.juvenesprint.fi>

## Tiivistelmä

Marja Lehto<sup>1</sup>, Esa Erkamo<sup>1</sup>, Risto Kuisma<sup>2</sup>, Maarit Mäki<sup>1</sup>, Tuuli Haikonen<sup>1</sup>, Marja Jallinoja<sup>1</sup> ja Hanna-Riitta Kymäläinen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Luonnonvarakeskus (Luke), Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki

<sup>2</sup>Helsingin yliopiston maataloustieteiden osasto

Elintarviketuotannossa muodostuu merkittävä määrä sivujakeita, jotka ovat arvokasta raaka-ainetta elintarvikkeita, rehuja, kosmetiikkaa, lääkaineita, energiaa ja maanparannusaineita sekä teknisiä tuotteita valmistaville yrityksille. Yrityksillä on kiinnostusta ja tarve tehostaa sivujakeiden hyödyntämistä. Sivujakeiden kuljetus ja käsittely aiheuttavat kustannuksia, joita voidaan pienentää niiden muodostumisen vähentämisellä ja muodostuneiden sivujakeiden tuoteistamisella. Tällä voidaan saavuttaa taloudellisen hyödyn lisäksi, imagohyötyä yritykselle ja edistää myös toisen yrityksen toimintaa sekä pienentää sivujakeiden aiheuttamaa ympäristökuormitusta.

Uusivu – Uutta liiketoimintaa sivutuotteista -hankkeen tavoitteena oli kehittää yritysten yhteistyötä tuomalla yrityksiin tietoa potentiaalisista yhteistyökumppaneista, sekä erilaisista käsittelymenetelmistä, yhteistyömahdollisuuksista ja niiden eduista. Lisäksi selvitettiin erilaisia tapoja käsitellä sivutuotteet siten, että niistä voidaan valmistaa uusia tuotteita.

Hankkeessa koottiin tietoa sivujakeiden käsittelymenetelmistä ja tekniikoista sekä erilaisista mahdollisuuksista hyödyntää niitä elintarvikkeena, rehuna, rehujen lisäaineena, lemmikkien ruokana sekä teknisinä tuotteina. Elinkaariset hiilijalanjäljet laskettiin viidelle raaka-aineelle. Tuotekehityskokeita tehtiin mm. omenamäskille, ravunkuorille ja höyhenille. Hankkeessa toteutettiin neljä erillistä kyselyä: teurastamoille, kasvis-, kala- sekä lemmikkien ruokia valmistaville yrityksille. Lisäksi koottiin tietoa muodostuvien raaka-aineiden määrästä, käsittelymenetelmistä, erilaisista tuotteistamismahdollisuuksista ja tuotteista.

Hankkeessa oli mukana yli 50 yritystä: teurastamoita, kala- ja kasvisyrityksiä, lemmikkien ruokia valmistavia yrityksiä, laitevalmistajia sekä muita sivutuotteita jatkojalostavia yrityksiä. Hankkeen aikana käytiin lukuisissa yrityksissä, keskusteltiin ja kuultiin yritysten näkökulmia. Hankkeen aikana toteutettiin myös lukuisia työpajoja ja seminaareja, joissa tavoitteena oli eri teemojen läpikäynnin lisäksi kannustaa yrityksiä verkostoitumaan ja tekemään yhteistyötä. Hankkeen rahoittivat Manner-Suomen maaseudun kehittämisohjelma sekä yritykset. Hanke oli alueiden välinen ja mukana olivat Uusimaa, Kaakkois-Suomi, Varsinais-Suomi, Häme, Etelä- ja Pohjois-Savo ja Pirkanmaa.

**Asiasanat:** Biotalous, elinkaari, tuotteet, sivutuotteet, elintarviketuotanto, elintarviketekniikka, sivujakeet, liha, kala, rapu, kasvikset, omena

# Sisällys

<b>1. Elintarviketuotannon sivujakeet .....</b>	<b>6</b>
1.1. Määrä ja laatu.....	6
1.2. Sivujakeiden hyödyntäminen .....	7
1.3. Ympäristövaikutusten arviointi .....	8
1.3.1. Elinkaariarviointi.....	9
1.3.2. Fossiilinen ilmastovaikutus eli hiilijalanjälki .....	9
1.3.3. Tutkitut tuotteet ja systeemin rajausta .....	10
1.4. Sivujakeiden hyödyntämiseen liittyvää lainsäädäntöä .....	10
<b>2. Eläinperäiset sivujakeet.....</b>	<b>13</b>
2.1. Lihantuotannon sivujakeet.....	13
2.1.1. Sivutuoteluokat .....	13
2.1.2. Eläinperäisiä sivujakeita käsitteleviä laitoksia.....	15
2.1.3. (Pien)teurastamot Suomessa .....	15
2.1.4. Kyselytutkimus pienteurastamoille.....	15
2.1.5. Lihantuotannon sivujakeiden hyödyntämismahdollisuuksia.....	16
2.2. Vähäarvoinen kala, kalankäsittelyn sivujakeet sekä rapu .....	20
2.2.1. Kalastuksen, kalanviljelyn ja kalanjalostuksen sivujakeet .....	20
2.2.2. Vähäarvoinen kala .....	22
2.2.3. Rapujauhon kehittäminen .....	25
<b>3. Kasvissivujakeet .....</b>	<b>26</b>
3.1. Kyselytutkimus kasvisalan yrityksille.....	26
3.2. Omenatuotannon sivujakeet .....	27
3.3. Porkkanan jalostuksen sivujakeet.....	28
<b>4. Sivutuotteiden käsittelymenetelmät ja tekniikat.....</b>	<b>29</b>
4.1. Mekaanisia ja termokemiallisia menetelmiä.....	29
4.1.1. Nesteen erotus .....	29
4.1.2. Kuivaus.....	30
4.1.3. Poltto, pyrolyysi, paahtaminen.....	33
4.2. Kemiallisia menetelmiä .....	34
4.2.1. Hapotus ja uutto.....	34
4.3. Biologisia menetelmiä.....	34
4.3.1. Fermentointi ja mykoproteiinin tuotanto .....	35
4.3.2. Mädätys.....	36

4.3.3.	Kompostointi.....	37
4.3.4.	Jälkikäsittely.....	37
<b>5.</b>	<b>Sivujakeiden tuotteistaminen.....</b>	<b>38</b>
5.1.	Elintarvike.....	38
5.2.	Rehu, rehun lisäaineet, lemmikkien ruoka.....	41
5.3.	Tekniset tuotteet.....	45
5.3.1.	Tuotteita rasvasta.....	46
5.3.2.	Lääkeaineet, kosmetiikka.....	47
5.3.3.	Väriaineet.....	49
5.3.4.	Eristeet ja tekstiilit.....	50
5.3.5.	Puruluut, nahkatuotteet.....	51
5.3.6.	Bioetanoli.....	51
5.4.	Tuotteistamisen hiilijalanjäljet.....	51
5.4.1.	Rapujauho.....	52
5.4.2.	Kuivattu omenamäski.....	54
5.4.3.	Eläinrasva kierrätysöljyksi.....	55
5.4.4.	Höyheneriste.....	57
5.4.5.	Villa.....	59
<b>6.</b>	<b>Logistiikka.....</b>	<b>60</b>
6.1.	Säilytys ja kuljetus.....	60
6.2.	Varastointi.....	61
6.3.	Yritysten yhteistyö ja logistiikka.....	62
6.4.	Digitalisaation hyödyntäminen.....	63
6.5.	Käsittelylaitokset.....	64
<b>7.</b>	<b>Johtopäätökset.....</b>	<b>66</b>
	<b>Viitteet.....</b>	<b>67</b>
	<b>Liitteet.....</b>	<b>78</b>
	Liite 1: Kysely teurastamoille.....	78
	Liite 2: Kysely kasvisyrityksille.....	81
	Liite 3: Omenamäskin prosessointi.....	83
	Liite 4: Rapujauhon valmistus.....	88
	Liite 5: Hankkeen julkaisut.....	93
	Liite 6: Tuotekehitysprojektin posterit.....	94

# 1. Elintarviketuotannon sivujakeet

EU:n elintarviketeollisuuden kattojärjestö Confédération des Industries Agro-Alimentaires (CIAA) on laatinut neljä kriteeriä, joiden avulla sivutuote voidaan erottaa jätteestä (EU 2005). Sivutuotteen on sovelluttava raaka-aineeksi ja sen on täytettävä lakisääteiset terveys- ja ympäristövaatimukset. Myös sivutuotteen jatkokäsittelyyn liittyvien prosessien on oltava edellä mainittujen vaatimusten mukaisia. Lisäksi sivutuotteen käytölle sellaisenaan tai siitä valmistettavalle tuotteelle on oltava toimivat markkinat.

EU:n jätedirektiivin (2008/98/EY) ja sen muutoksen (EU 2018/851) 5. artiklan sekä jätelain (646/2011) 5 § mukaan sellaisen tuotantoprosessin tuloksena syntyneen aineen tai esineen, jonka ensisijaisena tavoitteena ei ole tämän aineen tai esineen valmistaminen, ei katsota olevan jätettä, vaan sitä pidetään sivutuotteena, jos seuraavat edellytykset täyttyvät:

- a) aineen tai esineen jatkokäyttö on varmaa
- b) ainetta tai esinettä voidaan käyttää suoraan ilman muuta kuin tavalliseksi katsottavaa teollista lisäkäsittelyä
- c) aine tai esine syntyy olennaisena osana tuotantoprosessia ja
- d) jatkokäyttö on laillista eli aine tai esine täyttää kaikki asiaankuuluvat, sen erityiseen käyttöön liittyvät tuotetta, ympäristöä ja terveydensuojelua koskevat vaatimukset, eikä aiheuta haitallisia kokonaisvaikutuksia ympäristölle tai ihmisten terveydelle.

Sivutuoteasetuksessa EY 1069/2009 sivutuotteella tarkoitetaan eläinperäisiä sivutuotteita. Elintarviketuotannon sivujakeille käytetään useampia termejä, kuten sivutuote ja sivuvirta. Sivuvirta on sivutuotetta, joka syntyy varsinaisen tuotteen valmistuksen yhteydessä. Elintarviketeollisuuden sivuvirtoja voidaan hyödyntää esimerkiksi rehujen valmistuksessa sekä monilla muilla toimialoilla kuten polttoaineentuotannossa ja kosmetiikkateollisuudessa (ETL 2020).

## 1.1. Määrä ja laatu

Elintarviketeollisuudessa syntyy monenlaisia orgaanisia sivuvirtoja, joiden määrä ja laatu riippuvat yrityksen toimialasta, koosta ja valmistetuista tuotteista. Elintarviketeollisuuden tuotantoprosessit ovat yhä automatisoidumpia ja tuotantomäärät yhä suurempia, myös sivutuotteita muodostuu entistä enemmän. Toisaalta yritykset kehittävät prosessejaan niin, että materiaalit käsitellään tehokkaammin ja sellaisilla tekniikoilla, joilla sivuvirtojen ja jätteiden muodostuminen on mahdollisimman vähäistä. Taulukkoon 1 on koottu arvioita Suomessa tuotetuista elintarviketuotannon sivujakeiden määrästä (liha-, kala- ja kasvituotannon sivujakeet).

Elintarvikeyritykset voivat hyödyntää elintarvikekelpoisia sivuvirtojaan omassa tuotannossaan kehittämällä niistä uusia tuotteita tai antamalla ne toisen yrityksen raaka-aineeksi. Suomalaisilla on osaamista muun muassa funktionaalisten elintarvikkeiden kehittämisessä. Elintarviketuotannon sivujakeet tarjoavat biotaloudelle uusia liiketoimintamahdollisuuksia, ja niiden tuotteistamista voitaisiin kasvattaa merkittävästi. Sivujakeiden hyödyntäminen täytyy ottaa huomioon jo prosesseja suunniteltaessa: puhtaana prosesseista saatavat sivujakeet ovat helpommin hyödynnettävissä elintarvikkeiksi, rehuiksi tai teknisiksi tuotteiksi kuin seokset ja epäpuhtaat jakeet.

Elintarviketuotannon sivujakeet ovat helposti pilaantuvia, joten niiden kylmäketjusta ja puhtaudesta on huolehdittava. Mikrobiologinen pilaantuminen johtuu mikrobien aineenvaihdunnassa muodostuvista yhdisteistä, entsyymeistä tai aineenvaihdunnan lopputuotteista. Haihtuvien yhdisteiden aiheuttamat hajut ja makuvirheet voidaan havaita aistinvaraisesti, eikä pilaantunut

raaka-aine kelpaa elintarvike-, rehu- tai teknisiksi tuotteiksi. Paljain silmin voidaan joskus havaita homekasvusto tai jotkin bakteerien tuottamat tai aiheuttamat reaktiot, esimerkiksi liimaantumisen tai raakalihan vihertyminen (Björkroth 2009).

Bakteerien kasvuun vaikuttavat merkittävästi kylmäsäilytys ja prosessointi, esimerkiksi kuivaus. Elintarvikkeiden happamuus on vesiaktiivisuuden lisäksi merkittävä pilaajabakteerien kasvua rajoittava tekijä. Suurin osa elintarvikkeissa kasvavista bakteereista viihtyy parhaiten pH:n ollessa neutraali (6,6–7,5). Elintarvikkeen happamuuteen voidaan vaikuttaa myös fermentoimalla eli hapattamalla elintarvikkeita mikrobien avulla (Björkroth 2009).

Taulukossa 1 on arvioitu Suomessa liha-, kala- ja kasvistuotannosta muodostuvien sivujakeiden määriä. Teollisuudessa elintarvikehävikkiä syntyy vuosittain 75–105 miljoonaa kiloa, joka on 17–20 % Suomessa muodostuvasta hävikistä (Hartikainen ym. 2014). Hedelmistä ja vihanneksista sekä juuri- ja mukulakasveista päätyy hävikkiin 45 %; näiden hävikki on suurinta verrattuna muihin elintarvikkeisiin (Hartikainen ym. 2014).

**Taulukko 1.** Arviot Suomessa muodostuvista elintarviketuotannon sivujakeiden määristä. Maito- ja viljatuotannon sivujakeita ei tarkasteltu tässä hankkeessa.

Sivujae	Määrä (t/a)	Arvion peruste/Lähde
Eläinperäiset sivutuotteet	<b>281 000</b>	
- lihatuotanto	250 000	arvioitu Suomessa teurastettujen eläinten määrästä
- kalastuksen, kalanviljelyn ja -jatkojalostuksen sivujakeet (perkuu ja fileointijakeet)	15 000	Luonnonvarakeskus 2020b, Setälä 2017, Vielma ym. 2013
- rapupotentiaali (pienet, saksipuolet, kuorivialliset)	10–20	0,5–1 miljoonaa rapua à 20 g
- vähäarvoinen kala	6 000*	Luonnonvarakeskus 2020a
Kasvissivujakeet	<b>95 000</b>	n. 40 % tuotannosta
- porkkana, muut juurekset	36 000	45 %, Hartikainen ym. 2014, arvio
- muu avomaakasvis	25 000	arvio
- kasvihuonetuotanto (lehdet ja varret ym.)	34 000	Niemi 2019, arvio
- omena	125	arvio
Yhteensä elintarviketuotanto	<b>≈ 376 000</b>	

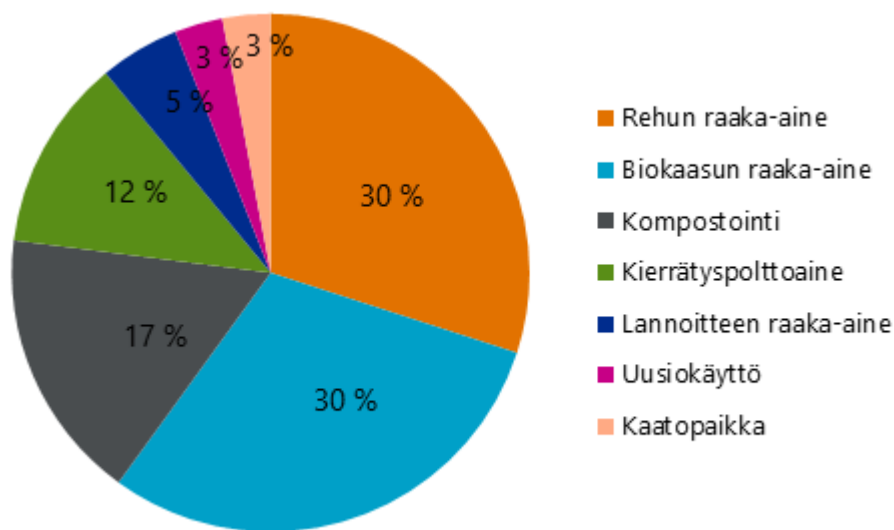
\*Lisäksi vajaasti hyödynnetyissä lajeissa, kuten särkikalat, kuore ahven ja muikku on Suomessa suuri hyödyntämätön saalis-potentiaali, arviolta yli 100 000 t (mm. Setälä ym. 2012 ja Ruokonen ym. 2019). Hyödyntämisen esteinä ovat mm. kaupallisten kalastajien pieni määrä, kuljetusten kalleus ja lopputuotteiden rajallinen kysyntä.

## 1.2. Sivujakeiden hyödyntäminen

Materiaalitehokkuuden keskeisimmät näkökohdat elintarviketeollisuudessa ovat sivuvirtojen erottelu ja hyödyntäminen. Sivuvirtoja hyödynnetään jo tietyiltä osin tehokkaasti esimerkiksi rehuteollisuuden raaka-aineena, mutta sivuvirtojen kokonaismäärästä ja käyttöasteesta ei ole olemassa kokonaiskuvaa (ETL 2020). Sivujakeet ovat arvokasta raaka-ainetta, jolla on monenlaisia hyödyntämismahdollisuuksia. Suurin osa elintarviketuotannon sivutuotteista hyödynnetään elintarviketuotanto-, lemmikki- tai riistaeläinten rehuna tai lannoitteiden raaka-aineena (42 %) tai levitetään pellolle (27 %) (Berg 2016) (kuva 1). Tämän lisäksi sivujakeita voidaan



hyödyntää teknisinä tuotteina, lääke- ja kosmetiikkateollisuudessa, energiana tai maanparannusaineina.



**Kuva 1.** Elintarviketeollisuuden sivutuotteiden hyödyntäminen eri tarkoituksiin (Berg 2016, muokattu).

Tärkeä sivujakeiden hyödyntämistä ohjaava tekijä ovat kustannukset, ja niiden perusteella tehdään päätöksiä sivuvirtojen hyödyntämisestä. Käsittelylaitosten porttimaksut rajoittavat sivutuotteiden viemistä biokaasu- ja kompostointilaitoksiin. Kustannusten sijaan yritykset haluaisivat saada sivujakeista tuloa ja lisäarvoa toiminnalleen. Pienten yritysten on vaikea hyödyntää sivujakeitaan tehokkaasti, sillä pieniä raaka-ainemääriä on vaikea hyödyntää kannattavasti. Yritysten yhteistyö ja suurempien sivujaemäärien kerääminen yhteen paikkaan lisäävät sivujakeiden hyödyntämisen mahdollisuuksia ja kiinnostavuutta.

Sivujakeet tulee kerätä erilleen, pitää puhtaina, varastoida ja kuljettaa järkevällä tavalla, jotta ne kelpaavat hyötykäyttöön. Kestävän kehityksen ja vastuullisuuden periaatteiden mukaisesti elintarviketalouden sivuvirrat tulee hyödyntää entistä tehokkaammin.

### 1.3. Ympäristövaikutusten arviointi

Kiertotalouden keskeisenä tavoitteena on säästää luonnonvaroja ja hyödyntää materiaalit tehokkaasti ja kestävästi. Kestävän kehityksen päämääränä on säilyttää hyvät elämisen mahdollisuudet nykyisille ja tuleville sukupolville. Kestävä kehitys koostuu ekologisesta kestävydestä, taloudellisesta kestävydestä sekä sosiaalisesta ja kulttuurisesta kestävydestä. Siksi päätöksenteossa ja toiminnassa on otettava huomioon sekä ympäristö, ihminen että talous (Motiva 2021).

Ympäristövaikutusten arvioinnin tavoitteena tässä tutkimuksessa oli saada käsitys siitä, onko sivujakeiden jalostamisella saavutettavissa ympäristöhyötyjä ja kuinka merkittäviä ne voisivat olla. Lisäksi voitiin tunnistaa sivujakeiden jalostamisen ympäristövaikutusten pienentämisen näkökulmasta oleellimmat prosessin vaiheet.

### 1.3.1. Elinkaariarviointi

Ympäristövaikutuksia arvioitiin elinkaariarvioinnilla (LCA, life cycle assessment), joka on menetelmä tuotekohtaisten ympäristövaikutusten arvioimiseksi tuotteen koko elinkaaren ajalta raaka-aineen hankinnasta tuotantoon, käyttöön, käytöstä poistoon, kierrätykseen ja jätteiden loppusijoitukseen (ns. kehdosta hautaan) (SFS-EN ISO 14040, 2006). Elinkaariarviointia voidaan käyttää esimerkiksi kahden käyttötarkoitukseltaan samanlaisen tuotteen vertailuun tai tuotantoprosessin ja tuotekehityksen työkaluna, jotta valmistuksen ympäristövaikutusten pienentämistä tavoiteltaessa ei päädyttäisi osaoptimointiin.

Elinkaariarviointi tehdään usein myös ns. "kehdosta tehtaan portille" -rajauksella, jolloin tarkastelu päättyy siihen, kun tuote lähtee tehtaalta markkinoille. Tämä on perusteltua silloin, jos vertaillaan tuotteita, jotka eivät eroa merkittävästi toisistaan käyttövaiheen osalta tai lopputuotteella on monia toisistaan poikkeavia loppukäyttötapoja, kuten esim. sahatavaralla.

### 1.3.2. Fossiilinen ilmastovaikutus eli hiilijalanjälki

Fossiilinen ilmastovaikutus muodostuu fossiilisista lähteistä peräisin olevista hiilidioksidipäästöistä ( $\text{CO}_2$ ) sekä metaani- ( $\text{CH}_4$ ), dityppioksidi- ( $\text{N}_2\text{O}$ ) ja ns. F-kaasujen päästöistä. Fossiilisessa ilmastovaikutuksessa ei nimensä mukaisesti oteta huomioon uusiutuviissa materiaaleissa sitoutuneena olevan hiilen varastoitumisessa tai vapautumisessa tapahtuvia muutoksia. Laskenta perustuu IPCC:n (hallitustenvälisen ilmastomuutospaneelin (Intergovernmental Panel on Climate Change) metodologiaan kasvihuonekaasupäästöjen laskennasta, jossa vaikutukset on arvioitu sadan vuoden aikajännteellä (IPCC 2006, IPCC 2014). Elintarviketeollisuuden ilmastopäästöt, muihin teollisuuden toimialoihin verrattuna, ovat varsin maltilliset (ETL 2020).

Dityppioksidi ( $\text{N}_2\text{O}$ ) tunnetaan paremmin typpioksiduulina tai puhekielessä ilokaasuna. Dityppioksidin päästmäärät ovat suhteellisen pieniä, mutta koska sen ilmastonlämmitysvaikutus on 298-kertainen hiilidioksidin verrattuna sadan vuoden aikana, kaasulla on merkitystä (IPCC 2006). Typpioksiduulia syntyy erilaisten typpiyhdisteiden käsittelyssä, erityisesti typpilannoitteen nitriittien hajotessa mikrobien vaikutuksesta dityppioksidiksi niin maa- kuin metsätaloudessakin. Myös lannan käsittelyssä syntyy runsaasti päästöjä. Erytisen suuria päästöt ovat suopelloilta.

*HFC (fluorihiihivety)* ja *PFC (perfluorihiihivety)* -yhdisteet ovat hyvin voimakkaita kasvihuonekaasuja. HFC:tä käytetään kylmälaitteissa, joissa se on korvannut yläilmakehän otsonikatoa aiheuttavat CFC-yhdisteet. PFC-yhdisteitä käytetään mm. elektroniikassa, palonestoaineina sekä tekstiiliteollisuudessa vedenpitävyysskalvoissa. Suuri osa hiilivedyistä on luonnossa hyvin pysyviä. Tämä tekee niistä voimakkaita kasvihuonekaasuja, ja hajoamattomuutensa vuoksi niihin saattaa liittyä muitakin vakavia ympäristöriskejä, kuten pitkäaikaisen altistuksen haitalliset vaikutukset ihmisten terveyteen. *Rikkiheksafluoridia* ( $\text{SF}_6$ ), joka on kaikkein voimakkain kasvihuonekaasu, käytetään hyvän sähköneristävyytensä vuoksi erityisesti sähköalalla. Myös *typpitrifluoridi* on hyvin pysyvä kaasu, joka pyritään käytön jälkeen pääasiassa tuhoamaan, mutta jonkin verran sitä karkaa ilmakehään. Typpitrifluoridia käytetään puolijohteiden valmistuksessa.

Kaikkia neljää edellä mainittua yhdistettä tai yhdisteryhmää kutsutaan ilmastonlämpenemiseen liittyen usein yhteisnimityksellä F-kaasut.

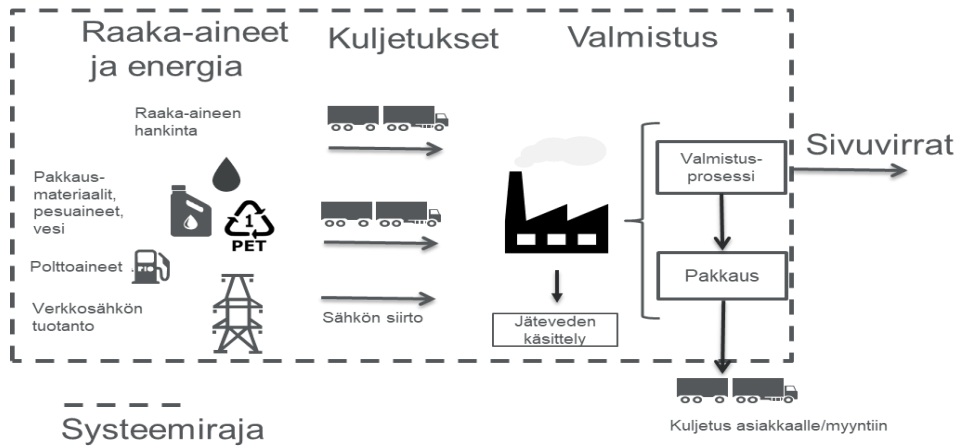
Hiilijalanjälki ilmaistaan  $\text{CO}_2$ -ekvivalentteina, eli kaikki eri kasvihuonekaasut muunnetaan karakterisointikertoimilla vastaamaan ilmaston lämmitysvaikutukseltaan hiilidioksidia. Kaasujen ilmastovaikutuksessa on suuri vaihtelu: voimakkaimpien kasvihuonekaasujen lämmittävä vaikutus on n. 23 000-kertainen hiilidioksidin verrattuna.

### 1.3.3. Tutkitut tuotteet ja systeemin rajaus

Tässä projektissa tutkittaviksi valittiin viisi tuotetta, joiden valmistusta koskevat tiedot selvitetiin projektissa tai joiden valmistuksesta oli muuten saatavissa tarvittavat tiedot. Tutkitut sivujakeet ja niistä valmistetut tuotteet olivat seuraavat:

- Elintarviketuotannon jäterasvan jalostaminen biodieselin raaka-aineeksi
- Rapujauheen valmistaminen pikkuravuista
- Lihantuotannon sivutuotteena syntyvän lyhytkuituisen lampaanvillan käsittely esim. tekstiiliteollisuuden raaka-aineeksi
- Broilerin höyhenten jalostaminen eristeeksi
- Omenamäskin kuivaaminen esim. lemmikkien ruuaksi

Tarkastelu rajattiin päättymään ”tehtaan portille” eli siihen, kun valmis tuote lähtee tuotantolaitokselta eteenpäin, joko kuluttajille tai jatkojalostukseen. Tarkastelu sisältää elinkaariset päästöt kaikista käytetyistä raaka-aine- ja energiapanoksista eli poltto- ja pesuaineista, pakkausmateriaaleista, sähköenergian tuotannosta sekä raaka-aineiden tarvitsemat kuljetukset, sähkönsiirron, itse tuotteen valmistusprosessin ja siinä syntyvän jäteveden käsittelyn. Koska sivuvirta katsotaan tässä vaiheessa taloudelliselta arvoltaan nolllaksi tai jopa negatiiviseksi (sivuvirran käsittelystä jätteenä syntyy kustannuksia), ei päätuotteen valmistuksen ympäristövaikutuksia ole lainkaan kohdistettu sivuvirralle, vaan ainoastaan ne vaikutukset, jotka syntyvät sivuvirran jalostamisesta hyötykäyttöön soveltuvaksi tuotteeksi. Sivuvirtojen jalostuksessa edelleen syntyvien sivuvirtojen/jätteiden käsittely on rajattu systeemin ulkopuolelle (kuva 2).



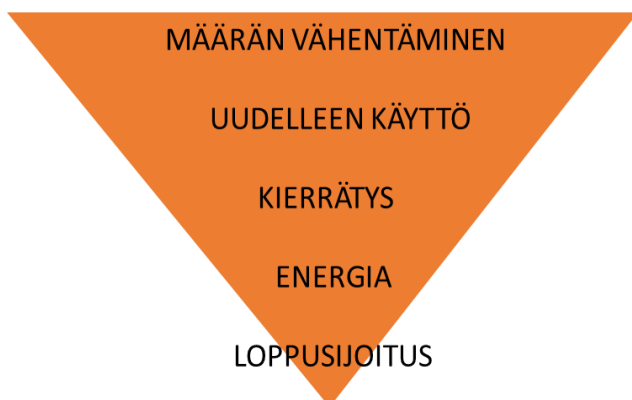
Kuva 2. Elinkaarilaskennan systeimirajaus tässä hankkeessa.

### 1.4. Sivujakeiden hyödyntämiseen liittyvää lainsäädäntöä

EU:n jätedirektiivin ((EY) N:o 98/2008 ja muutoksen (EU) 2018/851) mukaan jätteisiin tulisi soveltaa viisiportaista jätehierarchyä (kuva 3). Elintarviketeollisuudessa voidaan joko vähentää syntyvän sivuvirran määrää tai hyödyntää syntyneet sivuvirrat mahdollisimman tehokkaasti. Jätedirektiivi ei koske elintarviketeollisuuden kasvipohjaisia sivujakeita, joita ei ole tarkoitettu ihmisten ravinnoksi ja jotka on tarkoitettu eläinten ruokintaan. Eläimistä saatavat sivutuotteet, jotka on tarkoitettu käytettäväksi rehuaineina, on suljettu direktiivin soveltamisalan ulkopuolelle.

Jätelain (646/2011) 8 § mukaan toiminnanharjoittajan, jonka tuotannossa syntyy jätettä, on noudatettava etusijajärjestystä sitovana velvoitteena siten, että saavutetaan kokonaisuutena

arvioiden lain tarkoituksen kannalta paras tulos. Arvioinnissa otetaan huomioon tuotteen ja jätteen elinkaaren aikaiset vaikutukset, ympäristönsuojelun varovaisuus- ja huolellisuusperiaate sekä toiminnanharjoittajan tekniset ja taloudelliset edellytykset noudattaa etusijajärjestystä.



**Kuva 3.** Jätteiden ja sivujakeiden etusijajärjestys.

Eläin- ja kasvipäristöisten sivujakeiden hyödyntämisessä on suuri ero lainsäädännön näkökulmasta. Eläinperäisten sivujakeiden hyödyntämiselle on asetettu paljon rajoituksia. Sivutuoteasetuksessa (EY) N:o 1069/2009 säädetään muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläimistä saatavien sivutuotteiden terveysnäköistä, ja sen tarkoituksena on luoda eläimistä saataville sivutuotteille säädöspuitteet, jotka suojaavat ihmisten ja eläinten terveyttä. Asetuksessa annetaan säännöt eläimistä saatavien sivutuotteiden keräämiselle, kuljetukselle, varastoinnille, esikäsittelylle, käsittelylle, käytölle ja hävittämiselle. Toimijan on pidettävä kirjaa siitä, mitä sivutuotteita ja kuinka paljon toiminnassa muodostuu sekä siitä, mihin eri luokkaa olevat sivutuotteet päätyvät. Määriä on myös pystyttävä seuraamaan, jotta määrien odottamattomiin muutoksiin voidaan puuttua. Eläin- ja kasvipäristöisten sivujakeiden hyödyntämiseen liittyvää lainsäädäntöä on koottu taulukkoon 2.

Sivutuotelaisissa 517/2015 säädetään sivutuotealan laitosten ja toimijoiden rekisteröinnistä ja hyväksymisestä sekä viranomaisvalvonnasta. Lisäksi laki sisältää sivutuoteasetuksen kansalliseen toimeenpanoon liittyvät helpotukset, jotka koskevat sivutuotteiden ja niistä johdettujen tuotteiden käyttöä ja hävitystä.

Rehulaki 1263/2020 on säädetty eläinten terveyden ja eläimistä saatavien elintarvikkeiden laadun turvaamiseksi ja rehujen laadun, turvallisuuden, jäljitettävyyden sekä rehuista annettavien tietojen asianmukaisuuden varmistamiseksi.

**Taulukko 2.** Sivujakeisiin liittyviä EU- ja kansallisia säädöksiä sekä viranomaisohjeita (X = koskee/sisältyy, - = ei koske/sisälly).

EU-säädöksiä		Eläinperäiset sivujakeet	Kasvi-peräiset sivujakeet
Sivutuoteasetus	EY 1069/2009	X	-
Eläinperäisten elintarvikkeiden hygienia-asetus	EY 853/2004	X	-
Yleinen hygienia-asetus	EY 1367/2011	X	X
Eläimistä saatavien elintarvikkeiden valvonta-asetus	EY 854/2004	X	-
Rehuhygienia-asetus	EY 183/2005	X	X
Rehun markkinoille saattamisesta ja käytöstä	EY 767/2009	X	X
Eläimistä saatavien sivutuotteiden terveystäätöistä	EU 142/2011	X	-
Eläinvalkuaisen rehukäyttö (ns. TSE-asetus (liite 4: Sivutuotteiden käyttö elintarviketuotantoeläinten ruokinnassa))	EY 999/2001	X	-
Rehuaineluettelo	EU 767/2009	X	X
Jätedirektiivi	EY 98/2008	X	X
Kansallisia säädöksiä			
Elintarvikelaki	297/2021	X	X
Laki eläimistä saatavista sivutuotteista, Sivutuotelaki	517/2015	X	-
Rehulaki	1623/2020	X	X
Jätelaki	646/2011	X	X
Lannoitevalmistelaki	539/2006	X	X
MMM asetus eläimistä saatavista sivutuotteista	783/2015	X	-
MMM asetus eläimistä saatavien sivutuotteiden ja niistä johdettujen tuotteiden keräämisestä, kuljetuksesta ja hävittämisestä	1192/2011	X	-
Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta	151/2013	X	X
Ruokaviraston ohjeita			
Ruokaviraston ohje eläimistä saatavien sivutuotteiden käsittely ja valvonta elintarvikealan laitoksissa	11746/04.02.00.01/2020/6	X	-
Ruokaviraston ohje lemmikkieläinten ruokia eläinperäisistä aineksista valmistavien laitosten vaatimukset	<a href="#">(Linkki)</a>	X	-

## 2. Eläinperäiset sivujakeet

### 2.1. Lihantuotannon sivujakeet

EU-28-maissa lihan kokonaistuotanto v. 2019 oli 47 720 miljoonaa kiloa ja Suomessa noin 400 miljoonaa kiloa vuodessa. Sivutuotteita muodostuu vuosittain noin 60 % teurastettujen eläinten massasta (taulukko 3). Ei-syötävät sivutuotteet ovat nahkaa, rasvaa, villaa ja höyheniä. Naudan teurastuksessa sivutuotteiden osuus elopainosta on keskimäärin 54 %, sialla 42 %, lampailla 70 % ja broilerilla 32 % (Lehto ym. 2015).

**Taulukko 3.** Suomessa vuonna 2019 teurastettujen eläinten määrä sekä arvioitu sivujakeiden määrä (Luken tilastopalvelut 2020; Lehto ym. 2015).

	Nauta	Sika	Lammas	Kalkkuna	Broileri	Yhteensä
Teurastettujen eläinten määrä (kpl)	269 269	1 839 308	67 050	850 887	79 184 189	*
Sisäelimiä (kg/kpl)	10	3	3	0,2**	0,1**	*
Sisäelimiä (t/a)	2 700	5 500	300	170	7 900	11 000
Nahkaa (kg/kpl)	40	3,5	8	*	*	*
Nahkaa (t/a)	10 800	6 400	536	*	*	8 776
Rasvaa (kg/kpl)	25	3,6	8	0,4	0,1	*
Rasvaa (t/a)	6 700	6 600	536	340	7 900	22 076
Villaa / Höyheniä (kg/kpl)			3	1,7	0,1	*
Villaa / Höyheniä (t/a)			225	1 450	7 900	201 / 9 359
3 lk sivutuotteita (kg/kpl)	240	30	30	8	0,8	*
3 lk sivutuotteita (t/a)	64 600	55 000	2 000	6 800	63 400	191 400

- = ei tiedossa

\* = ei tarkoituksenmukaista laskea/ilmoittaa

\*\* = arvio

#### 2.1.1. Sivutuoteluokat

Eläinperäiset sivutuotteet ryhmitellään kolmeen luokkaan niihin liittyvien riskien perusteella. Suurin riski on luokan 1 sivutuotteilla ja pienin luokan 3 sivutuotteilla. Luokan 1 sivutuotteita voidaan hyödyntää energiantuotannossa tai ne on hävitettävä. Luokan 3 sivutuotteille on eniten hyödyntämismahdollisuuksia (taulukko 4).

**Taulukko 4.** Eläinperäisten sivutuotteiden luokittelu (EY 1069/2009). Luokan 3 sivutuotteilla on eniten hyödyntämismahdollisuuksia.

Luokan 3 sivutuotteet
<ul style="list-style-type: none"> <li>• lihantarkastuksessa hyväksytyjen ruohojen osat, joita ei käytetä elintarvikkeena</li> <li>• lihantarkastuksessa hyväksytyjen ruohojen hylätyt osat, joissa ei ole merkkejä ihmisiin tai eläimiin tarttuvista taudeista tai taudinaiheuttajista</li> <li>• elävänä tarkastuksessa hyväksytyjen eläinten vuodat, nahat, rasva, sorkat, kaviot, sarvet, sianharjakset, höyhenet, sulat ja veri (myös naudat, jos todettu negatiivinen BSE-testi), mikäli eläimessä ei ole havaittu kliinisiä merkkejä jostakin kyseisen tuotteen välityksellä ihmisiin tai eläimiin tarttuvasta taudista</li> <li>• entiset eläinperäiset elintarvikkeet sekä elintarvikkeiden käsittelyssä ja valmistuksessa syntyvät sivutuotteet</li> <li>• elintarvikkeiden käsittelyssä ja valmistuksessa syntyvät sivutuotteet</li>   <li>• tuoreet kalat ja kalan osat, joita ei käytetä elintarvikkeeksi, kuten perkuujätteet</li> </ul>
Luokan 2 sivutuotteet
<ul style="list-style-type: none"> <li>• lanta ja ruoansulatuskanavan sisältö</li> <li>• luokan 2 ja 3 sivutuotteiden seokset</li> <li>• muiden kuin nauta-, lammas- ja vuohiteurastamojen jätevedestä erotettu eläinperäinen aines (6 mm:n siivilälle kerätty aines)</li> <li>• lihantarkastuksessa hylätyt ruhon osat (elleivät kuulu luokkaan 1)</li> <li>• ruhon osat, joissa on lääkettä yli lainsäädännössä sallitun rajan</li> <li>• itsestään kuolleet tai lopetetut eläimet (elleivät kuulu luokkaan 1)</li> <li>• kaikki muu kuin luokkien 1 tai 3 määritelmiin sisältyvä aines</li>   <li>• kalat tai kalanosat, joissa on merkkejä ihmisiin tai eläimiin tauteja aiheuttavista loisista tai muista mikrobeista</li> </ul>
Luokan 1 sivutuotteet
<ul style="list-style-type: none"> <li>• erikseen määritelty riskiaine ja eläimet, joista riskiainesta ei ole poistettu (yli 12 kk ikäiset kokonaiset naudat, lampaat ja vuohet)</li> <li>• sivutuotteet, joissa on tarttuvien spongiformisten enkelopatioiden riski (nk. TSE-taudit, esim. BSE eli hullun lehmän tauti)</li> <li>• sivutuotteet, joissa on kiellettyjä aineita (esim. hormonit tai betasalpaajat) yli lainsäädännössä sallitun rajan</li> <li>• sivutuotteet, joissa on ympäristömyrkyjä (dioksiinit, PCB jne.) yli lainsäädännössä sallitun rajan</li> <li>• luonnonvaraiset eläimet, jos niiden epäillään sairastavan ihmisiin tai eläimiin tarttuvaa tautia</li> <li>• lemmikkieläimet, eläintarhaeläimet ja sirkuseläimet</li> <li>• TSE-riskiainesta erottavien teurastamoiden ja leikkaamoiden jätevedestä erotettu eläinperäinen aines (6 mm:n siivilälle kerätty aines)</li> <li>• kansainvälisesti toimivista liikennevälineistä peräisin oleva ruokajäte</li> <li>• luokan 1 ja 2 tai luokan 1 ja 3 sivutuotteiden seokset</li> </ul>

### 2.1.2. Eläinperäisiä sivujakeita käsitteleviä laitoksia

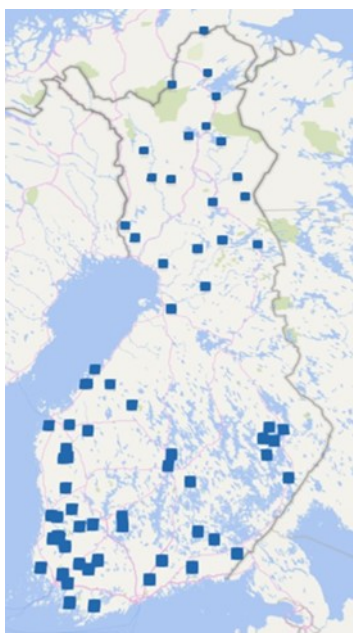
Kaikkien sivutuotealan laitosten on oltava hyväksytyjä tai rekisteröityjä ennen toiminnan aloittamista. Sivutuoteasetuksen (EY) N:o 1069/2009 mukaisesti hyväksytyjen tai rekisteröityjen laitosten ajantasainen luettelo on Ruokaviraston verkkosivuilta: <https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/elainala/elaimista-saatavat-sivutuotteet/sivutuotelaitosten-hyvaksynta-ja-rekisterointi/hyvaksytyjen-ja-rekisteroityjen-laitosten-luettelo/>

Karttoja käsittelylaitosten sijainnista on luvussa 6.5.

### 2.1.3. (Pien)teurastamot Suomessa

Suomessa on 15 suurta teurastamoita, joissa teurastetaan yli 5000 eläinyksikköä vuodessa. Näistä teurastamoista viidessä teurastetaan siipikarjaa (enemmän kuin 300 000 lintua vuodessa). Pienteurastamoita ja riistan käsittelylaitoksia on toiminnassa, vuodenajasta riippuen, noin 50. Teurastamoja on eri puolilla Suomea, mutta ei aivan koko maata kattavasti (kuva 4).

Hyväksytyt liha-alan laitokset löytyvät Ruokaviraston verkkosivuilta: <https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/elintarvikeala/elintarvikeyrityksen-perustaminen/elintarvikehuoneistot/hyvaksytyt-elintarvikehuoneistot/>



Kuva 4. Teurastamot Suomessa.

### 2.1.4. Kyselytutkimus pienteurastamoille

Pienteurastamoille tehtiin kyselytutkimus vuonna 2017. Kysely lähetettiin 34 teurastamoon ja vastauksia saatiin 18. Kaikki kyselyyn vastanneet yritykset olivat kiinnostuneita sivujakeiden hyödyntämisestä ja hyödyntämisen kehittämisestä (liite 1).

Sisäelinten hyödyntämisessä elintarvikkeena oli kyselyn perusteella vaihtelua melkoisesti: kaksi pienteurastamoita hyödynsi kaikki sisäelimet elintarvikkeena ja neljä vastaajaa ei lainkaan. Osa sisäelimestä toimitettiin elintarvikkeeksi kuudesta teurastamosta (yhteensä elintarvikkeeksi n. 30 %). Lemmikkieläinten ruokia valmistaviin yrityksiin toimitti seitsemän yritystä 3 luokan sivujakeita, muun muassa luut, sydämet, kielet ym. pehmeät osat.



Kaksi kyselyyn vastanneista yrityksistä kompostoi suolensisällön omalla tilalla, kaksi kuljetti kompostointilaitokseen ja yhdessä yrityksessä sivutuotteet haudattiin. Biokaasulaitoksiin kuljettiin 2. ja 3. luokan sivutuotteita viidestä yrityksestä. Se, mitä sivutuotteiden käsittelylaitos ottaa vastaan, voi vaihdella. Esimerkiksi luita, ei oteta vastaan kaikissa laitoksissa, sillä ne on murskattava.

Suomen suurimpaan eläinperäisiä sivutuotteita käsittelevään laitokseen, Honkajoki Oy:hyn, kuljetukset tapahtuivat yrityksistä yleensä kerran viikossa. Jos sivutuotteet pakastettiin, kuljetus oli harvemmin. Etäisyydet pienteurastamoilta Honkajoki Oy:hyn olivat keskimäärin 276 km, lyhin matka oli 14 km ja pisin 540 km. Kuljetukset Honkajoki Oy:hyn tehtiin joko omalla autolla, kuljetusliikkeen kautta tai Honkajoki Oy:n kuljetusvälineillä. Kuljetettavat sivutuotemäärät vaihtelivat viikkotasolla 100 kg:sta aina 28 000 kg:aan asti.

Rasvan hyödyntäminen kiinnosti yrityksiä. Rasva voitaisiin kerätä ruhon käsittelyssä erilleen, jos keräily olisi järjestetty. Suurin osa nahoista hyödynnettiin nahkateollisuudessa tai lemmikkien puruluina.

Kyselyn perusteella ongelmana sivutuotteiden hyödyntämisen kannalta nähtiin eri jakeiden erotteluun menevä työaika ja pienet määrät, jolloin jakeiden kerääminen erilleen koettiin taloudellisesti kannattamattomaksi. Toisaalta pienteurastamoille kertyy huomattavat kustannukset sivutuotteiden käsittelystä ja kuljetuksesta esimerkiksi biokaasu- ja kompostointilaitoksiin. Sivutuotteita käsittelevien laitosten porttimaksut ovat 50–100 €/t. Sivujakeiden erottelulla ja toimittamisella esimerkiksi rehukäyttöön voidaan pienentää käsittelykustannuksia. Keräily ja kuljetuksen täytyy kuitenkin olla kustannustehokasta.

### 2.1.5. Lihantuotannon sivujakeiden hyödyntämismahdollisuuksia

Teollisuudessa pyritään vähentämään sivujakeiden määrää, mutta sivutuotteiden syntymiseltä ei voida välttyä täysin. Lihateollisuudessa syntyviä sivuvirtoja ovat esimerkiksi luut ja vuodat. Toisena ryhmänä ovat sellaiset elintarvikekelpoiset tuotteet, joita kuluttajat eivät halua käyttää elintarvikkeena, kuten sorkat, sisäelimet tai saparat (Hannuksela 2017). Tiettyjä eläinperäisiä tuotteita voidaan pitää kiinnostavina elintarvikkeina maissa, joissa niitä on perinteisesti käytetty, kun taas toisissa maissa niitä pidetään syötäväksi kelpaamattomina elintarvikkeina (Ockerman & Basu 2004). Eräitä jakeita käytetään monissa maailman maissa erilaisissa ruokavalioiden ja kulinaarisissa resepteissä; tällaisia ovat mm. veri, maksa, keuhkot, sydän, munuaiset, aivot ja perna (Nollet & Toldra 2011). Lihantuotannon sivujakeista saadaan raaka-ainetta monenlaiseen käyttöön: elintarvikkeisiin, rehuihin, teknisiin tuotteisiin, kosmetiikka- ja lääkeaine-teollisuuteen sekä maanparannusaineiksi (taulukko 5).

Gelatiini on liukoinen hyytelöivä tai ei-hyytelöivä proteiini, jota saadaan eläinten luista, vuodasta, nahasta ja jänteistä valmistetun kollageenin osittaisella hydrolyysillä. Kollageenia on kaikissa eläimissä ja se on runsaimmin esiintyvä proteiini, jota on 25 % nahan ja luiden proteiini-massasta (Mayne & Brewton 1993, Van der Rest & Garrone 1991). Kollageenia sisältäviä sivutuotteita lämpökäsittämällä ja uuttamalla saadaan gelatiinia (Brandelli ym. 2015). Kollageenia, gelatiinia ja liimaa voidaan erottaa luista, sorkista ja sarvista. Uutettua gelatiini voidaan käyttää ruoansulatusongelmien, haavaumien, lihashäiriöiden, kynsien ja ihon hoitoon (Irshad & Sharma 2015).

Sisäelimiä ovat nautaeläimillä ja sioilla maksa, sydän, munuainen, kieli ja kateenkorva, siipikarjalla lisäksi kivipiira. Nämä ruhonosat pilaantuvat herkästi. Sisäelimistä hyödynnetään Suomessa elintarvikkeena vain noin 5 %. Elimet ovat edullisia, niissä on paljon proteiinia ja rautaa. Eniten hyödynnetty elin on maksa. Sisäelimet voidaan rinnastaa niiden sisältämän ravintoarvon

perusteella vähärasvaiseen lihaan. Ne sisältävät runsaasti kivennäisaineita, vitamiineja, aminohappoja ja rasvahappoja; niiden keskimääräinen proteiinipitoisuus on jopa 15–25 % ja rasvapitoisuus keskimäärin vain 5 %. Elintarviketuotantoeläinten elimiä käytetään mm. lääketeollisuudessa lääkkeiden ja hormonien tuotantoon. Sisäelimiä viedään Suomesta mm. Aasiaan.

**Taulukko 5.** Lihantuotannon luokan 3 sivutuotteista saatavia raaka-aineita ja niiden hyödyntämismuotoja (Toldra 2016).

Sivutuote	Tuotteita/käyttökohteita	Viitteet
Taljat ja nahka	Gelatiini Tekstiilit, nahkatavarat, laukut, jalkineet, rummut ym.	DAFF 2011, Hekal 2014, Irshad & Sharma 2015, Jayathilakan ym. 2012, Ur Rahman ym. 2014, Tesfaye ym. 2015
Sorkat ja sarvet	Kollageeni, gelatiini, keratiini Elintarvike- ja kosmetiikkateollisuuden raaka-aine, käsityöt	Jaythilakan ym. 2012, Karthikeyan ym. 2007, Omole & Ogbiye 2013
Luu	Luuydin, gelatiini, luujauho, lihaluujauho, kollageeni, luuhiili	Gue 1998, Irshad & Sharma 2015, Nhari ym. 2012, Ur Rahman ym. 2014
Rasva	Teknokemian teollisuuden raaka-aine Biopoltoaineet Rehut	Pihlanto ym. 2012.
Veri	Elintarvikkeet, lannoitteet, rehut, emulgaattorit ja stabilisaattorit farmaseuttiset tuotteet	Bah ym. 2013, DAFF 2011, Hyun & Shin 2000, Irshad & Sharma 2015, Quality Meat Scotland 2010, Ur Rahman ym. 2014
Suolisto	Elintarvikkeet ja rehut Tekniset tuotteet Käyttö lääketieteessä	Bhaskar ym. 2007, IElfaki ym. 2014, Irshad & Sharma 2015, Quality Meat Scotland 2010, Toldrá ym. 2012
Elimet ja rauhaset	Lääke- ja farmaseuttiset tuotteet	Aberle ym. 2001, Deveau, ym. 2004, Elfaki ym. 2014, Irshad & Sharma 2015, Jaythilakan ym. 2012, Ur Rahman ym. 2014
Karvat/ Villat	Keratiini Tekstiilit ym.	Liu ym. 2013, Patrucco ym. 2016, Phua ym. 2015, Scobie ym. 2015
Höyhenet	Keratiini Rehut Lannoitteet, eristeet	Pihlanto ym. 2012

## Veri

Teurasverta kertyy vuosittain Suomessa noin 30 miljoonaa litraa, joka on määrältään 10 % kaikista teurastamoiden tuottamista sivutuotteista (taulukko 6). Teurasverestä hyödynnetään elintarvikkeena Suomessa keskimäärin vain noin 5 %. Suhteellisesti eniten verta ottavat talteen teurastamot, joilla on omaa verituotteiden tuotantoa.

**Taulukko 6.** Teurastettujen elintarviketuotantoeläinten veren määrä (Luke 2020).

Eläin	Teurastettu eläin/a	Veren määrä/eläin (kg)	Veren määrä (t/a)
Nauta	269 269	30	8 078
Sika	1 839 308	3,6	6 621
Lammas	67 050	1,5	100
Broileri	79 194 189	0,170	13 463
Kalkkuna	850 887	0,950	809
Hanhi, ankka	17 599	0,600	10
Poro	72 734	2,3	167
Yhteensä	82 310 036	-	29 248

Veri sisältää plasma- ja solufraktion (punasolut, valkosolut ja verihiutaleet) ja sitä on noin 3–5 % eläimen elopainosta. Noin puolet verimäärästä voidaan kerätä erilleen, lopun jäädessä hius-suonistoon (Wanasundara ym. 2003). Naudan veri koostuu vedestä (80,9 %), proteiineista (17,3 %), lipideistä (0,23 %), hiilihydraateista (0,07 %) sekä mineraaleista (0,62 %) (Duarte ym.1999). Veressä on runsaasti myös rautaa ja bioaktiivisia yhdisteitä.

Suurin osa teurastamoilta saatavasta verestä otetaan talteen ja käytetään turkiseläintenrehun raaka-aineena. Lihateollisuudessa verta käytetään geeli- ja väriaineena. Lisäksi verta hyödynnetään lemmikkien ruoissa, rehuissa, maataloudessa, kosmetiikka- ja lääkeaineissa, diagnostiikassa sekä paperiteollisuudessa (Ofori & Hsieh 2014). Elintarviketeollisuudessa verta käytetään verilettuihin, verimakkariihin ym. veriruokiin.

Veren proteiineilla on elintarviketeollisuuden kannalta mielenkiintoisia teknisiä ominaisuuksia (Hsieh & Ofori 2011), esimerkiksi geeliytyminen, emulgointi (Cofrades ym. 2000), proteiinien rikastus (Yousif ym. 2003) ja vaahtoaminen (Del ym. 2008). Lampaan, sian, naudan ja peuran (Bah ym. 2016) punaisten verisolujen fraktioissa on todettu suurta antioksidanttista aktiivisuutta. Lampaiden valkosoluilla on todettu olevan bakteerien kasvua vähentävää vaikutus (Bah ym. 2016).

Liha-asetuksen 898/1988 mukaisesti elintarviketäyttöön tarkoitettu veri on välittömästi talteenoton jälkeen jäädytettävä +4 °C lämpötilaan tai kylmemmäksi. Elintarviketäyttöön tarkoitettun veren sekaan ei myöskään saa joutua lihantarkastuksessa hylättyjen eläinten verta. Veren hyödyntämisessä noudatetaan sivutuoteasetuksen vaatimuksia.

Luokan 3 verta voi käyttää sivutuoteasetuksen mukaisesti hyväksytyyn kompostointilaitoksen tai biokaasulaitoksen syötteenä. Tällöin veri täytyy hygienisoida eli lämmittää 70 °C:een 60 minuutin ajaksi.

Verestä voidaan valmistaa orgaanisena lannoitteena käytettävää verijauhoa. Tällöin käsittelyvaatimus riippuu siitä, minkä eläimen verestä on kyse. Nautojen veri pitää käsitellä

painesteriloimalla. Sian verestä verijauho voidaan valmistaa myös muilla sivutuoteasetuksen sallimilla käsittelymenetelmillä. Nämä ovat Komission asetuksen (EU) N:o 142/2011 liitteessä IV luvussa III esitetyt käsittelymenetelmät 2–5 tai käsittelymenetelmä 7 edellyttäen, että sen yhteydessä on tehty lämpökäsittely kuumentamalla veri läpikotaisin vähintään 80 °C:een.

## Rasva

Rasvaa muodostuu sivutuotteena eri tuotannon aloilta merkittävä määrä, mm. kotieläintuotannosta, kalan käsittelystä, ravintola- ja elintarviketeollisuuden prosesseista sekä rasvakaivoista (taulukko 7). Rasvalle on kysyntää ja sitä hyödynnetään eri tarkoituksiin mm. elintarvike-, rehu- ja kosmetiikkateollisuudessa sekä energiasektorilla. Sivutuotteena syntyvästä rasvasta on tullut kysyttyä raaka-ainetta, jolla on myös taloudellinen arvo.

Pääosa elintarviketuotantoeläimistä saatavasta rasvasta kuuluu sivutuoteluokkaan 3 eli vähäisen riskin sivutuotteisiin. Sivutuotteena rasvaa saadaan tuotantoeläimen elopainosta naudasta 4 %, lampaasta 9 % ja siasta 9 %. Eläinperäisten rasvojen elintarvikekäyttö on vähentynyt, ja syynä on ollut kuluttajien halu käyttää enemmän kasvirasvoja. Rasvat menevät teurastamoilta yleensä rasvatehtaalle, turkisrehun raaka-aineeksi tai ne hävitetään (Tikka 2010). Teurassivutuotteiden renderöinnistä saatavat rasvat menevät Honkajoelta tällä hetkellä Neste Oy:lle biodieselin raaka-aineeksi

Hanhen ja ankan rasvaa, jota ei käytetä elintarvikkeina, voidaan hyödyntää esimerkiksi biokaasulaitoksissa, turkiseläinten rehuissa sekä muissa rasvatuotteissa.

**Taulukko 7.** Arvioitu eläimistä Suomessa muodostuva rasvan määrä.

Rasvalähde	Määrä (t/a)	Lähde
Elintarviketuotantoeläimet (nauta, sika, lammas, broileri, kalkkuna)	22 000	Luken tilastot
Raatokeräily	2 000	Evara 2017
Rasva porojen ruhoista	1 000	arvio
Keräilyn tehostaminen pienemmistä teurastamoista	2 000	arvio
Kalan rasva	21 000	Luken tilastot
Sivutuotteiden tuonti	2 000	arvio
Rasvat elintarviketeollisuudesta, suurkeittiöistä, ravintoloista, kotitalouksista	5 500	arvio
Rasvanerotus turkiseläinten ruhoista	15 000	arvio
Rasvakaivorasvat	8 000	Andersen & Weinbach 2010
Yhteensä	78 500	

## Villa

Suomessa lampaista on noin 150 000 kpl. Villaa saadaan yhdestä lampaasta 1,5–3 kg vuodessa, joten suomalaista villaa saadaan yhteensä 225–450 t vuodessa.

Paras villa menee pääosin kehräämöihin, mutta villasilppu, lyhyt villa (poski- ja mahanalusvillat) ja huopunut villa, joka ei kelpaa kehräämöille, voidaan hyödyntää esim. eristemateriaalina.

## Höyhenet

EU:ssa tuotettiin vuonna 2014 noin 3,1 milj. tonnia höyheniä. Höyhenet sisältävät n. 90 % proteiinia (keratiini), 8 % vettä ja 1 % rasvaa. Höyhenten kuidun pinta-ala on paljon suurempi kuin villalla, joten kuitu voi sitoa enemmän vettä kuin villa tai selluloosakuidut. Höyhenten kiderakenne tekee niistä stabiileja ja kestäviä. Broilerin höyheniä on saatavilla runsaasti, ne ovat biohajoavia ja niillä voidaan korvata muita raaka-aineita. Niitä voidaan hyödyntää monissa käytötarkoituksissa, kuten rehuissa eristeissä, vaipoissa, suodattimissa, pehmusteissa, pahvissa, paperissa ja tekstiileissä (Reddy 2015). Höyhenkuitua voidaan yhdistää erilaisiin materiaaleihin, kuten polyesteriin, tai siitä voidaan valmistaa biomuovia. Höyhentuote tekee polymeereistä kovempia ja kestävämpiä.

Höyhenten pehmeät höytyvät ovat käyttökelpoista kuitua, jolla on pieni tiheys, erinomainen puristettavuus ja joustavuus sekä lämmön- ja ääneneneristyskyky. Erikoislaatuinen rakenne tekee niistä ainutlaatuisia kuitua (Chinta ym. 2013). Jos höyhenet jauhetaan kokonaisina, lopputuotteen hyödyntäminen on vaikeampaa. Kuitumainen rakenne hajoaa huonosti useimpien proteiineja hajottavien entsyymien vaikutuksesta, mutta kun höyheniä sekoitetaan lannan kanssa, ne hajoavat hyvin kompostissa. Kompostoinnissa höyhenet lisäävät kompostin typpipitoisuutta (Joadar & Rahman 2018).

## 2.2. Vähäarvoinen kala, kalankäsittelyn sivujakeet sekä rapu

### 2.2.1. Kalastuksen, kalanviljelyn ja kalanjalostuksen sivujakeet

Kalankäsittelyssä sivujakeita syntyy lähinnä perkauksessa ja fileoinnissa. Kalastajat perkaavat useimmiten itse saaliinsa pian kalastuksen jälkeen ja usein myös fileoivat osan saaliistaan. Näitä kalastajien kotirannoissa perkuusta ja fileoinnista syntyviä sivuvirtoja syntyy niin hajautetusti ja pieniä määriä kerrallaan, että niiden keruu jatkokäyttöön on vaikea järjestää kannattavasti. Pieniä määriä fileoinnissa syntyviä jakeita ja kalanpäitä voidaan käyttää esimerkiksi syötteinä rapumerroissa tai supikoirien loukuissa, mutta vähintäänkin suolet ja suomet joudutaan kompostimaan, hautaamaan maahan tai toimittamaan kaatopaikalle. Osalla kalastajista on käytössään hapotusjärjestelmä perkeille, mutta monet pitävät sitä liian kalliina. Alueilla, joilla kalastajien yhteiskäytössä on hyvin varustettuja kalasatamia, perkuun ja fileerauksen sivuvirroille on helpompaa löytää hyötykäyttöä, koska saalisvirtaa ohjautuu enemmän yhteen paikkaan ja kylmätiloja voidaan ehkä hyödyntää myös sivujakeiden lyhytaikaiskäilytykseen. Näin on mahdollista koota riittävän kokoisia kuljetuseriä sivutuotteiden hyödyntäjille toimitettavaksi.

Kokonaisuuden kannalta merkittävimmät sivuvirrat syntyvät lohen fileerauksessa, kirjolohen perkuussa ja fileerauksessa sekä silakan ja kilohailin teollisessa perkuussa ja fileoinnissa (taulukko 8). Pääosa tästä jatkojalostuksesta tapahtuu suurissa kalateollisuuden yrityksissä, joissa sivujakeiden hyödyntäminen on kannattavasti järjestettävissä. Pääosa perkuun ja fileerauksen sivuvirrasta menee edelleen turkistarhojen rehusekoittamoille, mutta etenkin lohen ja kirjolohen fileerauksen jäännöspaloista merkittävä osa menee mekaaniseen lihanerotteluun ja edelleen einesteollisuuden käyttöön. Lisäksi rasvaisista trimmausjäännöksistä otetaan talteen ravitsemuksellisesti arvokasta kalaöljyä. Myös kirjolohen perkeistä on otettu talteen kalaöljyä, jota on käytetty rehujen valmistuksessa ja siitä on myös tehty biodieseliä. Lohen ja kirjolohen perkuun ja fileoinnin sivujakeista suurimmat ovat päät, selkäruotojen lihat ja trimmausjäännökset. Kirjolohesta syntyy myös merkittävästi perkeitä. Sen sijaan Norjasta Suomeen jatkojalostettavaksi tuotu lohi on valmiiksi perattu, joten sen perkuusta ei synny perkeitä Suomessa.

**Taulukko 8.** Sivujakeiden suhteelliset osuudet lohen ja kirjolohen jalostuksessa. Lohi tuodaan Suomeen perattuna, joten perkeitä ei synny. (Vielma ym. 2013).

Laji	Pää (%)	Nahka (%)	Ruodot (%)	Selkäruodon liha (%)	Trimmaus jäännökset (%)	Perkeet (%)
Lohi	40	2	10	30	18	-
Kirjolohi	35	4	7	25	13	16

Tämän projektin alussa Suomen Kalankasvattajaliiton tuolloiselta toimitusjohtajalta Anu-Maria Sandelinilta saadun suullisen arvion mukaan kalanviljelylaitosten sivujakeiden hyötykäyttö on keskimäärin hyvin järjestetty. Koska suurissa jalostusyksiköissä sivujakeiden hyödyntämisen arvioitiin olevan pääosin kunnossa, tässä hankkeessa päätettiin keskittyä tarkastelemaan haastavampia sisävesikalastuksen pienten sivuvirtojen hyödyntämismahdollisuuksia sekä vähäarvoisen kalan hyötykäytön edistämistä.

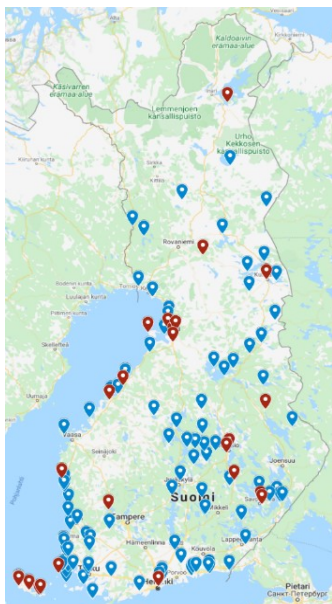
Muiden kuin lohen, kirjolohen, silakan ja kilohailin perkuu ja jalostus tapahtuu hajautetusti, joten näiden sivujakeiden hyötykäyttö on haasteellista. Sisävesikalastuksesta kertyvä sivujakeiden määrä on myös paljon vähäisempi kuin kalanviljelylaitoksilta kertyvä sivuvirta. Taulukon 9 mukaisilla jatkojalostusmäärillä ja keskimäärin 50 %:n filesaannolla arvioituna sisävesikalastuksesta kertyvän sivuvirran määrä olisi yhteensä noin 2 000 tonnia. Määrä on sen verran suuri, että sen saamisella hyötykäyttöön on jo taloudellistakin merkitystä.

**Taulukko 9.** Jalostukseen käytetyt kalamäärät Suomessa vuonna 2019 sekä arvioitu sivujakeiden osuus näistä määristä. Kokonaisuena pakastettuja tai savustettuja kaloja ei sisällytetty taulukkoon, koska niistä ei synny muita sivujakeita kuin suolet ja sisäelimet, jos niitäkään (Luonnonvarakeskus 2020b\* ja Vielma ym. 2013\*\*).

Kalalaji	Määrä (t/a*)	Sivujakeita (%**)	Sivujakeita 1000 (t/a)
Silakka ja kilohaili	3069	57	1749
Kirjolohi	22165	24	5320
Lohi	22 383	24	5372
Siika	1279	-	-
Muikku	510	-	-
Ahven	265	-	-
Kuha	336	-	-
Hauki	159	-	-
Silli	557	-	-
Makrilli	77	-	-
Särki ja Lahna	126	-	-
Muut	507	-	-

Logististen haasteiden ja potentiaalisten keräilyreittien arvioimiseksi tehtiin listaus kalayrityksistä, joiden arvioitiin tuottavan merkittäviä tai erittäin merkittäviä määriä sivujakeita ja

sijoiteltiin yritykset kartalle. Apuna käytettiin Ruokaviraston listaa kala-alan laitoksista (Ruokavirasto 2020a). Sivuvirtoja oletettiin syntyvän laitoksissa, jotka ilmoittivat perkaavansa, fileoivansa tai ottavansa mekaanisesti talteen kalanlihaa. Sivujakeiden määrää arvioitiin yritysten kotisivuilta ja yritystietojärjestelmästä saatujen tuotantoa, liikevaihtoa ja henkilöstömäärää kuvaavien tietojen avulla (kuva 5). Kartan avulla voidaan hahmottaa karkeasti, missä sivujakeita syntyy suurempia määriä ja minkälaisia mahdolliset sivujakeiden keräilyreitit voisivat olla.



**Kuva 5. Merkittäviä ja erittäin merkittäviä** sivujaemääriä tuottavat kala-alan laitokset arvioituna tuotannon laadun ja liikevaihdon perusteella.

### 2.2.2. Vähäarvoinen kala

Suomen rannikko- ja sisävesissä elää suuri määrä runsaslukuisia ja vajaasti hyödynnettyjä, vähäarvoisia kaloja. Tähän ryhmään kuuluvat mm. särkikalat, kuore, pikkuaahvenet, kiisket ja rannikkovesissä kolmipiikki. Silakka- ja kilohailikantoja hyödynnetään tehokkaasti, mutta niiden elintarvikekäyttöä voitaisiin lisätä moninkertaiseksi, jos vain olisi kysyntää markkinoilla. Myös muikkua voitaisiin hyvinä muikkuvuosina käyttää elintarvikkeena paljon nykyistä enemmän. Vähäarvoinen kala valittiin tarkasteltavaksi, vaikka se ei varsinaisesti tuotannon sivujae olekaan. Sillä on paljon potentiaalia niin elintarviketuotannossa kuin muussakin hyötykäytössä.

Särkikaloja, kuoretta ja silakkaa syötiin Suomessa aiemmin paljon, mutta 1900-luvun lopulla viljellyn lohien ja kirjolohien tarjonnan runsastuessa ja niistä valmistettujen tuotteiden halvennuksessa pienten parvikalojen käyttömäärät vähenivät nopeasti. Silakka sai köyhäinruoan ja särkikalat roskakalan maineen. Samalla särkikalojen määrä lisääntyi runsaasti rehevöityneissä ja ilmastomuutoksen vuoksi lämmenneissä vesissä. Särkikalojen runsastumisen myötä myös niiden saalismäärä kasvoi. Tämä kasvatti ammattikalastuksen kustannuksia, sillä vuosikymmeniä särkikaloilla ei ollut mainittavaa kysyntää tai markkina-arvoa.

1970-luvulla kiinnostuttiin vesienhoidollisesta hoitokalastuksesta, jossa pyrittiin poistamaan vesistä suuria määriä särkikaloja vesien ravinteisuuden vähentämiseksi. Tämä perustui siihen, että särkikalat vapauttavat järven pohjasta ravinteita tonkiessaan sieltä ravintoa. Lisäksi poistettu kalabiomassa sisältää runsaasti ravinteita, mm. usein minimiravinteena toimivaa fosforia. Hoitokalastus on yleistynyt vuosikymmenestä toiseen, mutta saaliskaloille ei ole ollut juuri muuta hyötykäyttöä kuin käyttö turkiseläinten rehun raaka-aineena.

2010-luvulla särkikalojen käyttö elintarvikkeena alkoi yleistyä uudelleen lähinnä ajan trendien, kuten lähiruoan, ekologisuuden ja ilmastomuutoksen hillinnän, mukana. Kun aiemmin kiinnostus särkikaloihin oli keskittynyt lähes yksinomaan vesienhoidollisiin kysymyksiin, nyt paneuduttiin särkikalojen elintarvikekäytön edistämiseen. Usea tuottaja oli jo aiemmin tuottanut särkikalosta pieniä määriä erinomaisia säilykkeitä, mutta niiden hinta nousi pientuotannossa niin korkeaksi, että se piti tuotannon pienenä. Useissa kehittämishankkeissa kokeiltiin kalapihvien valmistamista suurkeittiöille ruodottomasta särkikalamassasta. Ne saivat pääsääntöisesti hyvän vastaanoton, sillä särkikalat ovat sinänsä maukkaita. Särkikalojen käytön kannalta ongelmana on ollut ennen kaikkea ruotoisuus ja rehevistä vesistä kesäaikaan pyydytyissä särkikalossa usein esiintyvä ”mudan maku”, joka aiheutuu aktinobakteerien (aiemmin käytettiin nimitystä sädesieni) tuottamasta geosmiini-yhdisteestä (Lindholm-Lehto 2018). Pyytämällä särkikalat viileän veden aikaan ja poistamalla ruodot kalamassan valmistuksessa, särkikalosta saadaan maistuvia kalapihvejä ja -pullia (Yrjölä 2015).

Vuonna 2011 eduskunta myönsi rahaa Suomenlahden ja Saaristomeren poistokalastukseen ja kolmen sisävesijärven (Lokka, Säskylän Pyhäjärvi ja Onkamojärvi) hoitokalastukseen, lisäksi Maa- ja metsätalousministeriö (MMM) myönsi rahoitusta Pohjanlahden poistokalastukseen. ELY-keskuksen kanssa särkikalojen poistosopimuksen tehneet kalastajat saivat poistetuista särkikalakiloista noin 40 sentin ympäristöpalkkion kilolta, mikä mahdollisti särkikalojen ammattimaisen pyynnin. Valtio maksoi poistokalastuksesta ympäristöpalkkiota vuosina 2011–2014, minkä jälkeen John Nurmisen säätiö jatkoi toimintaa sopimuskalastajaverkoston avulla vuodesta 2015 eteenpäin. Säätiö maksoi kalastajille 53 senttiä särkikalakilolta fosforin poistopalkkiota. Merialueella särkikalojen poisto onkin perustunut tähän asti paljolti ympäristöperustein maksettavaan pyyntitukeen. Fosforin poistopalkkio on ollut kuitenkin hyvin perusteltu, sillä sen on arvioitu olevan edullisin tapa poistaa fosforia Itämerestä. Sisävesillä suuri osa särkikalojen jatkojalostuksesta on jo pitkään tapahtunut markkinaehtoisesti. Esimerkiksi isolla särjellä on ollut niin hyvä menekki, että siitä on maksettu kalastajille parhaimmillaan reilusti toista euroa kilolta.

Suuret ja melko vakaat särkikalasaaliit mahdollistivat myös koneellisen kalankäsittelyn ja teollisesti valmistettujen suoraan kuluttajille suunnattujen särkikalaeinespihvien tuotannon. Apetit toi kuluttajamarkkinoille pääosin Säskylän Pyhäjärven särki- ja ahvenmassasta valmistetun Järvikalapihvin vuonna 2016. Keväällä 2017 Kesko lanseerasi kuluttajamyyntiin niin ikään Säskylässä valmistetun Pirkka Saaristolaiskalapihvin, joka oli valmistettu merialueen lahnasta. Sitä seurasi mm. Apetit Järvikalapuikko ja Särkisen kalapyörykät, joissa käytettiin raaka-aineena kotimaista särkeä vaihtelevia määriä. Näiden lisäksi markkinoille tuli särkikalaja hyödyntäviä valmisruoka-annoksia, mm. Helsingin kalatalolta Villikalapihvi ja Rantakalapyörykät, joissa molemmissa hyödynnettiin lahnaa, särkeä ja sulkavaa. HK Scanilta tuli 2018 markkinoille Särkipullat ja Hätälältä Onkimiehen kalapihvi, joka tehtiin osin lahnasta. Myös säilyketuotanto oli monipuolistunut mm. uudentyyppisillä Järki Särki -tuotteilla, joista eräs valittiin Elintarviketeollisuusliiton järjestämän Vuoden Suomalainen Elintarvike 2016-kilpailun finaaliin ja tuotteet saivat siten paljon positiivista julkisuutta. Seuraavina vuosinakin lanseerattiin innovatiivisia uusia ja palkittuja särkikalatuotteita, kuten vuoden 2019 S-ryhmän Suomalainen Menestysresepti-kilpailuun osallistunut SärkiFood Oy Särvin Original ja Särvin Texmex-lahnajauhelihatuotteet sekä vuonna 2020 Pielisen Kalajaloste Oy:n tonnikalan korvaajaksi lanseerattu Luonnonkala rypsiöljyssä, joka on valmistettu lahnasta, säyneestä ja pasurista.

Uusivu-hankkeen alussa keväällä 2017 särkikalojen käyttö muuttui nopeasti, eikä muutosta osattu täysin ennakoida hanketta suunniteltaessa. Särkikalojen elintarvikekäytön lisäksi myös erilaisia särkikalojen hyväksikäyttöä edistäviä hankkeita syntyi nopeaan tahtiin. Uusivu-hankkeessa katsottiin, että eri hankkeiden, viranomaisten ja käytännön kalataloustoimijoiden välistä verkostoitumista ja tiedonvaihtoa tulisi parantaa.



Suomen sisävesien kestävä särkisaalispotentiaali on 80 % todennäköisyydellä 12–26 miljoonaa kiloa ja paras arvio on noin 19 miljoonaa kiloa (Ruokonen ym. 2019). Ahvenen saalispotentiaali vastaavasti on 6–12 miljoonaa kiloa ja paras arvio 9 miljoonaa kiloa. Saalispotentiaali arvioitiin suurimmaksi Etelä-Suomen rehevissä järvissä. Arvioimatta jäivät mm. muiden särkikalalajien ja kuoreen saalispotentiaalit, jotka ovat myös erittäin merkittävät. Etenkin kuoreella, lahnalla ja sulkavalla on suuri saalispotentiaali. Myös rannikkovesien särkikala- ja ahvenpotentiaali on suuri (Ruokonen ym. 2019). RKTL:n pilottihankkeessa (Setälä ym. 2012) rannikon särkikalojen biomassan arvioitiin, kaikuluotausten ja kalanäytteenoton perusteella, olevan karkeasti 50–60 miljoonaa kiloa.

Uusivu-hankkeessa tehtiin puhelintiedusteluna kartoitus vähäarvoisten kalojen jalostajien tuotannosta vuonna 2018. Kalanjatkojalostuksen tilastotiedustelu tehdään vain parittomina vuosina ja nyt haluttiin nähdä kehitys edellisestä vuodesta sekä selvittää jalostetuotannon jakautumista eri alueille. Kalakukon valmistusta ei sisällytetty tiedusteluun, ei myöskään puolisaalispotentiaaleja tai tuoreena myytävää tai savukalaa. Lähinnä pyrittiin selvittämään särkikaloista ja ahvenesta valmistettujen täyssäilykkeiden ja kalamassan valmistajien tuotantomäärät. Muista vähäarvoisista kaloista kuoretta jalostetaan kotimaassa vähän, mutta sitä viedään huomattavia määriä elintarvikkeeksi ulkomaille. Aivan kaikkia tiedossa olevia tuottajia ei tavoitettu, mutta melko tarkka arvio saatiin tehtyä (taulukko 10). Tuotantoarvio esitettiin Särkikalat ja kiertotalous-seminaarissa.

Taulukossa 10 esittämämme jatkojalostusmäärät ovat särkikalojen osalta moninkertaiset verrattuna kalanjalostuksen virallisiin tilastoihin vuosilta 2017 ja 2019. Ero saattaa johtua siitä, että kalamassan valmistusta, joka oli 2018 ylivoimaisesti tärkein särkikalojen jatkojalostusmenetelmä, ei mainita kalanjalostuksen tilastossa lainkaan, ja siksi se on saattanut jäädä ilmoittamatta. Toisaalta ahvenen kokonaisjalostusmäärä on taulukossa 10 esitettyyn verrattuna yli kolminkertainen, sillä ahvenjalosteista valtaosa on tuoreita tai pakastettuja fileitä. Myös särjen kokonaisjalostusmäärä oli todennäköisesti huomattavasti esittämäämme suurempi, sillä myös särkiä fileerattiin runsaasti etenkin ravintolamyyntiin.

**Taulukko 10.** Täyssäilykkeiden ja kalamassan tuotantoon vuonna 2018 käytettyjen särkikalojen ja ahventen määrät. Uusivu-hankkeen syksyllä 2018 tekemän puhelintiedustelun perusteella.

Kalalaji	Tuotantomäärä (t)	Muuta huomioitavaa
Särki	>350	Lisäksi mm. paljon fileetuohtantoa
Lahna	>300	Lisäksi mm. savustus
Sulkava	>100	Lähes kaikki onespnhvien ja -pullien tuotantoon
Ahven	>80	Lisäksi mm. tuoretuotteet, savustus ja ahvenkukot

Vuonna 2020 särkikaloista ja ahvenesta valmistettujen täyssäilykkeiden tuotantokapasiteetti kasvoi huomattavasti, sillä Suomen suurin vajaasti hyödynnettyjä kaloja käyttävä täyssäilykkeiden valmistaja Pielisen Kalatuote Oy otti vuonna 2019 käyttöön uuden purkituslinjaston, joka mahdollistaa tuotannon kymmenkertaistamisen.

### 2.2.3. Rapujauhon kehittäminen

Kotimaisten rapujen jatkojalostus on toistaiseksi ollut lähinnä rapujen keittämistä ja keitettyjen rapujen pakkaamista tuoremyyntiin tai pakasteiksi. Hankkeessa päätettiin kokeilla rapujauhon tuottamista keitetyistä pikkuravuista. Lisäksi kokeiltiin pakata keitettyjä pikkurapujen saksia ja pyrstöjä vakuumiin. Tästä kuitenkin luovuttiin, koska pakkaaminen vaati liiaksi käsityötä. Keitettyjen saksien ja pyrstöjen liemeen pakkaaminen olisi mahdollista.

Rapujen kulutus on aika vahvasti painottunut rapujuhliin, joissa on totuttu nauttimaan kokonaisrapuja. Pikkurapujen saksissa ja pyrstöissä on melko vähän syötävää, joten Suomessa kuluttaja ei ole kiinnostanut niiden syönnistä. On mahdollista, ettei myöskään pikkuravuista irrotettujen saksien ja pyrstöjen syönti kiinnostaisi. Aiemmin pikkurapujen kuorintaan on Suomessakin yritetty kehittää taloudellisesti kannattavaa kuorimakonetta, mutta siinä ei ole onnistuttu.

Tulimme siihen tulokseen, että yksinkertaisinta on kuivata ja sen jälkeen jauhaa keitetty pikkuravut kuorineen, jolloin saadaan monikäyttöistä ja hyvin säilyvää rapujauhoa, lisäksi säästyään kuorimisen kustannuksilta. Ajatuksena oli, että rapujauhoa voidaan käyttää monipuolisesti mausteen tavoin ja ainesosana esimerkiksi kalapihveissä ja -pyöryköissä. Sillä saattaisi olla käytötpotentiaalia myös ravintolisänä, sillä ravut sisältävät runsaasti mineraaleja, vahvaa antioksidanttia, astaksantiinia, tulehduksia hillitsevää kitiiniä ja geelilytyvää liukoista kuitua, kitosaania.

Pikkurapujen käyttö raaka-aineena perustuu siihen, että jotkut täplärapukannoistamme ovat kehittyneet saalistuoton kannalta liian tiheiksi. Ääritapauksissa merrassa voi olla jopa 50 pikkurapua, mutta vain yksi yli kymmenen sentin mittainen rapu. Ylitiheissä kannoissa rapujen kasvu heikkenee ravinnon puutteen vuoksi, ja myyntikokoisten, yli 10 cm, rapujen saalis jää potentiaalista saalistasoa pienemmäksi. Tällaisissa tilanteissa kannattaisi poistaa tehokkaasti pieniä rapuja vesistöistä. Pikkuravuille ei ole ollut hyötykäyttöä eikä ostajia, joten useimmiten ne on heitetty takaisin järveen. Myös viallisia isokokoisempia rapuja voi olla vaikea myydä, esimerkiksi puuttuvien saksien tai rapuruton aiheuttamien rumien kuorivaurioiden vuoksi. Rapujauhon raaka-aineeksi ne soveltuivat kuitenkin hyvin.

Kotimaisten täplärapujen määrä on tällä hetkellä hyvin rajallinen, mutta pienimittakaavaisen rapujauhotuotantoon (alle 5 tonnia jauhoa/v) määrä riittäisi. Ehkä jopa 20 tonnia pieniä ja saksivikaisia rapuja voitaisiin saada Suomesta kokoon (n. 6 t rapujauhoa), mutta se edellyttäisi varsin hyvin järjestettyä keräilyä. Ruotsin täplärapukannat ovat suomalaisiin verrattuna yli kymmenkertaiset, joten tuontiraaka-ainetta voisi löytyä läheltä. Myös Suomen kannat saattavat kasvaa vielä merkittävästi. Jauheen valmistukseen ja kauppaan syntyvän liiketoiminnan lisäksi myös kaupallisen ravustuksen ja rapujen keräilyn kannattavuus voisi parantua, jos nykyistä suurempi osa saaliista saataisiin myytyä.

Rapujauheen valmistuskokeiluun liittyvät yksityiskohdat on selostettu liitteessä 4.

### 3. Kasvissivujakeet

Avomaavihannessato oli vuonna 2020 185 miljoonaa kiloa ja kasvihuonevihannestuotanto 101 miljoonaa kiloa. Marjoja tuotettiin 18 miljoonaa kiloa ja omenaa 7 miljoonaa kiloa (Luke 2021). Tuoreiden kasvien kokonaishävikki ruokaketjussa on huomattava. Hävikki vaihtelee sekä paikallisesti että vuodenaikojen ja vuosien välillä.

Vihannesten alkutuotantoa ovat viljely, sadonkorjuu, kauppakunnostus ja pakkaaminen sekä toimittaminen joko jatkojalostukseen tai vähittäismyyntiin. Kasvien kuoriminen, pilkkominen ja muu jatkojalostus kuuluvat elintarvikehuoneistoon, josta on tehtävä ilmoitus. Porkkanan sivuvirtaa muodostuu pakkaamoissa lajittelun tuloksena, kuorimoissa sekä tuoreita ja prosessoituja porkkanatuotteita valmistavissa yrityksissä. Alkutuotannossa porkkanasivuvirtaa muodostui Pohjoismaissa 13–31 % tuotetusta määrästä, ja eniten sitä muodostui sadonkorjuun jälkeen. Kappaleessa 3.1. esiteltyyn kyselyyn vastanneissa 27 suomalaisessa yrityksessä sivuvirran määrästä puolet syntyi lajittelun yhteydessä. Tästä suurin osa, 42 %, syötettiin eläimille ja 37 % meni esimerkiksi kompostointiin (Hartikainen 2016).

Kuorimoiden sivuvirtoja voidaan käyttää rehuna, edellyttäen, että ne eivät sisällä multaa ja että mukana ei ole kasvitautien pilaamaa massaa. Kuorimassan laatu riippuu käytettävästä kuorintamenetelmästä. Yritykset voivat vähentää kasvissivuvirtojen ja biojätteen määrää uusilla tekniikoilla. Höyrykuorinnan merkittävin etu verrattuna ns. perinteiseen mekaaniseen kuorintaan, kuten karbo- tai veitsikuorinta, on huomattavasti parempi saanto. Tekniikka sopii suuriin tuotantolaitoksiin, pienille laitoksille investointi on liian kallis (Helsky ym. 2006).

Suomen marja- ja omenasadosta suurin osa päätyy kulutukseen tuoreena tai varastoinnin jälkeen ilman prosessointia. Ruokahävikkiä tapahtuu pilaantumisen ja laatuvirheiden vuoksi. Osa laatuvirheellisestä tai markkinakysynnän ylittävästä sadosta prosessoidaan mehuiksi tai hilloiksi. Erityisesti mehun puristuksen yhteydessä syntyvät sivuvirrat ovat merkittäviä suhteessa kasvisraaka-aineen määrään.

Suomen elintarvikeomavaraisuus kasvien tuotannon osalta vaihtelee omenan 29 %:sta porkkanan ja nauriin 92 %:iin. Vihannesten ja hedelmien kulutus on Suomessa vähäisempää kuin EU:ssa keskimäärin (Ruokatieto 2020). Porkkanaa tuotettiin Suomessa 81 miljoonaa kiloa ja omenaa 7 miljoonaa kiloa vuonna 2020 (Luke 2021).

#### 3.1. Kyselytutkimus kasvisalan yrityksille

Vuonna 2019 toteutettiin sivuvirtoihin liittyvä kysely kasvisalan toimijoille (liite 2). Kysely lähetettiin sähköpostitse 50 yritykselle. Kyselyyn vastasi 8 yritystä, jotka prosessoivat vihanneksia tai hedelmiä. Sivuvirtojen määrä vaihteli 17 tonnista 1500 tonniin. Tuotetut sivuvirrat olivat hedelmien ja kasvien kuoria, juuresten sivujakeita ja muita prosessoinnissa muodostuvia sivuvirtoja. Sivuvirtoja muodostui joko kausiluonteisesti (2 vastaajaa) tai ympäri vuoden (2 vastaajaa). Sivuvirroista ei valmistettu elintarvikkeita, vaan niitä käytettiin lemmikkien ruuassa (2 vastaajaa), lihakarjalle (1 vastaaja) tai riistalle (3 vastaajaa). Biokaasua tuotettiin kahden vastaajan sivuvirroista, muuten ne kompostoituihin, levitettiin pellolle tai laitettiin biojätteisiin. Kaksi yritystä oli ulkoistanut sivuvirtojen käsittelyn. Sivuvirrat varastoituihin omassa yrityksessä (4 vastaajaa), mutta kuljetus oli ulkoistettu (3 vastaajaa). Kustannuksia muodostui porttimaksuista, kuljetuksesta ja työstä. Tuottoja saatiin kasvissivuvirtojen toimittamisesta lemmikinruuan raaka-aineeksi ja maanparannusaineeksi. Yritykset olivat kiinnostuneita tai mahdollisesti kiinnostuneita sivuvirtojen hyödyntämisestä (4 vastaajaa).

## 3.2. Omenatuotannon sivujakeet

Englannissa on arvioitu, että omenasadosta menetetään 5–25 % tuotannon aikana, 8–29 % varastoinnin ja sitä seuraavan lajittelun aikana ja noin 10–20 % pakkaamisen, kauppaketjun ja kulutuksen yhteydessä (Terry ym. 2011). Kun poiminnan yhteydessä hylätystä tai varastoinnin jälkeisessä lajittelussa hylätystä omenasta osa prosessoidaan, hävikki vähenee merkittävästi (Terry ym. 2011). Kuluttajamyyntiin kelpaamattomiksi lajitellut laatuvirheelliset omenat käytetäänkin usein mehujen tai soseiden raaka-aineeksi. Paikallista omenamehuntuotantoa on Suomessa useilla paikkakunnilla. Koska omenamehuille saadaan pastöroimalla pitkä myyntiaika, mehustus pidentää paikallistuotteiden myyntiaikaa, mikä puolestaan ylläpitää markkinoita ja kuluttajayhteyksiä.

Globaalisti noin 25–30 % ja EU:ssa noin 20 % poimitusta omenasadosta prosessoidaan (Bhusan ym. 2008, Eurostat 2020). Mehuntuotantoon ohjaavia laatuvirheitä ovat väärä hedelmän koko tai muoto, heikko väritys, väärä kypsyyssaste tai erilaiset sääolojen tai tuholaisien aiheuttamat, lähinnä pintavioitukset. Joitakin omenalajikkeita kasvatetaan pääasiallisesti mehun tai mehusta käymällä valmistetun siiderin tuotantoon. Suomessa mehu- tai soseomenan viljely on harvinaista, mutta ylitarjonnan takia heikosti varastoitavien kesä- tai syyslajikkeiden satoa ohjataan joinakin vuosina mehuntuotantoon. Näin ollen omenamehun tuotanto on erinomainen esimerkki paikallisesta sivuvirtojen jatkojalostuksesta ja hävikin vähentämisestä.

Itse mehustuksesta jää 25–50 % puristemassaa, omenamäskiä (taulukko 12). Mäskiä syntyy sesonkiluontoisesti, kun omenat lajitellaan ja mehuomenoista puristetaan mehu. Tämä ajoittuu Suomessa pääasiallisesti elokuun ja helmikuun välille. Tarkkaa tietoa siitä, mikä osuus Suomessa vuosittain viljellystä 6–7 miljoonan kg omenasadosta päättyy mehuksi, ei ole. Jos 20 % kotimaisista omenoista mehustettaisiin, saataisiin 0,6–1 miljoonaa litraa mehua ja 300–700 tonnia tuoretta puristemassaa vuosittain. Omenamehun tilastoitu kokonaistuotanto Suomessa on noin 15 miljoonaa litraa (Eurostat 2018), mutta suurin osa tästä valmistetaan tuontiomenasta tai tiivisteestä.

Omenamäskiä käytetään jonkin verran maanparannusaineena ja rehuna, mutta muu hyödyntäminen on vähäistä. Tuore mäski, pilaantuu nopeasti, sillä sen vesi- ja sokeripitoisuudet sekä entsyymaattinen aktiivisuus ovat korkeita. Mäskin kuiva-ainepitoisuus vaikuttaa siihen, miten sitä kannattaa jatkojalostaa. Kuiva-aineen osuus riippuu tuotantoteknologiasta ja raaka-aineen laadusta (lajike, kypsyyss). Kuivatuksessa tavoitteena on alle 10 %:n vesipitoisuus. Korkea kuivauslämpötila parantaa hygieniaa, mutta heikentää bioaktiivisuutta. Kuivauksen sijasta jatkokäsittelyinä voivat olla paseeraus ja pastörointi sekä kylmä- tai pakkassäilytys (taulukko 11).

**Taulukko 11.** Omenamehun tuotannossa syntyvän puristemassan koostumus (muokattu An-  
tonic ym. 2020, Skinner ym. 2018).

	Koostumus	Osuus kuiva-aineesta (%)
Solukko	Hedelmäliha ja kuoret	n. 95
	Siemenet	2–4
	Kannat	1
Ainesosa	Hiilihydraatit	48–85
	- yksinkertaiset sokerit	n. 35
	- ligniini ja selluloosat	n. 35
	- pektiini	4–15
	Proteiinit	3–6
	Rasvahapot ja vahat	1–7
	Polyfenoliset yhdisteet	1
	Mineraalit	1

Omenamäskin käsittelykokeet on selostettu liitteessä 3.

### 3.3. Porkkanan jalostuksen sivujakeet

Perunoiden ja juuresten kuorintaa tekevät tilakuorimot omasta sadostaan tai kuorimoyritykset ostamistaan raaka-aineista. Kuorimassaa muodostuu paljon, jopa puolet kuorittavan raaka-ai-  
neen määrästä ja sitä voidaan käyttää elintarviketuotantoeläinten, hevosten tai riistaeläinten  
rehuna tai kompostoinnin jälkeen maanparannusaineena. Kompostoinnin avulla tuhoetaan  
mahdolliset kuorimassan sisältämät kasvitaudit ja rikkakasvien siemenet sekä parannetaan ra-  
vinteiden käyttöä (Lehto ym. 2007).

Pestyjen porkkanoiden kuorissa on todettu hyvin vaihtelevia mikrobimääriä (Mäki 2006). Ky-  
seisen tutkimuksen porkkananäytteet (N = 26) oli otettu viljelijöiltä syksyllä 2005 ja ne oli va-  
rastoitu MTT:n varastossa. Mikrobimääritykset tehtiin syksyllä, talvella ja keväällä. Koliryhmän  
bakteerien määrät vaihtelivat välillä  $6 \times 10^1$ – $3,8 \times 10^5$  pmy/g (pmy = pesäkettä muodostavaa  
yksikköä), enterobakteerien välillä  $3 \times 10^1$ – $6,0 \times 10^4$  pmy/g, kokonaispesäkeluku välillä  $4,6 \times$   
 $10^4$ – $1,6 \times 10^7$  pmy/g sekä psykrotrofisten eli kylmähakuisten mikrobien määrä välillä  $1,9 \times 10^4$ –  
 $1,8 \times 10^7$  pmy/g. Mikrobimäärien keskiarvo nousi hiukan varastoinnin aikana (Mäki 2006).

Ruokaviraston ohjeen mukaan yersiniabakteerin aiheuttamien ruokamyrkytys-epidemioiden  
vuoksi porkkanan laatuun kiinnitetään erityistä huomiota. Edellisen vuoden raakaa porkkanaa  
ei saa sekoittaa kokonaisuena, raasteena eikä pilkottuna uuden sadon porkkanan joukkoon. Pi-  
laantuneet porkkanat tulee poistaa muiden porkkanoiden joukosta ennen porkkanoiden kuo-  
rimista, raastamista, pakkaamista tai muuta käsittelyä. Porkkanat on pestävä runsaalla vedellä,  
ja pestyt ja kuoritut porkkanat tulee huuhdella puhtaalla vedellä ennen pakkaamista. Kuumen-  
nus tuhoaa yersiniabakteerin, ja mikäli porkkanat tarjoillaan kuumentamatta, säilytysajan ennen  
käyttöä tulisi olla mahdollisimman lyhyt (Ruokavirasto 2021).

## 4. Sivutuotteiden käsittelymenetelmät ja tekniikat

Elintarviketuotannon sivujakeet ovat helposti pilaantuvia. Ne on käsiteltävä nopeasti niiden muodostumisen jälkeen ja pidettävä kylmässä. Erilaisia reunaehtoja elintarviketeollisuuden sivujakeiden käytölle asettavat lainsäädäntö, käytettävyys ja hyötykäytön kannattavuus. Sivujakeiden hyödyntämisessä on liiketoimintamahdollisuuksia, kun kaikki nämä kolme reunaehto täyttyvät. Materiaali voi olla käytettävissä sellaisenaan tai lainsäädännön ehtojen mukaisesti käsiteltynä (Välikangas 2017). Elintarviketuotannon sivujakeiden käytettävyyteen vaikuttavat mm.:

- Sivujakeiden ominaisuudet, saatavuus, määrä ja laatu
- Yrityksen sijainti ja etäisyydet sivujakeita hyödyntäviin yrityksiin
- Hyödyntämismahdollisuudet ja -vaihtoehdot
- Yrityksen resurssit
- Keräily- ja kuljetusmahdollisuudet
- Olemassa olevat laitteistot
- Kylmäsäilytys-/pakastuskapasiteetti

Liiketoimintamahdollisuuksien tunnistamisessa arvioidaan erityisesti taloudellista kannattavuutta, mutta myös ympäristönäkökohdat ja hiilijalanjälki voivat olla kannattavuuden kriteerejä (Välikangas 2017).

Sivutuotteiden käsittelyprosessit voidaan jaotella mekaanisiin (murskaus, jauhatus, suodatus), termokemiallisiin (pyrolyysi, kuivaus), kemiallisiin (hapotus) ja biologisiin (fermentointi, mädäytys) menetelmiin. Biomassasta voidaan eri tekniikoilla ja uuttamalla erottaa esim. polysakkariideja ja muita uuteaineita, joita voidaan edelleen jalostaa hienokemikaaleiksi, lääke- ja bioaktiivisiksi komponenteiksi.

Selluloosa- ja ligniinipitoista biomassaa voidaan jalostaa biopolttoaineiksi esimerkiksi termokemiallisesti. Tulevaisuuden uusiutuvia liikenteen polttonesteitä voidaan valmistaa useista toisiaan täydentävistä raaka-ainelähteistä ja erilaisilla teknologioilla. Suomessa etanolia tuotetaan elintarviketeollisuuden sivuvirroista ja uusiutuvan dieselin laitokset käyttävät raaka-aineena huomattavia määriä eläinrasvoja sekä rehuvalkuaistuotannon sivutuotteena syntyvää rypsiöljyä, jolla ei ole markkinoita ruokaketjussa (Kuisma 2011).

### 4.1. Mekaanisia ja termokemiallisia menetelmiä

#### 4.1.1. Nesteen erotus

Nesteen ja kuivajakeen erotusprosesseja on lukuisia, ja ne voidaan jakaa toimintaperiaatteeltaan kolmeen ryhmään:

- Eroteltavien ominaispainoeroihin perustuvat menetelmät (linkous)
- Partikkelikokoon perustuvat menetelmät (seulat, suotonauhat, ruuvikuivaimet, kalvotekniikat)
- Haihdutus ja kuivaus

Kasvis- ja omenamehun puristuksessa käytettäviä laitteita voidaan hyödyntää myös sivuvirtojen prosessoinnissa. Puristuslaitteita ovat esimerkiksi hihnapuristimet, hydrauliset pakkapuristimet, pneumaattiset, joko ilmalla tai vedellä toimivat, puristimet, ruuvipuristimet ja

valssipuristimet. Puristimien lisäksi käytetään nestejakeen kirkastamiseen sentrifugeja. Ennen puristamista kasvisten partikkelikokoa on pienennettävä. Saantoa voidaan parantaa myös entsyymikäsittelyillä (Horne-Ekman 1997).

Linkoamisessa (sentrifugoinnissa) hiukkasiin kohdistetaan pyörivän rummun aiheuttama keskipakovoima. Linkousta pidetään tehokkaana mekaanisena kuiva-aineen erotusmenetelmänä. Dekantterilinkoja käytetään laajasti teollisuudessa.

Ruuvikuivaimen toiminta perustuu pyörivän ruuvin muodostamaan nesteen paineeseen. Kuivaimessa on lieriömäinen seula, jonka sisällä pyörivä ruuvi työntää ja puristaa massaa ja pakottaa sen sisältämän nesteen seula-aukkojen kautta ulos (Luostarinen ym. 2011).

#### 4.1.2. Kuivaus

Kuivaaminen säilytyskeinona perustuu siihen, että mikrobit tarvitsevat kasvamiseensa vettä. Kuivaamalla elintarvikkeen vesipitoisuutta alennetaan (esimerkiksi marjoilla noin 90 prosentista 15 prosenttiin), jolloin pilaajamikrobien kasvamahdollisuudet heikkenevät. Kuivattaessa raaka-aineesta haihdutetaan lämmön avulla vettä, joka sitten siirretään pois esimerkiksi ilmapirran avulla. Yhden vesikilon haihduttamiseen tarvitaan noin 4,2–5,0 MJ eli 1,2–1,4 kWh energiaa (Saarela ym. 2004). Veden ominaislämpökapasiteetti on 4,2 kJ/(K·kg). Toisen lähteen mukaan yhden vesikilon haihduttamiseen tarvitaan energiaa 2,29 MJ eli 0,63 kWh (542 kcal). Kuivumistapahtuma on eri raaka-aineille erilainen, joten kunkin raaka-aineen kuivumiskäyttäytyminen täytyy selvittää kokeiden avulla (Hämäläinen 2007).

Eri raaka-aineet kestävät kuivaamista eri tavoin. Lämpötilan kanssa tulee olla tarkkana, jotta tuote palautuu liotettaessa ja myös maku, väri, rakenne ja ravintoarvo säilyvät. Kuivattavan materiaalin koko vaikuttaa kuivumiseen.

Kuivausmenetelmän valinta perustuu tuotteen laatuvaatimukseen, raaka-aineen ominaisuuksiin ja taloudellisiin tekijöihin. Kuivauksen vaatima energia riippuu kuivaustavasta. Ilmalämpöpumppu ja/tai kondensoiva kuivain kuluttaa vähiten sähköä (Männistö 2018). Energiakustannuksissa voidaan säästää hyödyntämällä yrityksessä muodostuvaa hukkalämpöä, luonnollista ilmanvaihtoa tai aurinkoenergiaa.

Kuivaamiseen on kehitetty toimintaperiaatteiltaan erilaisia laitteita (Hämäläinen 2007, Jankkila 2007). Kasvisten kuivaamista varten on testattu ja kehitetty laitteita, joiden soveltuvuutta sivuvirtamassojen kuivaamiseen ei aina tunneta. Sivuvirrat eroavat muusta kasvimateriaalista säilyvyyden, kosteuden ja rakenteen suhteen. Esimerkiksi omenamäski on helposti pilaantuvaa ja kosteaa, joka tarttuu helposti teräspintoihin. Laitteinvestoinnin kannalta olisi tärkeää, että käyttöaste olisi riittävä ja käyttökustannukset edullisia. Kosteutta voidaan poistaa ennen kuivaamista mekaanisesti ja käyttämällä apuna esim. soluseinämiä hajottavia entsyymejä. Juuresten, kuten porkkanan, sivuvirtojen kuivaaminen on helpompaa, kun porkkanat ja kuoret on murskattu ensin pienempään kokoon. Elintarviketeollisuudessa käytetään ennen kuivausta joko hihna- tai ruuvipuristimia veden poistamiseksi. Laitteita ja niiden käyttökokemuksia on hyvin saatavilla.

Kuivattavan materiaalin hygieeninen laatu määrittää lopputuotteen käyttösovellukset. Ennen kuivausta tai kuivauksen aikana tehty kuumennuskäsittely parantaa hygieenistä laatua. Myös kemiallisesti voidaan parantaa laatua mm. lisäämällä säilöntäaineita tai laskemalla pH:ta. Muita hygieeniseen laatuun vaikuttavia tekijöitä ovat mm. raaka-aineen puhtaus, kuivauksen kesto, laitteiston hygienia ja kylmäsäilytys ennen kuivausta. Kuivaamisen jälkeen lopputuote

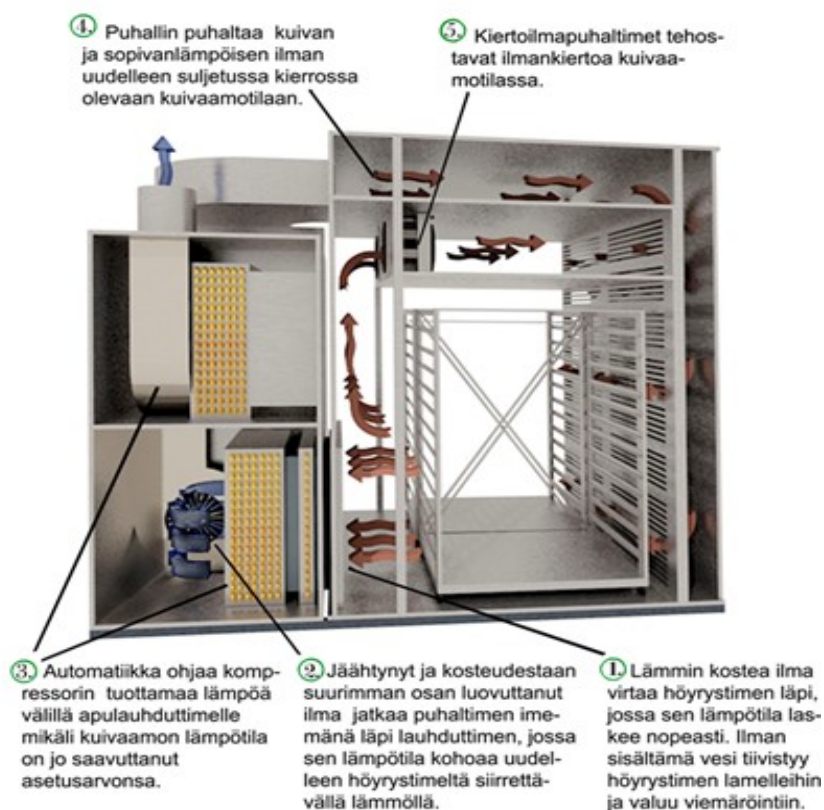
varastoidaan joko sellaisenaan tai jauhattuna. Pakkausten olisi oltava sellaisia, joissa ei muodostu kosteutta pakkauksen sisälle; parhaiten sopii paperisäkki tai -pussi.

Ilmakuivauksessa veden höyrystämiseen tarvittava energia tuodaan kuivattavaan materiaaliin sekä haihtunut vesihöyry viedään pois ilman avulla (Männistö 2018). Kondenssikuivauksessa ilmaan tuleva kosteus tiivistetään vedeksi. Lämminilmakuivaus on nopeampi tapa, kuin kondensoiva kuivaus, ja korkeamman lämpötilan ja nopeuden ansiosta hygieeninen laatu on parempi. Kondenssikuivaus on energiatehokkaampi menetelmä lämminilmakuivaukseen verrattuna.

**Kaappikuivaimet** ovat panostoimisia, ja niillä voidaan kuivata materiaalia 2 000–20 000 kg päivässä. Kuivaimen rakenne on yksinkertainen ja edullinen. Teollisuuskäyttöön tarkoitetut kaappikuivurit koostuvat yksiköistä, joiden teräsverkosta valmistetuille hyllyille kuivattava materiaali sijoitetaan. Ilma kiertää hyllyjen välissä ja alapuolella (Berk 2009).

Kondenssikaappikuivaamon periaate on esitetty kuvassa 6.

### Kondenssikuivaamon havainnepiirros



**Kuva 6.** Kondenssikuivaamo (suomenpuhdasilma.fi). Kondenssikuivauksessa vesihöyryä ei poisteta ilmanvaihdolla vaan se tiivistetään vedeksi.

**Rumpukuivaus** on energiatehokas menetelmä korkeaviskoosisten nesteiden ja soseiden kuivaamisessa. Menetelmä perustuu materiaalin kuivaamiseen ohuena kerroksena lämmitettyjen pyörivien rumpujen pinnalla (Drum Drying Resources 2014).

Rummun sisällä puhalttaa kuuma ilma ja pyörivä rumpu pudottaa esimerkiksi omenamäskin kuumaan ilmavirtaan. Samalla kuivattava tuote siirtyy eteenpäin rummussa.



Rumpukuivauslaitteissa lämpöä voidaan tuottaa kiinteistä polttoaineista, kaasusta tai nesteistä. Laitteinvestoinnit ja niiden kapasiteetti kannattaa hyödyntää mahdollisimman monipuolisesti.

**Pakkas- ja kryogeenisessä kuivauksessa** tuote jäädytetään ja kuivataan alennetussa paineessa. Jäädyttäminen tapahtuu hyvin nopeasti, jotta tuotteeseen ei muodostu jääkiteitä. Kuivausprosessissa paine lasketaan jään sublimoitumisen estämiseksi (Cardoso–Canovas & Vega–Mercado 1996).

Kryogeenisessä pakastamisessa jäähdytykseen käytetään nestemäisiä kaasuja, esimerkiksi typpeä ja hiilidioksidia. Nestemäinen typpi kiehuu  $-196\text{ °C}$ :ssa. Kun typpi kiehuu eli lämpiää, se sitoo lämpöä eli luovuttaa kylmää. Typpi on hyvä elintarvikkeiden pakastamiseen, koska se on mautonta ja hajutonta, eikä se sisällä myrkyjä ja on lisäksi inerttiä. Nestemäisen typen avulla elintarvikkeiden pakastaminen on nopeaa ja tehokasta. Nestetyppi voidaan esimerkiksi suihkuttaa alipaineistetussa tunnelissa jäädytettävään materiaaliin.

**Spray-kuivausta (sumutuskuivaus)** käytetään nestemäisten raaka-aineiden kuivaamiseen. Neste sumutetaan kuumana ilmavirtana, ja tuote kuivataan joko kuumassa ilmassa tai kuumilla valsseilla (Hyvönen ym. 2005). Neste haihtuu spraykuivauksessa nopeasti, ja vaikka tuote lämmitetään  $90\text{--}100\text{ °C}$  lämpötilaan, kuivumisen aiheuttamat vauriot ovat vähäisiä lyhyestä kuivausajasta (1–20 s) johtuen (Hui ym. 2004).

### Kuivausesimerkkejä

*Esimerkki 1.* Mehunpuristuksessa omenaraaka-aineesta saadaan arviolta 50–70 % mehua. Luksessa tehdyissä kokeissa tuoreen omenamäskin kuiva-ainepitoisuus vaihteli välillä 18–20 %. Korkein kuiva-ainepitoisuus oli yhden yrityksen näytteessä, jopa 28 %.

Omenamäskiä kuivattiin VegeDryer-200-kondenssikuivauslaitteella (Suomen Ykkösmymälät Oy, Suomi). Mäskin kuiva-ainepitoisuus oli alussa noin 19 % ja kuivauksen lopussa kosteuspitoisuus oli välillä 12–14 % (taulukko 12). Jos energian hinta on 11 snt/kWh, 15,75 kg:n kuivaus maksoi 5,50 €, eli yhden kuivan tuotekilon kuivaukseen käytetty energia maksoi noin 35 snt (taulukko 12).

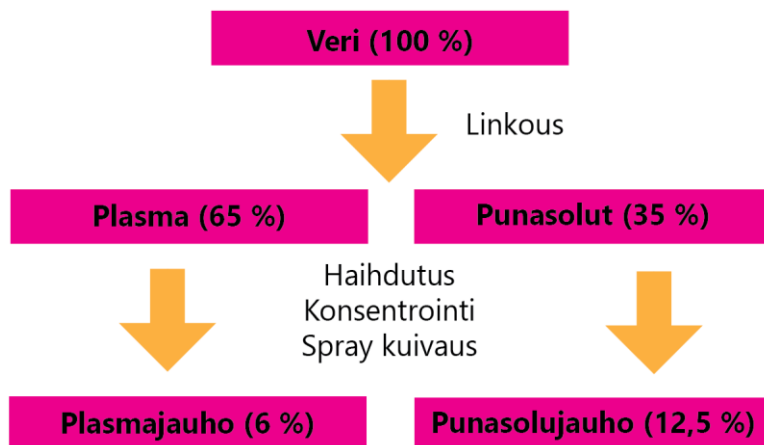
**Taulukko 12.** Omenamäskin kuivaustestin tulokset.

Laite	Tuote	Määrä (kg)	Aika (h)	Energia (kWh)	Poistunut vesi (l)	Kuiva-aine (kg)
VD-200	Omena-puriste	75	20	50	57	15,75

*Esimerkki 2.* Rapujauhon tuotantokustannuksia arvioitiin karkeasti pienimuotoisessa tuotannossa olettaen, että se tuotetaan kalliilla, mutta parhaan tuotelaadun takaavalla kylmäkuivaustekniikalla. Arviossa päädyttiin omakustannushintaan 85 €/kg. Tuotantoprosessia hiomalla pientuotannossa voitaisiin päästä noin 50 euron kilohintaan.

Rapujen ostohinnaksi oletettiin 10 €/kg. Jo pelkästään siitä tulee jauholle hintaa 34 €/kg, koska jauhoa saadaan vain 29 % rapujen tuorepainosta. Lisäksi siitä vain n. 60 % on gourmet-laatuista mietoa jauhoa. Korkeiden tuotantokustannusten vuoksi kaupallista potentiaalia on lähinnä mausteena tai lisäravinteena, ehkä myös eläinten erikoisrehuissa.

*Esimerkki 3.* Tuotantoeläinten verta voidaan käsitellä koaguloimalla ja kuivaamalla tai linkoamalla plasma ja punasolut erilleen ja tämän jälkeen kuivaamalla, jolloin saadaan plasma- ja hemoglobiinijauhetta (kuva 7).



**Kuva 7.** Veren käsittelyvaiheet ja tuotteet

#### 4.1.3. Poltto, pyrolyysi, paahtaminen

Eläinperäisten sivutuotteiden polttamiseen tarvitaan aina lupa. Kokonaisten raatojen polttamiseen sovelletaan sivutuoteasetusta (1069/2009). Luvan polttamiseen antaa kunnaneläinlääkäri. Teurasjätteiden polttoon sovelletaan jätteenpolttoasetusta (362/2003). Polttolaitoksessa voidaan polttaa luokkaan 2 kuuluvia sian, siipikarjan, turkiseläinten, ja kalojen kokonaisraatoja. Lampaiden, vuohien ja nautojen poltto on myös mahdollista, mutta silloin poltolle asetetaan lisävaatimuksia. On mahdollista, että polttolaitokseen liitetyllä murskaimella tai myllyllä murskattu ruho syötetään suoraan uuniin poltettavaksi. Mikäli polttolaitos sijoitetaan maatalon yhteyteen, voi siinä polttaa ainoastaan kyseisen tilan raatoja. Jätteenpolton asetukset ovat tiukat ja vaativat käytännössä savukaasujen puhdistuslaitteiston ja jatkuvia mittausrakenteita (Lehto ym. 2015).

Pyrolyysi, eli kuivatilaus on orgaanisen aineksen hajottamista termisesti alipaineessa, inerteissa olosuhteissa (Hwang ym. 2007). Pyrolyysi on palamisen toinen vaihe polttoprosesseissa kuivumisen jälkeen. Pyrolyysissä biomassaa lämmitetään nopeasti pyrolyysilämpötilaan 400–1000 °C vähähappisissa olosuhteissa. Loppujakeina muodostuu pyrolyysikaasuja, biohiiltä ja bioöljyä.

Paahtaminen (torrefaction) on kevyempi prosessi kuin pyrolyysi, siinä biomassaa muunnetaan hiilimäiseksi materiaaliksi kuumentamalla 200–320 °C:n lämpötilassa. Lopputuotteella on paremmat polttoaineominaisuudet kuin alkuperäisellä biomassalla.

Hankkeessa tehtiin polttoon liittyvä opinnäytetyö: Mika Monola 2019. Eläinperäisten sivutuotteiden poltto, Savonia-ammattikorkeakoulu (liite 5).

## 4.2. Kemiaalisia menetelmiä

### 4.2.1. Hapotus ja uutto

Kaloja ja kalanjalostuksen sivutuotteita säilötään hapolla etenkin silloin, kun raaka-aineet syntyvät hajautetusti eikä muuta nopeaa säilöntäkeinoa ole. Suomessa happosäilöttiin 1980–1990-lukujen taitteessa silakkaa lähinnä turkiseläinten rehuksi. Rehukalan happosäilöntä on Suomessa vähentynyt, mutta mm. Norjassa kalan happosäilöntä on yleistä ja laajamittaista. Happosäilöntää varten kala on jauhettava, jotta pilaantuminen ei pääse käynnistymään liian suureksi jääneissä partikkeleissa. Kalan ja perkeiden joukkoon lisätään useimmin muura-haishappoa 2–4 %. Muura-haishapolla säilöittäessä massan pH:n tulisi olla 3,7–3,8 (Vielma ym. 2013).

Vaikka bakteeritoiminta happosäilönnässä hidastuu, pH on otollinen monille kalassa esiintyville kudoksia hajottaville entsyymeille. Erityisesti pepsiinit ja katepsiinit hydrolysoivat kudoksia juoksevaksi massaksi, johon syntyy runsaasti proteiinien pilkkoutumistuotteita dipeptidejä, peptidejä ja vapaita aminohappoja. Hajoaminen etenee niin, että yhä suurempi osa proteiineista pilkkoutuu vapaiksi aminohapoiksi, joista voi vapautua ammoniakkaa. Tämä heikentää massan ravitsemuksellista laatua. Reaktio on nopeampaa lämpimässä, mutta alle 5 °C:ssa massan nesteytyminen voi olla hyvin hidasta. Happosäilöttyä kalaa voidaan lisätä rehuvalmistuksen yhteydessä rehuun nestemäisenä tai kalajauhoksi kuivattuna (Vielma ym. 2013).

Happosäilöttyä kalaa voidaan tuottaa myös fermentoimalla. Fermentointi käynnistetään lisäämällä jauhettuun kalamassaan sokereita sisältävää raaka-ainetta, kuten melassia. Fermentointi ei ole yleistä suurten määrien säilöntämenetelmänä. Sen eduiksi on, erityisesti trooppisissa maissa, ilmoitettu halvemmat tuotantokustannukset, edullisten hiilihydraattilähteiden saataavuus sekä fermentointia suosiva lämmin ilmasto (Vielma ym. 2013).

Porkkanakuorimoiden sivuvirtoja voidaan säilöä maitohappokäymisellä tai suoralla happoli-säyksellä, jolloin kuorimassan pH laskee tasolle, joka estää haitallisten mikrobien kasvua (Lehto ym. 2007). Laboratoriokokeissa muura-haishapolla saatiin vähennettyä tuoreen porkkanasivuvirran pilaantumista ja vesiliukoisten sokereiden hajoamista samalla kun maitohappokäyminen väheni ja etanolin tuotanto lisääntyi. Maitohappobakteerien lisäyksellä ei saatu parannettua laatua kontrolliin verrattuna (Rinne ym. 2019).

Uuttaminen on kemiallinen erotusmenetelmä, jossa haluttu aine voidaan erottaa liuoksesta aineen liukoisuusominaisuuksien perusteella. Biomassan prosessointiin ja rikastukseen on olemassa erilaisia vaihtoehtoja ja useat suomalaiset tutkimuslaitokset ja yritykset tarjoavat osastamistaan ja laitteitaan tähän tarkoitukseen (Favén & Rainosalo 2014). Marjamehujen valmistuksessa syntyvistä sivuvirroista suurin osa on puristemassaa, jota hyödynnetään fraktioimalla ja uuttamalla siemenöljyä. Ylikriittinen hiilidioksiduutto on ainoa toimiva menetelmä marjojen siemenöljyjen erottamiseksi. Siemenöljyjen mekaanista puristusta on kokeiltu Suomessa, mutta öljyä ei ole pystytty erottamaan tehokkaasti (Roininen & Morkila 2007).

## 4.3. Biologisia menetelmiä

Sivuvirtojen esikäsitteilyn tai prosessoinnin osana voidaan käyttää erilaisia biologisia käsittelymenetelmiä. Entsyymejä käytetään useilla teollisuuden aloilla ja myös elintarviketeollisuudessa. Kaupallisia entsyymejä voidaan eristää mikrobien ohella myös kasveista ja eläinmateriaaleista. Entsyymejä käytetään polymeerien pilkkomiseen, synteeseihin ja raseemisten seosten

puhdistamiseen. Maataloudessa rehuteollisuus on jo pitkään käyttänyt entsyymejä lisäaineena polymeerien hajottamiseen, fytaasientsyymejä fosforin vapauttamiseen viljoista ja kasvinsuojeluaineiden tuottamiseen (Ojamo 2002). Mikrobin kasvua hyödynnetään biologisissa prosesseissa, kuten sivuvirtojen jatkoprosessoinnissa fermentoimalla, ja toisaalta sivuvirraksi kelpaamattomien jakeiden mädättämisessä ja kompostoinnissa. Prosessit soveltuvat sekä eläin- että kasviperäisten sivuvirtojen käsittelyyn.

#### 4.3.1. Fermentointi ja mykoproteiinin tuotanto

Käyminen eli fermentaatio on hapetus-pelkistys-reaktiosarja, joka voi tapahtua ilman että happa tai mitään muutakaan elektronien vastaanottajaa tarvitaan, koska jokaisen yhdisteen hapon hapon korvaa toisen vastaava pelkistyminen. Käymisen substraatti voi olla periaatteessa mikä tahansa orgaaninen aine, joka sisältää happea ja vetyä, usein hiilihydraatti tai aminohappo. Käymisen lopputuotteina syntyy reaktiokyvyttömiä yhdisteitä, kuten maitohappoa, etanolia ja etikkahappoa (Salkinoja-Salonen 2002).

Maitohappobakteereja esiintyy luonnossa kasvien pinnalla. Suotuisissa olosuhteissa maitohappobakteerit lisääntyvät ja niiden tuottamien happojen ansiosta pH laskee. Käymisessä orgaaniset aineet, usein hiilihydraatit, hajoavat. Kasvikset sisältävät solunesteessään sokereita, jotka saadaan mikrobin käyttöön rikkomalla soluseinämiä mm. suikaloimalla ja nuijimalla. Sokereita on runsaasti mm. porkkanassa, sipulissa, kaalissa ja palsternakassa. Maitohappobakteerit kulluttavat kasvien sokereita, jolloin muiden mikrobin ravinteiden saanti heikkenee. Bakteerien erittämiä lopputuotteita ovat maitohappo, etanoli ja etikkahappo sekä joidenkin maitohappobakteerien tuottamat muut mikrobin kasvua edistävät yhdisteet. Spontaania käymistä tehostamaan on kehitetty maitohappobakteeriymppejä, joilla varmistetaan tehokas käyminen (Mäki ym. 2021).

Mikro-organismeista käymisen tuloksena saadut tuotteet ja sivutuotteet ovat useita raakavaluaista sisältäviä tuotteita, jotka on saatu kasvattamalla mikrobeja kasvisperäisissä kasvatusalustoissa. Tuotteissa mikro-organismit on inaktivoitu, joten niihin ei jää eläviä mikro-organismeja.

#### Esimerkkejä

Ahlborn ym. (2019) kasvattivat omenamäskissä sieniä proteiininlähteeksi. Osterivinokkasiin kuuluva uurtovinokas (*Pleurotus sapidus* eli *Pl. cornucopiae*) kasvoi hyvin, ja neljässä päivässä saatu biomassa (sieni ja kasvatusalusta yhdessä) sisälsi 21 % proteiinia kuiva-aineessa ja tärkein aminohappo oli glutamiini. Rasvoja todettiin 4 %, joista linoleiinihappo oli tärkein rasvahappo. Tuhkapitoisuus oli 2 % määrä 74 % kuiva-aineessa.

Mykoproteiini on ihmisravinnoksi tuotettu sieniproteiini, jota käytetään pääasiassa lihan korvikkeiden valmistamiseen. Mykoproteiinia on tuotettu elintarvikkeeksi viljasta teollisuusmittakaavassa jo 1980-luvulta lähtien tuotenimellä Quorn™ (Marlow Foods, UK). Tuote sisältää hyvälaatuisia proteiineja, ja sillä on todettu positiivisia vaikutuksia veren kolesteroliin, sokeriin ja insuliinitasoon. Tuote on tarkoitettu korvaamaan lihavalmistetta, mutta sen kysyntää rajoittavat korkea hinta ja valmistuksessa käytettyjen raaka-aineiden suuremmat ympäristövaikutukset kuin monissa muissa vegaanisissa tuotteissa.

Maatalouden ja elintarviketeollisuuden sivuvirtojen käyttöä on selvitetty erilaisten tuotteiden valmistusprosesseissa, esimerkiksi fermentoimalla niitä kiinteässä kasvatusalustassa (Finnigan ym. 2017, Souza Filho ym. 2019). Mycorena (<https://mycorena.com>) hyödyntää sieniä

mykoproteiinin valmistuksessa fermentaation avulla. Substraatista 95 % muutetaan proteiini- ja kuitupitoiseksi elintarvikekäyttöön sopivaksi tuotteeksi.

### 4.3.2. Mädätys

Mädätys on orgaanisen aineksen hapettomissa olosuhteissa tapahtuvaa hajoamista. Mädätyksessä muodostuu metaania, ja sitä hyödynnetään mm. jäteveden puhdistamoissa ylijäämälietettä mädätettäessä sekä biokaasulaitoksissa. Metaani on 26 kertaa tehokkaampi kasvihuonekaasu kuin hiilidioksidi (mooli/mooli) ja sitä muodostuu eloperäisen aineksen hajotessa hapettomissa olosuhteissa. Biokaasu koostuu energiakäytön kannalta olennaisesta metaanista (n. 70 %), hiilidioksidista, ammoniakista ja rikkivedystä sekä lukuisista muista aineista. Biokaasua käytetään joko hajautetussa energiantuotantojärjestelmässä tai syötetään maakaasulinjaan puhdistettuna biometaanina. Biokaasua käytetään sähkön ja/tai lämmön tuotannossa sekä liikennepolttoaineena (Motiva 2021, Salkinoja-Salonen 2002).

Biokaasulaitosten lopputuotteiden laadun varmistamiseksi raaka-aineet olisi valittava ja esikäsittävä tehokkaasti sekä prosessoitava asianmukaisesti, jotta taudinaiheuttajat tai haitalliset aineet eivät aiheuttaisi vaaraa lannoitekäytössä. Biokaasulaitoksessa esikäsittelyn tarkoituksena on poistaa epäpuhtaudet käsiteltävistä syötteistä, murskata materiaali sopivaan palakokoon ja homogenisoida syöteseos. Syöteseoksen kuiva-ainepitoisuus ja orgaaninen kuorma säädetään prosessin käynnistymisen ja toiminnan edellyttämälle tasolle ja tarvittaessa hygienisoidaan ja steriloidaan. Sekoitettu syöteseos on käsiteltävä vaativimman käsittelytavan mukaan. Syöteseoksen kuiva-ainepitoisuus on märkäprosessissa noin 5–15 % ja kuivaprosessissa 20–50 %. Anaerobisessa käsittelyssä käsiteltävä aines suljetaan hapettomaan reaktoriin, jonka lämpötila on noin 35–37 °C (mesofiilinen) tai 50–55 °C (termofiilinen). Tyypillinen viipymä suomalaisilla biokaasulaitoksilla on 12–30 vrk (Lehto ym. 2013, Marttinen ym. 2013, Pirkkamaa 2014).

Mädätettyä biomassaa kutsutaan mädätteeksi, joka on massaltaan ja ravinnekoostumukseltaan lähes syötemateriaalin kaltainen. Sen kuiva-ainepitoisuus pienenee prosessissa joitakin prosentteja, ja pH on lähellä neutraalia. Mädäte on syötettä tasalaatuisempaa, hygieenisempää, hajuttomampaa ja siinä olevat ravinteet ovat nopeammin liukenevassa ja haihtuvassa muodossa (Motiva 2021, Salkinoja-Salonen 2002).

Biokaasutuotantoon hyvin soveltuvia orgaanisia sivutuotteita ja jätteitä syntyy yleisesti kaikesta biomassasta jalostavasta toiminnasta, ja erittäin hyviä biokaasun tuottajia ovat elintarviketeollisuudessa syntyvät rasvat ja tärkkelysperäiset sivujakeet. Biokaasutuotannolla on rooli yhtenä keskeisenä osana tulevaisuuden biojalostamatoimintoja (Kymäläinen & Luostarinen 2015). Biokaasutuotannon kannalta kalaperäinen aines parantaa, varsinkin puhdistamolietettä pääraaka-aineenaan käyttävien laitosten, kaasuntuottoa. Tämä voidaan selittää yhteismädätyksen synergiaeduilla, jotka perustuvat prosessin parempaan stabiliteettiin, parempaan ravinteiden tarjontaan, ja sitä kautta vaikeasti hajoavien aineiden parempaan hajoavuuteen (Koch ym. 2011, Vielma ym. 2013). Potentiaalinen kalasivujakeiden määrä on kuitenkin biokaasutuotantoprosessin muihin raaka-aineisiin, kuten eläinten lantaan ja puhdistamolietteisiin, verrattuna niin pieni, alle promille kokonaispotentiaalista, ettei sillä ole kokonaistuotannon kannalta suurta merkitystä (Asplund ym. 2005, Vielma ym. 2013). Biokaasulaitokset veloittavat yleensä sivujakeiden käsittelystä porttimaksun. Joissain tapauksissa sivujakeiden vienti biokaasulaitokselle voi kuitenkin olla halvin tapa päästä eroon sivujakeista.

### 4.3.3. Kompostointi

Kompostoinnissa monilajinen pieneliöstö hajottaa hapellisissa ja kosteissa olosuhteissa eloperäistä materiaalia humukseksi, ja samalla muodostuu lämpöenergiaa, hiilidioksidia ja vettä. Mikrobien aktiivisuuteen vaikuttavat lämpötila, happipitoisuus, pH, kosteuspitoisuus, hiilityyppi-suhde (C:N) sekä partikkelikoko. Sivujaemateriaalin lisäksi kompostissa käytetään seosaineita. Tällaisia ovat esimerkiksi turve, olki, hake, sahanpuru, akanat, kaarna, lehmän/hevosen lanta, erilainen puutarhajäte, ruokohelpi ja biohiili. Paperi- ja pahvisilppua voi käyttää pieniä määriä. Seosaineen avulla voidaan vaikuttaa kompostin ilmavuuteen, kosteuteen ja ravinnesuhteisiin.

Eläinperäisten sivutuotteiden kompostoinnissa lainsäädäntö edellyttää, että, sivutuotejakeet on hygienisoitava (70 °C, 60 min, 12 mm palakoko). Tämä vaatimus on voimassa, vaikka lopputuote käytetään kokonaisuudessaan omalla tilalla. Myös kasviperäisen materiaalin täytyy hygienisoitua kompostissa, jotta kasvitautit ja rikkakasvien siemenet tuhoutuvat. Kompostointimenetelmä voidaan myös validoida, ja tällä varmistetaan, että jollain muulla lämpötilalla ja ajalla (tai palakoolla) saavutetaan hygieeninen lopputuote.

### 4.3.4. Jälkikäsittely

Erilaisista sivujaemateriaaleista kuivattu tuote voidaan edelleen esimerkiksi pelletöidä, ekstruoida tai jauhaa.

Pelletit ovat hienonnetusta, kuivasta raaka-aineesta pelletöintikoneella tehtyjä puristeita. Pellettien tiheys on huomattavasti käytetyn raaka-aineen tiheyttä suurempi, eli sama energiamäärä on puristettu pienempään tilaan. Pellettejä voidaan tehdä erilaisista raaka-aineista tai niiden yhdistelmistä (seospelletit). Jos kasvismassaa pelletöidään, massan kosteuspitoisuuden tulisi olla alle 20 %.

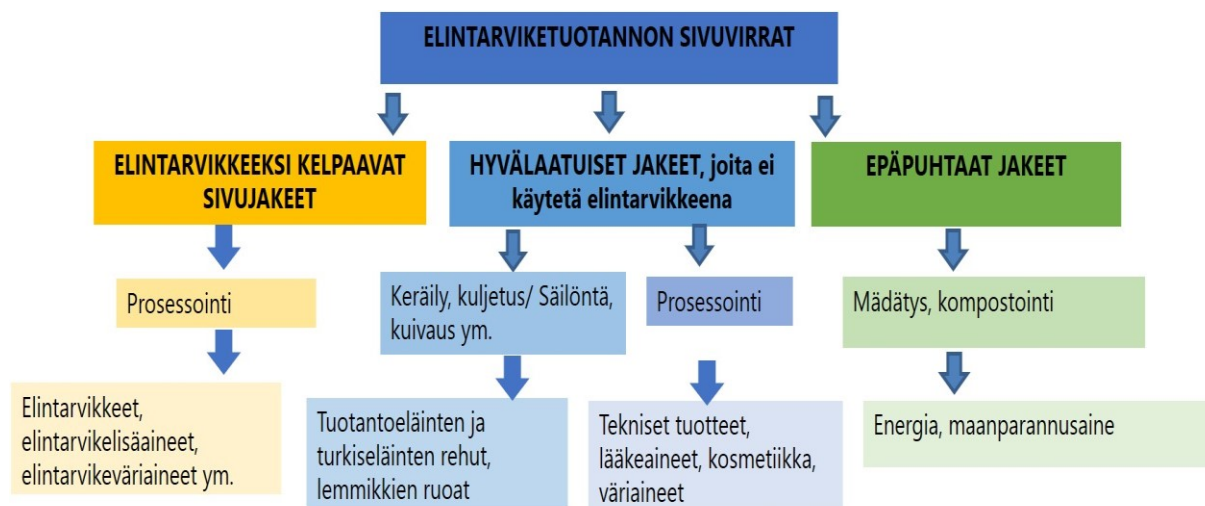
### Ekstruusio

Ekstruusio on prosessi, jossa raaka-aine pakotetaan paineen avulla muotoonsa pienen suuttimen läpi. Prosessi koostuu sarjasta yksikköoperaatioita, joita ovat sekoitus, vaivaaminen, leikkaus, lämmitys, jäädytys ja ulkoinen sekä rakenteellinen muotoilu. Yleisesti käytetään kylmätai keittoekstruusiotta, joissa prosessit tapahtuvat nimensä mukaisesti joko alhaisessa tai korkeassa lämpötilassa (Heldman & Singh 2010). Ekstruusiotekniikalla voidaan käsitellä joko kuivatua ja jauhettua materiaalia, esim. omenämskiä tai omenasosetta.

Laitteistojen siirrettävyys voi olla etu silloin, kun laitetta käytetään useammassa pisteessä samalla tilalla tai laite on yritysten yhteinen.

## 5. Sivujakeiden tuotteistaminen

Sivujakeiden hyödynnettävyyteen (kuva 8) vaikuttavat mm. sivujakeiden puhtaus, hygieeninen laatu ja määrä sekä tavoiteltava lopputuote. Tärkeää sivujakeiden tuotteistamisessa on, että lopputuote on tasalaatuinen ja sitä on koko ajan saatavilla. Arvoketjumielessä pitäisi pyrkiä siihen, että mahdollisimman suuri osa sivujakeista pystyttäisiin hyödyntämään elintarvikekäytössä.



**Kuva 8.** Elintarvike tuotannon sivujakeiden hyödyntäminen.

### 5.1. Elintarvike

Monia elintarvike tuotannon sivujakeiksi luokiteltuja jakeita voidaan hyödyntää edelleen elintarvike tuotannossa. Elintarvikkeiden ainesosana puhtaat juuresmassat ja omenamäski ovat hyviä kuitujen, antioksidanttien sekä mineraalien lähteitä ja ravintosisällöltään erilaisten elintarvikkeiden raaka-aineeksi sopivia. Rapujauho voi toimia gourmet-mausteena tai ravintolisänä ja veri on hyvä proteiinin lähde.

#### Kasvis

Omenamäskin kokonaisravintokuitupitoisuus on jopa yli 50 % kuiva-aineesta, mistä noin puolet on liukoisia kuituja. Omenan polyfenolisista yhdisteistä suurin osa jää puristettaessa mäskiin. Elintarviketeollisuudessa omenamäskistä erotettu pektiini on tärkeä ainesosa, mutta mäskistä voidaan uuttamalla saada muitakin maku- tai väriaineita. Kuivattuna ja jauhettuna mäski sopii teknisiltä ominaisuuksiltaan korvaamaan jauhoja mm. leivonnaisten ja keksien valmistuksessa. Kuitu- ja antioksidanttilisillä on eläin- ja kliinisissä kokeissa todettu hyviä vaikutuksia mm rasva- ja sokeriaineenvaihdunnalle (Skinner ym. 2018).

Omenan siementen, joita on noin 2–4 % mäskin kuiva-aineesta, käyttöä elintarvikkeissa rajoittaa niiden sisältämä amygdaliini, josta vapautuu elimistössä akuutisti myrkyllistä syanidia. Omenan siementen mahdollinen enimmäispitoisuus on jopa 600 µg syanidiekvivalenttia/g, mutta syanidin biosaatavuutta mäskituotteista ei ole tutkittu. Syaaniivetyhapon akuutin annoksen vertailuarvo (ARfD) on 20 µg/kg ruumiinpainoa kohti (EFSA 2019). Ruokaviraston arvion mukaan omenansiemenet voi olla tarpeen erotella puristemassasta ennen elintarvikekäyttöä, tai vähintäänkin lopputuotteen amygdaliinipitoisuus olisi tutkittava. Muita ruokaturvallisuuteen

liittyviä riskejä ovat mykotoksiinit ja kasvisuojelujäämät, joiden välttämiseksi omena-, mutta myös muiden kasvisraaka-aineiden, on oltava hyvälaatuisia ja alan hyvien käytäntöjen mukaan tuotettuja (taulukko 13).

**Taulukko 13.** Omenan puristemassan ja juuresmassojen mahdollisia käyttötapoja elintarvikkeena.

Käyttötarkoitus	Tuote	Mäskin esiprosessointi	Lähde
Leivonta, erikoisruokavaliot	Gluteiinittomat jauhoseokset	Kuivaus (55 °C) ja jauhatus	Gorjanović ym. 2020
Kuituisia elintarvikkeissa	Viljojen korvaaminen leivonnassa, snack-tuotteissa, muroissa, lihan jatkaminen leikkeissä tai kuivalihassa	Kuivaus ja jauhatus, mahdollinen ekstruusio	Referoitu julkaisussa Antonic ym. 2020
Maku- ja aromiaineet	Makeutusaine, liköörin makuaine	Uutto (vesi, alkoholi)	
Pintakäsittely-, väri- tai sakeutusaine	Luonnollinen antioksidantti, pektiini	Uutto Pektiin uutto happo- tai entsyymikäsittelyn jälkeen	Referoitu julkaisussa Antonic ym. 2020, Vukušić ym. 2020
Omenasiiderin makuaine	Siideri	Kuivaus ja jauhatus, uuttumisen siiderin käymisen aikana	Bortolini ym. 2020
Bioetanoli	Polttoaineet	Bioetanoli prosessi	Evcan & Tari 2015
Probiootteja ja rakennetta stabiloiva lisäaine	Probioottinen jogurtti	Maitohappobakteerit	Gorjanović ym. 2020, Jovanović ym. 2020
Melassin korvaus hii-vantuotannossa	Leiviniiva	Pektiin poiston ja etanoliuuttojen jälkeen	Vukušić ym., 2020

## Kala ja rapu

Järvi- ja rannikkokalastuksessa saatujen kalojen fileointijäännöksiä voitaisiin hyödyntää kalalievien ja kalamassan valmistuksessa. Periaatteessa niistä voitaisiin myös valmistaa kalajauhoa, mutta pienehköillä raaka-ainemäärillä ja melko korkeilla keräilykustannuksilla se tuskin on kannattavaa. Kalajauhon maailmanmarkkinahinta on suuruusluokkaa 1,3 €/kg. Suomen ainoa kalajauhotehdas sijaitsee Kemiönsaaren Kasnäsissä, jonne kuljetusmatka esimerkiksi Järvi-Suomesta on huomattava kustannustekijä. Kasnäsien kalajauhotehdas käyttää raaka-aineenaan silakkaa ja kilohailia. Teollisuussilakan kalastajahinta oli vuonna 2020 0,18 €/kg (Luonnonvarakeskus 2021). Kun edullista teollisuussilakkaa on riittävästi saatavilla, ei vähäarvoisten järvikalojen tai kalanjalostuksen sivuvirtojen hyödyntäminen Kasnäsien kalajauhotehtaalla liene yritystaloudellisesti perusteltua.

Vähäarvoisista kaloista tehdyn kalamassan valmistuksessa suurimmat toimijat vuonna 2018 olivat Kolvaan Kala Oy Säkylässä, Heikki Viitakoski Oy Ikaalisissa, Bränskata Fiskare Oy Uusikaarlepyyssä sekä Koillismaan luonnonkala Oy Kuusamossa. Nämä yritykset käyttivät arvion mukaan yhteensä noin 660 tonnia vähäarvoista kalaa kalamassan tuotannossaan, mikä oli noin 90 % kaikesta kalamassan valmistukseen vuonna 2018 käytetystä vähäarvoisesta kalasta niissä tuotantolaitoksissa, joista saimme tietoja.



Suurin vähäarvoisesta kalasta valmistettujen täyssäilykkeiden tuottaja vuonna 2018 oli Pielisen kalajaloste Oy. Myös Järki-Särki Oy:ssä valmistettiin merkittävä määrä täyssäilykkeitä ja lukuisissa yrityksissä pienempiä määriä. Yhteensä täyssäilykkeitä tuotettiin vuonna 2018 noin 170 tonnia. Myöhempinä vuosina täyssäilyketuotanto on kasvanut merkittävästi mm. Pielisen Kalajalosteella, Järki-Särjellä ja Puula-Särvin Oy:llä.

Kalamassan ja täyssäilyketuotannon ohella vähäarvoisista kaloista on valmistettu monenlaisia tuotteita, niin elintarvikkeeksi kuin lemmikkiherkuiksi, mm. savustamalla, kylmäsavustamalla, kuivaamalla ja hapattamalla. Aktiivisia tuotekehittäjiä ovat olleet aiemmin mainittujen lisäksi mm. Fishermans Food Oy ja Puula-Särvin Oy.

Ravusta saadaan miedon makuista jauhoa, noin 60 %, ja voimakkaamman makuista jauhoa, noin 40 %, saannosta. Mieto jauho on selkeästi gourmet-mauste. Siitä 52 % tulee saksista, 32 % pyrstöstä ja 16 % jaloista. Koska vain osa jauhoista vaikuttaa sopivalta gourmet-mausteeksi, on tuotantokustannusten kannalta oleellista, kuinka paljon mitään jauhotyyppiä saadaan (taulukko 14).

**Taulukko 14.** Ravun eri kehonosien paino-osuudet tuoreissa ja kuivissa ravuissa mitattuna vähintään kuudesta 50 keitetyn ravun ryhmästä.

Mitattu suhdeluku	Pyrstö (%)	Keskikeho (%)	Sakset (%)	Jalat (%)	Rapu (%)
Kehonosien osuus ravun tuorepainosta	19	50	24	7	100
Kehonosien osuus ravun kuivapainosta	18	41	31	10	100
Kuivattujen jakeiden osuus ravun tuorepainosta	5	13	9	2	29

Rapujauho sisältää kitiiniä sekä mineraaleja ja sillä voi olla ravitsevuksellisia ominaisuuksia, mutta ruoanlaitossa vaikutus on vähäinen. Osa jauhosta on huonosti veteen liukenevaa ja keittoaletuksen pohjalle jää hieman vaaleanpunertavaa, hyvän makuista jauhetta. Kitiinipitoisuus vaihtelee varsin paljon eri kehonosissa, saksissa sitä on kaikista runsaimmin (taulukko 15).

**Taulukko 15.** Ravun eri kuivattujen kehonosien kitiinipitoisuuksia.

Rapujauhojake	Kitiiniä (%)
Keskikeho	19,8
Sakset	27,7
Pyrstö	9,6
Jalat	18,6
Selkäkilpi*	24,8
Koko rapu	20,7

\*keskikehon osajae

Tässä hankkeessa selvitimme perusteita rapujauhon kaupallisen tuotannon mahdollisuuksiin ja käytettävyyden arviointiin elintarviketuotannossa. Kiinnostusta voisi lisätä ruoanvalmistuksen ammattilaisten tuotekokeilut tuotteella.

Rapujauhon hiilijalanjälkimäärityksen tulokset on esitetty luvussa 5.4.1. ja lisää tietoa rapujauhon valmistuksesta on liitteessä 4.

## Veri ja muut eläinperäiset sivujakeet

Elintarviketuotantoeläinten veri on hyvä proteiinin lähde, ja sillä on paljon sovelluksia elintarviketeollisuudessa (taulukko 16). Eläinperäisiä sivujakeista ovat esimerkiksi suoli, monet sisäelimet, eri ruhonosat, vähäarvoiset kalat jne. Raaka-aineina liemiteollisuudessa voidaan käyttää mm. liha- ja siipikarjan luita sekä kalanperkuurankoja liemien, kastikkeiden ja keittojen valmistukseen. Gelatiinia, jota saadaan eläinten nahasta, käytetään elintarviketeollisuudessa hyvän geelinmuodostuskyvyn vuoksi, mutta myös selkeytin- ja stabilointiaineena sekä päällystysmateriaalina (Djagny ym. 2001, Gómez-Guillén ym. 2011).

**Taulukko 16.** Veren proteiinien teknisiä ja toiminnallisia ominaisuuksia sekä mahdollinen käyttö elintarvikkeiden ainesosina (Toldra ym. 2019).

Ominaisuus	Veren proteiinit	Mahdollinen käyttö
Liukoisuus	Plasma, globuliinit, albumiini, hemoglobiini	Keksit, juomat
Liukoisuus, geelytyminen, emulgointi	Plasma, globuliinit, albumiini, hemoglobiini	Jogurtti
Emulgointi, vaahtoaminen	Demineralisoitu plasma, fibrinogeeni, konjugoidut globuliinit	Jäätelö, jauhelihat, kakut
Emulgointi, viskositeetin parantaminen	Fibrinogeeni, demineralisoitu plasma, konjugoidut globuliinit, konjugoitu hemoglobiini, globiini, punasolut	Salaattikastikkeet
Vaahdotus, liukoisuus	Plasma, globiini	Proteiinijuomat
Vaahtoaminen, värin ja rasvan imeytyminen	Globiini, fibrinogeeni, plasma, hemoglobiini	Kakut ja leivonnaiset
Veden ja rasvan imeytyminen, geelytyminen, emulgointi	Plasma, globuliinit, fibrinogeeni, konjugoitu hemoglobiini	Lihatuotteet
Sitoutuminen, kuidun muodostuminen	Fibrinogeeni, trombiini	Koostetut lihavalmisteet
Geelytyminen	Plasma, globuliinit, fibrinogeeni, albumiini	Geelit
Liukoisuus, geelytyminen, viskositeetti, kirkastavuus	Fibrinogeeni, demineralisoitu plasma, konjugoidut globuliinit, konjugoitu hemoglobiini, punasolut	Keitot ja kastikkeet, lihaliemet
Rasvan korvaaminen	Globiini ja plasma	Fermentoidut makkarat ym. ja -lostetut lihatuotteet
Raudan lisäys, väri	Hemoglobiini ja johdannaiset	Keksit, lihatuotteet

## 5.2. Rehu, rehun lisäaineet, lemmikkien ruoka

Rehukäytössä sallitut raaka-aineet on koottu Rehuaineluetteloon (Komission asetus (EU) N:o 68/2013). Kasvipäiset rehut on jaoteltu ko. luettelossa eri kappaleisiin: esimerkiksi kappaleessa 4 (Juurimukulat ja juurekset ja niistä saatavat tuotteet) on mainittu mm. punajuuri, porkkana ja sipuli, kappaleessa 5 (Muut siemenet ja hedelmät ja niistä saatavat tuotteet) omenasta ja muista hedelmistä saatavat tuotteet sekä kappaleessa 7 (Muut kasvit, levät ja niistä saatavat tuotteet) mm. parsakaali. Kappaleessa 9 on lueteltu maaeläintuotteet ja niistä edelleen saatavat

tuotteet ja kappaleessa 10 kalat, muut vesieläimet ja niistä saatavat tuotteet. Tuotteiden käytössä on huomioita muun lainsäädännön asettamat vaatimukset ja rajoitukset.

Elintarviketuotantoeläimistä saatavia sivutuotteita on perinteisesti käytetty lemmikkien ruokana ja rehujen ainesosina. Tärkeää on, että sivutuotteiden hyödyntämisessä noudatetaan lainsäädännön vaatimuksia. Elintarviketuotantoeläimistä saatavat sivutuotteet sisältävät hyviä ravintoaineita, kuten välttämättömiä aminohappoja, rasvahappoja, kivennäis- ja hivenaineita, B-vitamiineja ja rasvaliukoisia vitamiineja (Honikel 2011, Nollet & Toldrá 2011, Jayathilakan ym. 2012). Esimerkiksi verestä tuotetut proteiini- tai verivalmisteet (Alexis & Robert 2004, Giu & Giu 2010) tai rinnakkaispolttolaitoksen liha- ja luujauhon tuhkista valmistetut tuotteet (Pérez-Galvez ym. 2008, 2011).

Lainsäädännön mukaan lihaluujauho on luokan 1 ja 2 sivutuotteista saatavaa tuotetta. Luokan 2 lihaluujauhoa käytetään mm. luomulannoitteiden raaka-aineena. Suomessa lihaluujauhon lannoitekäyttöä säätelee kansallinen lannoitevalmistelaki (539/2006).

Luokan 3 sivutuotteista saatava jauho on käsiteltyä eläinvalkuaista ja sen rehukäytössä on noudatettava rehulainsäädäntöä ja ns. TSE-asetusta (EY/999/2001).

Kasvissivujakeiden rehukäyttö sellaisenaan on yrityksille edullista, jos kuljetusetäisyydet ovat lyhyet, taulukko 17,. Hevosille menee tuoreena rehuporkkanaa ja riistaeläinten ruokintaan metsästysseurat hakevat kuorimoilta kasvissivutuotteita.

Juuresten kuorimassan rehukäyttö edellyttää käsittelyä, jolla varmistetaan sen hygieeninen laatu ja säilyvyys. Porkkanankuorimassa soveltuu sellaisenaan eläinten rehuksi, ja sitä voidaan säilöä myös hapattamalla. Happolisäyksellä pH saadaan nopeasti laskettua ja haitallisten mikrobien kasvu estettyä. Rehuarvoa saadaan parannettua yhdistämällä kuorimassaa muihin rehu-komponentteihin. Tilat, jotka olivat käyttäneet kuorimassaa eläinten ruokinnassa, olivat kyselyn mukaan olleet siihen tyytyväisiä (Lehto ym. 2007, Franco ym. 2021).

Omenamäskiä voidaan käyttää rehuksi rajoitetusti tuoreena, säilöttynä tai kuivattuna. Omenamäski on maittavaa, siinä on energiaa, mutta vähän proteiinia. Se on herkästi pilaantuvaa, samoin kuin porkkanankuorimassa, korkean sokeripitoisuutensa vuoksi. Omenamäskiä voidaan käyttää esimerkiksi märehitijöiden, sikojen ja hevosten ruokinnassa lisärehuna. Luonnonvarakeskuksen (2015) rehutaulukoissa on laskettu porkkanalle, omenalle ja omenamäskille rehuarvot märehitijöiden ruokinnassa.

Omenan siemenet sisältävät ihmisille ja eläimille haitallista syanidin sokeriyhdistettä, amygdaliinia, joka aiheuttaa suurina annoksina tukehtumiskuoleman. Jos amygdaliinipitoisuutta ei tunneta, siemeniä sisältävien sivutuotteiden elintarvike- ja rehukäyttö on rajattua. Esimerkiksi hevosten rehuun ne kuitenkin sopivat, koska siemenet kulkeutuvat rikkoontumatta niiden ruuan-sulatuskanavassa.

**Taulukko 17.** Juuresmassojen ja omenamäskin käyttö rehuna

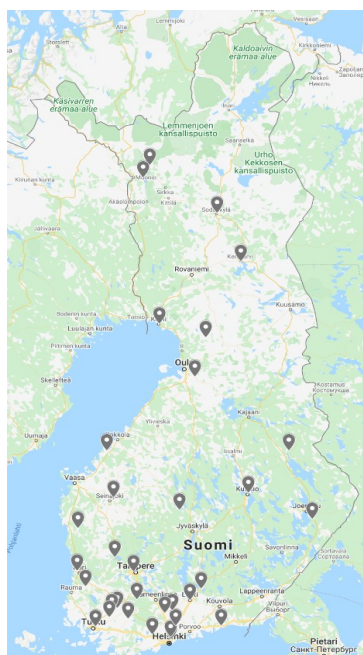
Tuote	Esikäsittely	Lähde
Lemmikkien dieettiruoka, kuitu	Kuivaus/tuoreen mäskin ekstruusio	Mahli ym. 2021
Hevosrehu	Kuivaus	-
Kalojen, lampaiden ja sikojen rehuseoksissa	Käymisen avulla melassin kanssa, sellaisenaan tai säilöttynä	Davies ym. 2020
Nautojen rehu	Peruna- ja juuresmassat tuoreena sellaisenaan tai happolisäyksellä	Franco ym. 2021. Rinne ym. 2019

### Lemmikkien ruoka

Suomessa on noin 30 lemmikkieläinten ruokia valmistavaa laitosta, jotka valmistavat pääasiassa raakaruokaa. Tällä hetkellä (kesäkuu 2021) kolme yritystä valmistaa koiran kuivaruokaa.

Kartoitus lemmikinruokia valmistavista yrityksistä tehtiin vuonna 2019. Taulukkoon 18 on koottu lemmikinruokiin käytettyjä raaka-aineita ja tuotteita. Kuvassa 9 lemmikinruokia valmistavat yritykset ovat kartalla.

Hämeen ammattikorkeakoulussa tehtiin vuonna 2018 Uusivu-hankkeeseen liittyen lemmikinruokatuotekehitysprojekti, jossa ideoitiin, suunniteltiin ja valmistettiin koiran koulutusherkku Raiku. Tuotteessa käytettiin naudanmahaa sekä vihanneskomponentteina porkkanaa sekä omenaa (liite 6).

**Kuva 9.** Lemmikkieläinruokia valmistavien yritysten sijainti.

**Taulukko 18.** Lemmikkien ruoan raaka-aineita ja tuotteita (kysely yrityksille)

Lihatuotannon jakeet ja lihatuotteet	Tuotteet
Kana ja broileri: maksa, siivet, kivipiira, liha, kaula, selkäranka, rasva Poro: liha, selkäranka, putkiluut, lapaluut, niskasuonet Nauta: maha, keuhko, sydän, rasva, ruokatorvi, nahka, luut Sonni: henkitorvi, kurkkutorvi, siitin, jauheliha, mahalaukku, rasva, rustot, sekaluut Sika: kärsä, maksa, nahka, korva haima, sydän, munuainen, kurkkutorvi, luut Kalkkuna: siipi, kaula Hevonen: maksa, sydän, munuainen, rasva, luut Hirvi: liha, nahka, luut, selkäluupalat, sisäelimet Peura: selkäluupalat, korvat, keuhkot, jänteet, sorkat, jalkaluut Lammas: sisäelimet	Liha, luut, rasva Raakaruoka Kuivaherkut Tuoretuotteet Raakapakasteet Makupalat Puruluut Täysravinto Kuivatut tuotteet Makkarat, säilykkeet Ravintolisät
Kalat ja kalajakeet	Tuotteet
Lohi, silakka, muikku, kuore, särkikalat, kalajauho, lohiöljy, jauhettu meri- ja kirjolohi pää, pyrstöt, evät ja ruodot hienoksi jauhettuna, perkuujakeet	Kuivattu kala Jauhettu kala Kalajauho
Kasvisraaka-aineet	Tuotteet
Kasvikset: porkkana, herne, papu, pinaatti, peruna, palsternakka, puolukka, omena*	Lisänä raaka-, kuiva- ja tuoreruoissa

\*Koiranruokaan käytettävästä omenamäskistä täytyy poistaa siemenet.

## Turkiseläinten rehu

Teurastamojen ja kalanjalostuksen sivujakeita käytetään runsaasti turkisalalan rehusekoittamoilla, ja yhteiskeräilyä sekä kuljetusta on järjestetty monista elintarvikeyrityksistä. Suomen Turkiseläinten Kasvattajain Liiton internetsivuston fifur.fi mukaan turkiseläinten ravinnoksi päätyy vuosittain 165 miljoonaa kiloa teurassivutuotteita ja 110 miljoonaa kiloa kalaa ja kalasivutuotteita. Sisävesi- ja rannikkokalastuksesta kertyvä noin kahden miljoonan kilon sivujaemäärä voitaisiin todennäköisesti hyödyntää suurelta osin pelkästään turkistaloudessa, mikäli logististen kustannusten pienentämiseen löytyisi ratkaisuja. Hyvälaatuisista sivujakeista voidaan maksaa korvausta.

Suomessa toimii 13 rehusekoittamoa ja 66 tilarehustamoa vuonna 2021. Rehusekoittamossa valmistetaan turkiseläinten rehua asiakastarhoille (kuva 10). Tilarehustamoissa valmistetaan turkiseläinten tai tarhakoirien rehua vain oman tilan eläimille. Keräyskeskuksessa kerätään ja käsitellään raaka-aineita, jotka käytetään turkiseläinrehun tai tarhakoirien rehun raaka-aineena.

Suomalaisten turkiseläinten rehu valmistetaan Suomessa, mutta valmistuksessa käytetään myös ulkomaisia raaka-aineita. Minkin- ja ketunrehu valmistetaan pääosin tuoreista, hapoteista, eläinperäisistä raaka-aineista, rehukalasta sekä viljasta. Myös höyheniä hyödynnetään turkiseläinten rehuna. Höyhenrehussa on yleensä 75 % raakaproteiinia, 10 % kosteutta ja alle 6 % rasvaa sekä 3–4 % kuitua.



**Kuva 10.** Rehusekoittamot omaan käyttöön (oranssi), rehusekoittamot (vihreä) ja rehusekoittamot omille koirille (keltainen).

### Hyönteisten rehu

Hyönteisten käyttö elintarvikkeena alkoi Suomessa vuonna 2017, mutta alkukiinnostuksen jälkeen markkinat hiljenivät. Hyönteisten käyttö lemmikkieläinten ruokinnassa on ollut sallittua jo pidempään, ja lainsäädäntö sallii hyönteisten käytön myös kalojen rehuissa. Hyönteisten käytön sopivuutta elintarvikkeeksi ja rehuksi tutkitaan laajasti, ja tulevaisuudessa sen käytölle nähdään olevan hyvät mahdollisuudet. Kolmansissa maissa hyönteisten elintarvikekäytöllä on pitkä historia, mutta EU:ssa niiden turvallisuus on vielä osoitettava uusielintarvikelainsäädännön mukaisesti. Elintarvike- tai rehuikäyttöön kasvatettavien hyönteisten rehut on hankittava rekisteröidyltä rehualan toimijalta, rehuksi voi käyttää myös rehuikäyttöön soveltuvia elintarvikkeita (kuten kasviksia) (Evira 2017, Nieminen 2021, Ruokavirasto n.d.).

Puutarhasivuvirtoja on testattu mm. kotisirkkojen ruokinnassa. Kasvihuonevihreillä kotisirkat kasvoivat yhtä hyvin kuin vertailurehulla, kun huolehdittiin riittävästä proteiinin saannista. Kasvisten ja hedelmien maittavuudessa oli eroja. Eri proteiinilähteillä oli vaikutusta sirkkojen kasvuun. Yrteillä puolestaan oli vaikutusta siihen, miltä kotisirkat maistuivat (Pirttijärvi ym. 2020).

### 5.3. Tekniset tuotteet

Tekniset tuotteet ovat sivutuotteista johdettuja tuotteita, joita ei ole tarkoitettu elintarviketuotantoon tai eläinten ruokintaan. Teknisiä tuotteita ovat esimerkiksi parkitut ja käsitellyt vuodat ja nahat, käsitelty villa, höyhenet, gelatiini ja liima, renderöidyt rasvat ja rasvojen johdannaiset (taulukko 19). Tässä myös kosmetiikka-, lääke- ja väriaineet ym. on luokiteltu teknisiin tuotteisiin.

**Taulukko 19.** Hyödynnettäviä raaka-aineita, sivujakeita ja niistä saatavia komponentteja.

Alkuperä	Sivutuotteita	Arvokkaita komponentteja	Tuotteita
Omena, juurekset, vihannekset	Kuoret, puristusjäte, siemenet, lehdet, juuret	Kuitu, polyfenolit, hiilihydraatit, vitamiinit, proteiinit, lipidit, väripigmentit	Saippuoiden ja kosmetiikan lisäaineet, betonin lisäaine
Elintarviketuotantoeläin	Luut, nahat, päät, jalat, suolisto	Proteiinit, lipidit, entsyymit, rasva, gelatiini, kollageeni	Yhdisteitä ja raaka-aineita
Elintarviketuotantoeläin	Veri	-	Vaahoamisenestoaine palosammuttimissa
Elintarviketuotantoeläin	Suoli	-	Soittimenjouset
Kala, rapu	Ruodot, nahat, päät, pyrstöt, kuoret, sisälmykset, liha	Proteiinit, lipidit, mineraalit, kitiini, entsyymit, rasva	Biodiesel
Lammas, muut tuotantoeläimet	Karvat, villa	-	Tekstiilit, eristeet
Siipikarja	Munankuoret, kalvot, särömunat	Kalsiumkarbonaatti, proteiinit	Rehut, lemmikkienruoat, lannoite
Siipikarja	Höyhenet	Keratiini	Lanka, pinnoite, biomuovi, eriste ym.

### 5.3.1. Tuotteita rasvasta

Biodieselinä hyödynnettävää rasvaa muodostuu Suomessa tuotantoeläimistä, raatokeräilyssä kerätyistä raadoista, kalastuksen sivutuotteista, poroista, pienteurastamoista, ravintoloista, kotitalouksista ja elintarviketeollisuudessa käytetyistä rasvoista yli 70 000 tonnia vuodessa. Hyötykäytettäviä rasvoja saadaan myös Suomeen tuoduista rasvaa sisältävistä sivutuotteista (esim. turkiseläinten rehu) sekä rasvakaivoista.

Kiinnostavuutta elintarviketeollisuuden sivuvirtojen hyödyntämisestä bioenergiana lisää se, että Euroopan unionin tavoitteiden mukaan biopolttoaineiden osuus liikenteen polttoaineista tulee olla vähintään 25 % vuonna 2030 (Sipilä ym. 2019).

Rasvasta valmistetaan myös biomuoveja, teräketjuöljyä, kynttilöitä ym. Kalaöljyä käytetään myös maaleihin (mm. kalanrasvavernissa).

Renderoiduilla rasvoilla on monia sovelluksia kosmetiikkateollisuuden tuotteille, kuten erilaiset voiteet ja kylpytuotteet. Kemiallinen teollisuus käyttää rasvahappoja kumi- ja muovipolymerointiin, pehmittimiin ja voiteluaineisiin (Ockerman & Basu 2006). Glyseriiniä käytetään myös kemianteollisuudessa pinta-aktiivisten aineiden, maalien, lakkojen, liimojen,

jäätymisenestoaineiden, puhdistusaineiden ja kiillotusaineiden ainesosina (Pearl 2004). Villasta saatavaa lanoliinia käytetään kosmetiikkateollisuudessa.

Lohen perkuujätteistä ja rypsiöljyn puristusjätteestä on tuotettu bioaktiivisia peptidejä käyttämällä entsyymiavusteista hydrolyysiä. Peptidiseoksissa havaittiin useita bioaktiivisia yhdisteitä, joiden aktiivisuus testattiin ja todennettiin valituissa lääke- ja ihonhoitotuotteissa. Kalojen perkuujätteistä eristetyllä proteiinilla on torjuttu aliravitsemusta Afrikassa. Kalan ruotoja voidaan käyttää esimerkiksi lannoitteissa (Kangas ym. 2013).

### 5.3.2. Lääkeaineet, kosmetiikka

Eläinperäisiä raaka-aineista saadaan ainesosia eri tarkoituksiin. Taulukkoon 20 on koottu erilaisia sivujakeita ja niiden lääke- ja kosmetiikassa käytettäviä sovelluksia

**Taulukko 20.** Sivutuotteiden hyödyntämismahdollisuuksia lääke- ja kosmetiikkateollisuudessa.

Lääkeaine	Käyttökohde
Gelatiini	Lääkekapselit, ym. erilaiset sovellukset
Elimet ja rauhaset	Sydämen stimulantit, kortikotrofiinit, entsyymit, steroidit, progesteroni, insuliini, trypsiini, sappiutteen Kiinalainen lääketiede
Naudan sappikivet	Kiinalainen lääketiede
Sian sydän	Ihmisen varaosat
Sian suolen limakalvo	Hepariini (estää veren hyytymistä)
Veri	Bioaktiiviset peptidit (verenpaineen alentaminen, antioksidanttinen vaikutus)
Suoli	Kirurginen ompelulanka, palovammojenhoito, proteettiset materiaalit, kollageenilevyt
Luut, ruodot	Kalsiumin ja fosforin lähde
Ravun kuori	Kitiini, kitosaani, astaksantiini
Kosmetiikka	Käyttökohde
Keratiini	Hiustenhoitotuotteet
Kollageeni	Ihovoiteet
Lanoliini	Ihovoiteet

Lampaiden villassa on lanoliinia, rasvaa eli villavahaa, joka erottuu villan pesussa. Lanoliinia käytetään muun muassa kosmetiikassa ja teollisuuden raaka-aineena, esimerkiksi villanpesuaineissa ja ihovoiteissa. Lanoliinin määrä lampaan villassa vaihtelee 6–35 prosentin välillä, riippuen ilmastosta ja rodusta. Suomenlampaan villassa on lanoliinia enemmän kuin muiden rotujen, jopa 20 % villan painosta (Puntila 2016).



## Kasvisraaka-aineita

Kosmetiikan nykytrendejä ovat erityisesti hyvinvointiajattelu, kestävyys ja vegaanisuus sekä yritysten kiertotalousperiaatteiden arvostus. Sivuvirtojen hyödyntäminen edistää resurssitehokkuutta ja luonnonvarojen säästeliäämpää käyttöä, tehostaa maanviljelyssä tuotettavien kasvien monipuolista hyödyntämistä sekä vähentää jätteen määrää. Esimerkiksi mikromuoveja voitaisiin korvata kuorintatuotteissa marjojen siemenillä. Kotimaisille sivuvirroille olisi kosmetiikkateollisuudessa kiinnostusta, mutta niiden saatavuus ja hinta ovat tällä hetkellä esteenä. Sivuvirtojen prosessointi edellyttää usein sellaisia laitteita tai erikoisosaamista, joita yritykseltä ei löydy. Sivuvirtojen vaihteleva koostumus on huomioitava kosmetiikkatuotteen valmistuksessa tasalaatuisen tuotannon takaamiseksi (Lipasti & Vuorela 2020).

Kosmetiikan uusille raaka-aineille pitää tehdä turvallisuusselvitys ennen niiden hyväksymistä EU:n ylläpitämälle kosmetiikan raaka-ainelistalle. Osalle raaka-aineista on määritelty enimmäispitoisuusrajat ja rajoituksia siitä, missä tuotteissa niitä saa käyttää. EU:n hyväksymät raaka-aineet sekä niiden käyttötarkoitus, esimerkiksi kosteuttava, hoitava, pehmentävä, viskositeetin säätäjä, säilöntäaine ja emulgaattori, löytyvät Euroopan komission ylläpitämästä CosIng-tietokannasta (Lähde: <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/cosing>) (Lipasti & Vuorela 2020).

Kosmetiikkateollisuudessa on hyödynnetty muun muassa omenaa ja omenan siemenöljyä. Omenan kuorissa ja siemenissä on bioaktiivisia yhdisteitä kuten antioksidantteja. Myös pektiiniä on käytetty kosmetiikassa.

Omenan siemenöljyä valmistetaan kuivaamalla omenamäski, jonka jälkeen siitä puristetaan öljyä. Siemenet voidaan myös erottaa mäskistä. Patentoidulla menetelmällä siemenet erotetaan mäskistä vedellä huuhtomalla ja linkoamalla, jolloin tiheyseron avulla siemenet saadaan erilleen jopa 97-prosenttisestii. Puristimia on markkinoilla ja ne soveltuvat myös muiden kasvien siemenöljyjen puristamiseen. Omenan siemenissä on öljyä noin 25 %, ja sitä käytetään kosmetiikassa ja elintarvikkeissa. Elintarvikkeeksi tarkoitettua tuotetta lisätään pieniä määriä lähinnä mausteeksi. Markkinoilla on tuotteita hiusten- ja ihonhoitoon. Omenan siemenöljy voi aiheuttaa allergiaoireita joillekin henkilöille. Omenamäskin hyödyntämiskohteita on esitetty taulukossa 21.

**Taulukko 21.** Omenamäskin hyödyntämismahdollisuuksia teknisissä tuotteissa (Mahli ym. 2021).

Käyttöluokka	Tarkoitus	Tuote	Mäskin esiprosessointi
Kosmetiikka	Kosmetiikan li-säaine	Siemenöljy, pektiini	Siementen erottelu ja öljyn puristus
Energia	Polttoaine	Bioetanol, butanol, metaani	Käyminen tai mädätys
Materiaalitekniikka	Biomuovit tai -tekstiilit	Keinonahka, biomuovi, syötävät pakkaukset, tekstiilit	-
Maanparannus	Kasvualusta	Kasvualustat kasveille, sienten viljelyyn	Kompostointi
Maanparannus	Lannoitus	Levitys peltoon	Kompostointi

### Kala ja rapu

Kalan nahkoja hyödyntää Suomessa muutama pieni käsityöyrittäjä. Tämä on hyvä esimerkki ennakolluulottomasta sivuvirran hyödyntämisestä korkean lisäarvon tuotteeksi. Kalannahkatuotteiden markkinat ovat kuitenkin rajalliset, eikä niillä ole suurta merkitystä nahkasivujakeen kokonaisvolyymien hyödyntämisessä.

Luonnonvarakeskuksen sinisen biotalouden tutkimusohjelmassa (Kallasvuo ym. 2021) selvitetiin, mitä mahdollisia korkean lisäarvon tuotteita voitaisiin valmistaa vähäarvoisista kaloista ja kalanjalostuksen sivutuotteista. Sellaisiksi arvioitiin mm. proteiini-, gelatiini- ja kollageenihiydrolysaatit, bioaktiiviset peptidit ja mineraalivalmisteet, joita voidaan hyödyntää mm. ravintolisissä, lääketeollisuudessa, kosmetiikassa ja einesten valmistuksessa. Blue Products -projektissa selvitettiin lisäarvotuotteiden kehittelyä silakasta, vähäarvoisista kaloista ja kalanjalostuksen sivuvirroista.

### 5.3.3. Väriaineet

Väriaineet ovat aineita, jotka lisäävät tai antavat uudelleen väriä elintarvikkeeseen. Kyseessä voivat olla elintarvikkeen omat luontaiset ainesosat tai muista luontaisista lähteistä olevat aineet, joita ei tavanomaisesti sellaisenaan käytetä elintarvikkeina tai elintarvikkeille ominaisina ainesosina. Asetuksessa (EY) 1333/2008 tarkoitettuja väriaineita ovat myös elintarvikkeista ja muista luontaisista syötävistä ainesosista selektiivisesti uuttamalla saadut valmisteet, joiden uuttamisessa pigmentit erotetaan ravinto- ja aromiaineista.

Elintarvike- ja juomateollisuus käyttää laajalti väriaineita tuotteidensa houkuttavuuden lisäämiseksi. Vaikka sekä keinotekoiset että luonnolliset väriaineet on hyväksytty käytettäväksi ihmisravinnossa, kuluttajat suosivat yleensä luonnontuotteita (Cian ym. 2012). Vaikka väriaineiden turvallisia luonnollisia lähteitä on monia, niiden käyttö elintarvikkeissa riippuu suuresti raaka-aineen saatavuudesta.

Luuhiiltä saadaan, kun luuta sisältävää materiaalia käsitellään korkeassa lämpötilassa. Luuhiiltä on käytetty mm. alkoholijuomien suodatukseen, väriaineena esimerkiksi öljyväreissä ja kosmetiikan väriaineena. Luuhiiltä käytetään myös fluoridin poistoon vedestä ja raskasmetallien

suodatukseen nestemäisistä liuoksista sekä maaöljymassan puhdistuksessa ja käsittelemisessä raakaöljyksi. Sokeriteollisuudessa luuhiiltä käytetään värinestoaineena.

### Kasvisvärit

Kasvivärit ovat kasvien sisältämiä väriaineita. Niitä käytetään elintarvikkeiden ja tekstiilikuitujen värjäämiseen sekä mm. kosmetiikassa hiusten ja ihon värjäämiseen. Kasvivärejä ovat muun muassa indigo, sahrami, henna ja kurkuma. Väriaineiden raaka-aineeksi sopivia kasveja ovat mm. porkkana, punajuuri, punakaali, kamomilla, nokkonen, kehäkukka ja marjat.

### Veri

Hemoglobiinia voidaan käyttää lihateollisuudessa väriaineena tai värin paranteena makkarassa ja muissa lihatuotteissa. Veri on luonnollisen punaisen väriaineen lähde. Lisäetuna hemoglobiinin käytölle punaisena pigmenttinä on raudan puutoksen torjunta (Ofori ja Hsieh 2012). Sen punainen väri on kuitenkin epävakaa ja riippuu suurelta osin raudan hapetusstilasta. Oksihemoglobiini, raudan hapetusmuoto ( $\text{Fe}^{2+}$ ), on väriltään kirkkaan punainen, mutta kun rauta hapeutetaan ferriraudaksi ( $\text{Fe}^{3+}$ ), tuloksena olevalla methemoglobiinille on ominaista ruskea väri, joka ei ole toivottava. Lisäksi teollisessa mittakaavassa käytetyt säilöntätekniikat, kuten sumutuskui-vaus, edistävät hemoglobiinin hapettumista methemoglobiiniksi. Prosessi voi jatkua kuivatun tuotteen varastoinnin aikana. Hemoglobiini voidaan stabiloida estämällä hapen pääsy rautaan ja vähentämällä itsehapettumista, jolloin sitä voidaan käyttää luonnollisena punaisena väriaineena. Punamultamaalin väriaineena käytetään myös verta.

#### 5.3.4. Eristeet ja tekstiilit

Broilerin höyhenten hyödyntämistä eristeenä selvitettiin vuonna 2019. Teurastamon prosessista saadut, murskatut höyhenet pestiin, desinfioitiin ja kuivattiin. Höyhenten eristyskykyä mitattiin Brnon teknisessä yliopistossa.

Lämmönjohtokyvyksi höyhenille saatiin  $0,0331 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ , kun eristepaksuus oli  $38,277 \text{ mm}$  ja tiheys  $54,92 \text{ kg}/\text{m}^3$ . Lämmönjohtavuus kuvaa sitä, miten hyvin materiaali johtaa lämpöä. Mitä pienempi lukuarvo on, sitä parempi eriste materiaali. Esimerkiksi yleisesti eristeenä käytettävällä lasivillan lämmönjohtokyky on  $0,032 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ , ekovillan  $0,040 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  (levynä  $0,039 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  ja kivivillan  $0,033 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  (Aro ym. 2020).

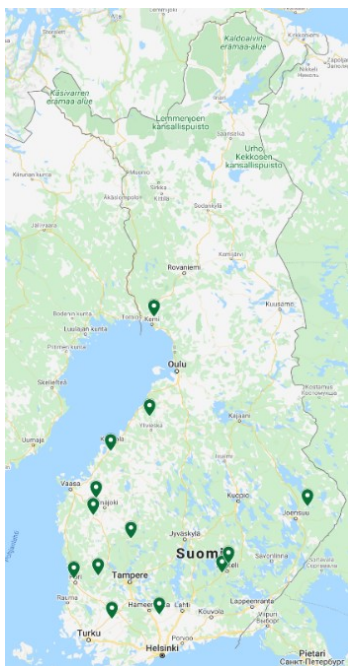
Lampaiden villasta voidaan valmistaa erilaisia tuotteita, mm. tekstiilejä ja eristeitä esim. perinne- ja korjausrakentamiseen, öljynkeräysmattoja, kasvualustoja sekä eläinten pesäkoppeja. Villalla on erinomainen eristyskyky ja hyvät palonesto-ominaisuudet (Hearle ym. 2008).

Höyhenten ja villan hiilijalanjälkimääritykset on esitetty luvuissa 5.4.4. ja 5.4.5.

### 5.3.5. Puruluut, nahkatuotteet

Suomessa trimmataa vuosittain noin 250 000 vuotaa. Suomessa tuotettu vuota on yleensä aika paksua, ja se soveltuu erityisesti tekniseen käyttöön, kuten autojen penkeiksi ja laivojen sisustuksiin. Naudan- ja hirvennahoista valmistetaan koirille puruluuta sekä muita koirien herkuja. Myös kalannahkaa hyödynnetään jonkin verran ja siitä tehdään erilaisia asusteita, laukkuja ym.

Suomessa on muutama nahkoja hyödyntävä yritys (kuva 11).



**Kuva 11.** Nahkoja ja taljoja hyödyntävien yritysten sijainnit.

### 5.3.6. Bioetanoli

Bioetanolilla tarkoitetaan etyylialkoholia, joka on valmistettu tärkkelys-, selluloosa- tai sokeri-pitoisista raaka-aineista energiakäyttöön polttoaineeksi. Bioetanolin raaka-aineet sisältävät runsaasti hiilihydraatteja, esimerkiksi tärkkelystä, selluloosaa ja sokereita, joita syntyy esimerkiksi kasvien käsittelystä. Bioetanolia syntyy hapettomissa olosuhteissa entsyymien hiivojen hajottaessa orgaanista ainesta. Sivutuotteena syntyy hiilidioksidia, ja jäljelle jää mäskiksi tai ranniksi kutsuttu kiinteä massa. Syntynyt mäski voidaan hyödyntää rehuna tai mädättää.

## 5.4. Tuotteistamisen hiilijalanjäljet

Elinkaarilaskenta tehtiin SimaPro-elinkaarilaskentaohjelmalla. Raaka-aineiden elinkaaristen ympäristötietojen lähteenä oli Ecoinvent 3-tietokanta. Sähköntuotannon päästöt perustuvat Lukessa tehtyyn Suomen sähköntuotannon mallinnukseen, joka pohjautuu Energiategollisuus ry:n tilastotietoihin Suomen sähköntuotannon rakenteesta vuonna 2020 ja selvitykseen sähkönjakeluverkkojen häviöistä sekä Tilastokeskuksen tilastoihin polttoon perustuvan energiantuotannon hiilidioksidipäästöistä ja tuotannon hyötysuhteista sekä polttoaineiden ominaispäästöistä (Energiategollisuus ry Sähkötalasto, Tilastokeskus Energiatilasto, Tilastokeskus polttoaineluokitus 2020). Ajoneuvojen suorat moottoripäästöt perustuvat VTT:n LIPASTO-

tietokantaan. Muiden raaka-aineiden tavoin polttoaineiden hankinnan tai tuotannon päästö-tiedot perustuvat Ecoinvent 3-tietokantaan.

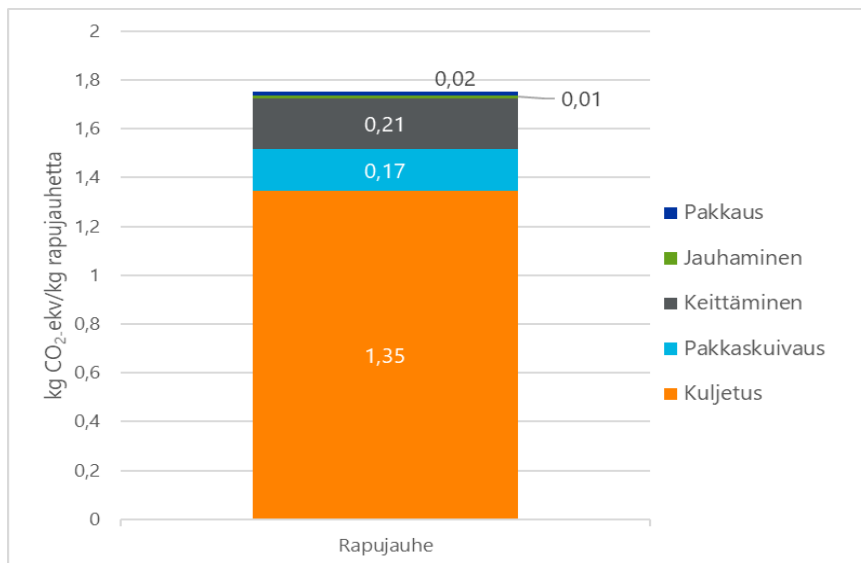
Ympäristövaikutusten arviointia on vaikea tehdä kattavasti ja luotettavasti, kun arvioitavana on valmistusprosessi, jota ei vielä ole tuotantomittakaavassa toteutettu, eikä siten arviointiin tarvittavaa todellista mitattua tietoa prosessista ole käytettävissä. Siksi tässä tutkimuksessa ympäristövaikutusten arviointi on rajattu koskemaan vain fossiilista ilmastovaikutusta (hiilijalanjälki), koska siihen vaikuttavista tekijöistä, kuten sähkönkulutuksesta ja kuljetuksista oli mahdollista saada kohtuullisen luotettavat tiedot.

#### 5.4.1. Rapujauho

Tutkimuksessa käytettiin seuraavia rajauksia ja lähtötietoja. Rapujauhe valmistetaan ravustuksen yhteydessä saaliiksi saaduista liian pienen kokonsa vuoksi myyntiin kelpaamattomista ravuista. Ravut kuljetetaan pyyntipaikalta pakettiautolla keskimäärin 100 kg lasteina 150 km matka. Jauheen valmistusprosessissa ravut keitetään, pakkaskuivataan, jauhetaan ja pakataan yhden litran eli n. 600 g kartonkitölkkeihin. Käytetyn kartongin neliöpainoksi oletettiin 300 g. Yhtä lopputuotekiloa kohti tarvitaan 3,45 kg tuoreita rapuja. Keittämiseen, kuivaukseen ja jauhamiseen tarvittavista tuotantopanoksista otettiin huomioon vain sähkönkulutus. Keittämiseen tarvittavaa vettä ei otettu huomioon. Myöskään pakkaamiseen tarvittavaa sähköä ei otettu huomioon, sillä sitä ei ollut käytettävissä olevan tiedon avulla mahdollista arvioida. Muiden tutkimusten pohjalta voidaan kuitenkin arvioida, että pakkaamisen energiankulutus on häviävän pieni keittämiseen ja kuivaukseen verrattuna, joten sen poisjättämisen merkitys on lopputuloksen kannalta hyvin vähäinen.

Rapujen keiton, kuivauksen ja jauhamisen energiankulutukset perustuvat monien eri kirjallisuuslähteiden pohjalta tehtyihin asiantuntija-arvioihin tuotantomittakaavan energiankulutuksesta. Keittämisen sähkönkulutukseksi arvioitiin 1,6 kWh/kilo lopputuotetta, kuivaamisen 2 kWh/kg lopputuotetta ja jauhamisen 0,1 kWh/kilo lopputuotetta.

Rapujauheen hiilijalanjälki yhtä tuotekiloa kohti oli 1,75 kg CO<sub>2</sub>-ekv. Tulokset tuotantovaiheittain on esitetty kuvassa 12. Valtaosa hiilijalanjäljestä, 77 %, aiheutui pyydettyjen rapujen kuljetuksesta jatkojalostukseen. Tämä johtuu siitä, että kuljetusmatka on suhteellisen pitkä, kuljettavat määrät pieniä ja kuljetusmuoto energiatehoton. On mahdollista, että todellisuudessa pikkuravut kuljetettaisiin ainakin osan matkasta muiden kuljetusten yhteydessä, jolloin ravuille kohdistuisi paljon pienempi osuus kuljetuksen päästöistä. Samoin kuljetusajoneuvon energiankulutuksella ja käyttövoimalla on suuri vaikutus päästöihin. Tässä laskennassa oletettiin käytettävän tavanomaista dieselkäyttöistä autoa.

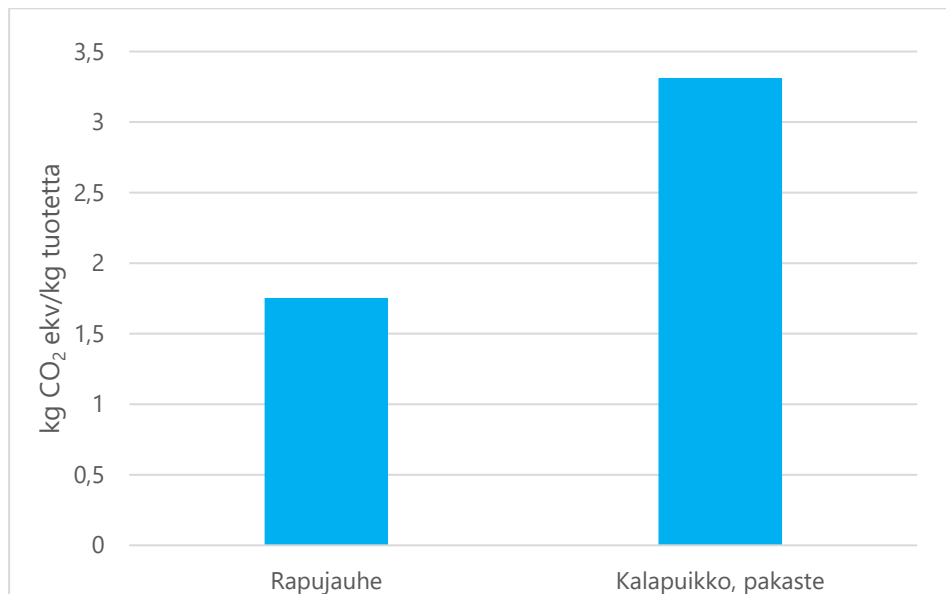


**Kuva 12.** Rapujauheen hiilijalanjälki CO<sub>2</sub>-ekvivalentteina tuotekiloa kohti prosessivaiheittain.

Kuivaus ja keittäminen muodostivat lähes yhtä suuret osuudet hiilijalanjäljestä. Näiden vaiheiden hiilijalanjälki syntyi kokonaisuudessa kulutetusta sähköstä. Keittämisen vedenkulutusta ei otettu huomioon, mutta sen vaikutus olisi vähäinen. Jauhaminen kuluttaa kuivaamiseen ja keittämiseen verrattuna hyvin vähän sähköä, minkä seurauksena siitä aiheutuva hiilijalanjälki oli hyvin pieni, kuten myös pakkausmateriaalina käytettävän kartonginkin. Suomessa tuotetun sähkön hiilijalanjälki on varsin pieni, vuoden 2020 sähköntuotantorakenteella laskettuna vain 107 g CO<sub>2</sub>-ekv/kWh, minkä seurauksena rapujauheen valmistuksen suhteellisen energiantensiivisetkään vaiheet eivät kasvattaneet rapujauheen hiilijalanjälkeä kovin paljon.

Hiilijalanjäljen koon suhteuttamiseksi muihin tuotteisiin rapujauhekilon hiilijalanjälkeä on kuvassa 12 verrattu pakastekalapuikon hiilijalanjälkeen, joka on laskettu Ecoinvent-tietokannan prosessilla "1 kg Frozen fish sticks, hake {GLO} | market for frozen fish sticks, hake | Cut-off, U (of project Ecoinvent 3 - allocation, cut-off by classification)".

Vaikka rapujauhe on varsin voimakkaasti prosessoitu, oli sen hiilijalanjälki silti selvästi pienempi kuin kalapuikkojen kaltaisella markkinoiden suurella volyymituotteella. Kalapuikkojen hiilijalanjäljestä valtaosa muodostuu kalastusalusten polttoaineen kulutuksesta (kuva 13).



**Kuva 13.** Rapujauheen ja pakastekalapuikkojen hiilijalanjäljen vertailu CO<sub>2</sub>-ekvivalentteina tuotekiloa kohti. Pakastekalapuikkojen hiilijalanjäljen lähde Ecoinvent.

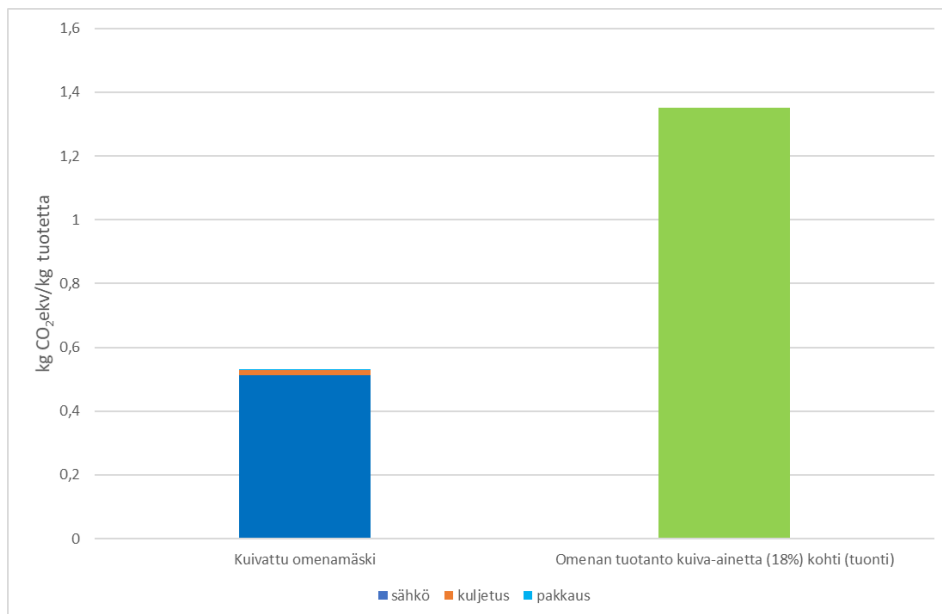
#### 5.4.2. Kuivattu omenämäski

Omenämäskin käsittelyvaihtoehdoista valittiin tarkasteltavaksi kuivaus. Kuivattuna omenämäski on helppo säilyttää ja sitä voidaan käyttää esimerkiksi hevosten rehuissa. Tutkimuksessa käytettiin seuraavia rajoituksia ja lähtötietoja. Valmistusprosessi on yksinkertainen, prosessivaiheita ovat vain kuivaus ja pakkaus. Omenämäski oletetaan kerättäväksi niin, ettei kuljetusmatka käsittelylaitokselle ole kuin keskimäärin 50 km ja kuljetusmäärät niin suuria, että kuljetus tapahtuu 15 tonnin kuorma-autolla, paluukuljetus on oletettu tyhjäksi. Omenämäskin kuiva-ainepitoisuus on tyypillisesti 18–20 %, jolloin yhteen kiloon lopputuotetta laskettiin kuluvaan 4,75 kg tuoretta omenämäskiä. Kuivaus tapahtuu kondenssikuivurilla, jonka energiankulutus on nopeampia kuivausmenetelmiä pienempi. Kuivattu omenämäski pakataan 30 litran paperisäkkeihin.

Kuivatun omenämäskin hiilijalanjälki oli 0,53 kg CO<sub>2</sub>-ekv/kilo kuivaa omenämäskiä. Kuvan 13 mukaan hiilijalanjälki muodostui lähes yksinomaan kuivauksen sähkönkulutuksesta (97 %). Pakkaamisen sähkönkulutusta ei otettu huomioon, sillä sitä ei ollut saatavilla lähtötietoja. Pakkaaminen on joka tapauksessa kuivauksen verrattuna hyvin vähän energiaa kuluttava prosessi, joten tiedon puuttuminen ei ole lopputuloksen kannalta merkittävä. Pakkauksen hiilijalanjälki muodostui tässä laskennassa pakkausmateriaalina käytetyn ruskean voimapaperin valmistuksesta ja sen osuus jäi olemattoman pieneksi, sillä voimapaperin hiilijalanjälki on pieni. Kuljetukset aiheuttivat n. 3 % hiilijalanjäljestä.

Kuvassa 14 omenämäskin kuivauksen rinnalla on esitetty tuoreomenan tuotannon hiilijalanjälki omenan arvioitua kuiva-ainepitoisuutta (18 %) kohti laskettuna. Laskenta on tehty Ecoinventin prosessilla "1 kg Apple {GLO} market for | Cut-off, U (of project Ecoinvent 3 - allocation, cut-off by classification)", joka kuvaa keskimääräistä markkinoilla olevaa kaupallista tuoretta omenaa koko maailman tuotanto huomioiden. Kotimaiselle omenalle ei ole saatavilla hiilijalanjälkeä, mutta koska Suomen olosuhteissa keskisadot ovat pienempiä kuin suurissa omenantuotajamaissa, saattaisi kotimaisen omenan hiilijalanjälki olla jonkin verran tässä esitettyä suurempi. Omenan tuotannon hiilijalanjälki kuvaa sitä hiilijalanjälkeä, joka vältetään, kun tuote

valmistetaan omenamäskistä kokonaisen omenan sijaan. Vältetyn hiilipäästön suuruus on yli kaksi ja puolikertainen verrattuna omenamäskin jatkojalostuksesta aiheutuvaan päästöön.



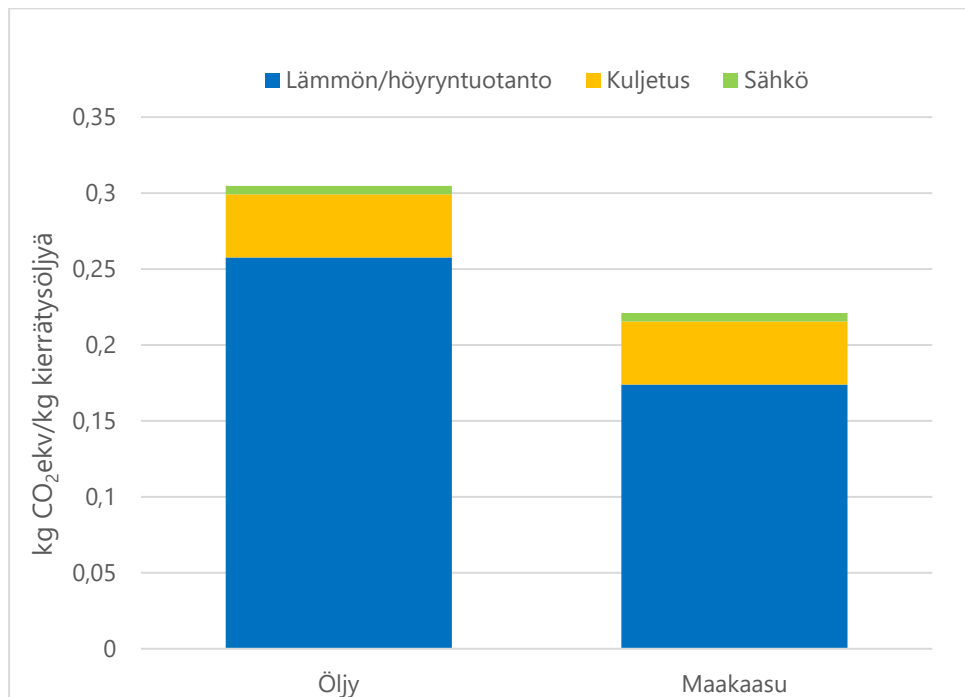
**Kuva 14.** Kuivatun omenamäskin hiilijalanjälki prosessivaiheittain ja tuontiomenan tuotannon kokonaishiilijalanjälki (Ecoinvent).

### 5.4.3. Eläinrasva kierrätysöljyksi

Lihantuotannon sivuvirtana syntyvistä eläinrasvoista voidaan jalostaa raaka-ainetta dieselöljyn valmistukseen. Samaa rasvaa voidaan käyttää myös eläinten ruuissa, mutta rasvojen hyödyntämistä on tarkasteltu erityisesti dieselin valmistuksen näkökulmasta.

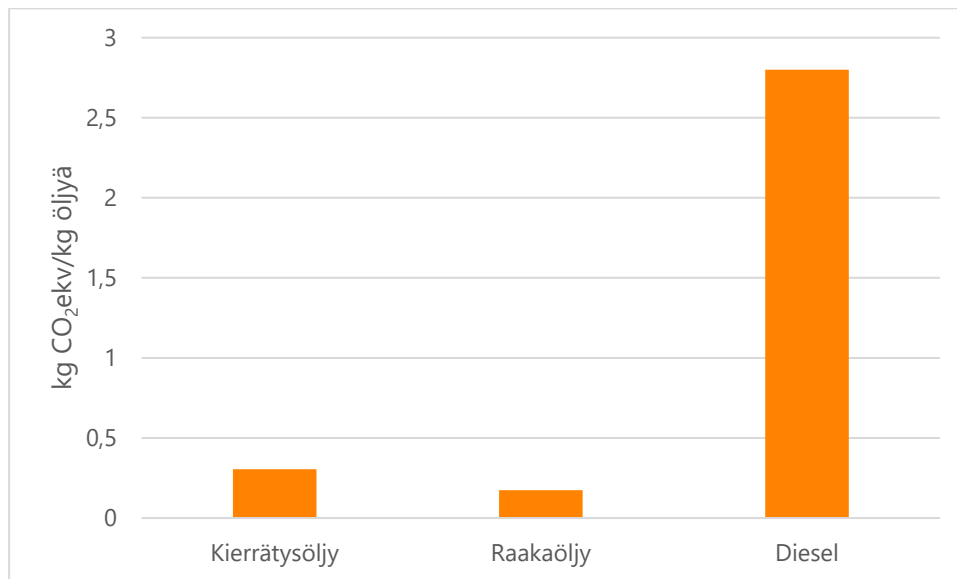
Tutkimus tehtiin seuraavilla taustatiedoilla ja rajauksilla. Rasva kuljetetaan 6000 kg erissä 15 t kuorma-autolla keskimäärin 200 km matka tuotantolaitokselle. Itse prosessissa raaka-aine jauhetaan ja kuumennetaan. Tarvittava lämpöenergia ja prosessihöyry tuotetaan kattilassa, jonka polttoaineena on tässä laskelmassa vertailtu raskasta polttoöljyä ja maakaasua. Tuote kuljetetaan tankkiautoilla suoraan jatkojalostukseen, joten pakkaamista ei tarvita. Prosessin lähtötiedot kuljetusten ja energiankulutuksen osalta on saatu Rasmix Oy:ltä, joka käsittelee eläinrasvoja kierrätysöljyiksi. Kierrätysöljyn hiilijalanjälkilaskennan tulos on esitetty kuvassa 15. Vertailtavana on oma energiantuotanto kahdella eri polttoaineella, raskaalla polttoöljyllä ja maakaasulla. Hiilijalanjäljestä selvästi suurin osa syntyi prosessoinnissa tarvittavan lämmön tai höyryn tuottamisessa, sillä sähköä kului prosessissa hyvin vähän. Kuljetusten osuus hiilijalanjäljestä oli energiantuotannon polttoaineesta riippuen 14–18 %, eli kuljetusmatkan pituudella ja kuljetuserien suuruudella oli jonkin verran merkitystä. Oleellisinta ympäristövaikutusten kannalta oli itse prosessin energiankulutus, vaikka hiilijalanjälkeä voikin pienentää polttoaineenvalinnalla, esim. tuottamalla energian uusiutuvilla polttoaineilla.





**Kuva 15.** Kierrätysöljyn valmistus eläinrasvoista. Hiilijalanjälki prosessivaiheittain kahdella eri polttoainevaihtoehdolla laskettuna.

Dieselin tuotannossa kierrätysöljy korvaa fossiilista raakaöljyä. Jos raakaöljyn tuotannosta otetaan huomioon vain öljyn pumppaus ja kuljetus markkinoille, kierrätysöljyn hiilijalanjälki on Ecoinventin tietojen perusteella raakaöljyn hiilijalanjälkeä suurempi. Bioperäisen öljyn polttoainekäytön hyödyt tulevat kuitenkin esiin, kun mukaan otetaan öljyn polton päästöt, jotka biopohjaiselle öljylle ovat laskennallisesti nolla. Kierrätysöljyn ja raakaöljyn tuotannon hiilijalanjälki sekä dieselin polton hiilidioksidipäästöt on esitetty kuvassa 16, josta näkyy, kuinka raaka-aineen tuotannon päästöjen merkitys oli suhteellisen vähäinen verrattuna polttoaineen polton päästöihin.



**Kuva 16.** Kierrätysöljyn ja raakaöljyn tuotannon hiilijalanjälki sekä dieselin polton suorat kasvi-huonekaasupäästöt. Raakaöljyn hiilijalanjäljen lähde Ecoinvent.

#### 5.4.4. Höyheneriste

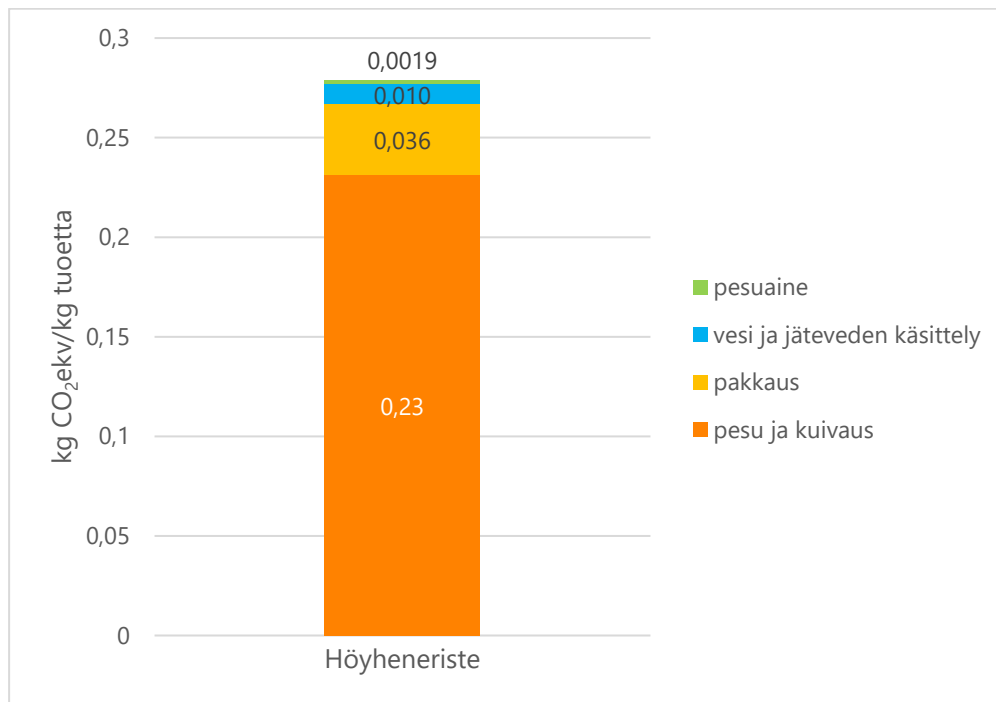
Siipikarjan lihan tuotannon sivuvirtana syntyvästä höyhenestä voisi olla mahdollista valmistaa rakennuseristettä, jota käytettäisiin puhallusvillan tavoin. Tutkimus tehtiin seuraavilla rajauksilla ja lähtötiedoilla. Valmistusprosessissa lihantuotantolaitokselta tuleva murskattu höyhenmassa seulotaan, pestään 60 asteessa hienopesuaineella, lingotaan ja kuivataan kondenssi-kuivaimella. Lopuksi valmis tuote pakataan 150 kg:n muovisiin suursäkkeihin. Koska yhdellä tuotantolaitoksella syntyy niin paljon höyheniä, ettei niitä tarvitse keräillä useammasta kohteesta riittävän raaka-ainemäärän saamiseksi, on prosessoinnin ajateltu tapahtuvan broilerituotannon yhteydessä, jolloin kuljetuksia ei tarvita.

Pesuaineen kulutus perustui koe-erän pesuun, jossa pesuainetta käytettiin 3 dl 40 kg pesuerään. Vedenkulutuksena käytettiin 60 kg/kg höyhentä (Tseng 2011) ja jätevettä oletettiin syntyvän yhtä paljon, sillä höyhenet ovat prosessiin tullessaan valmiiksi märkiä. Pesu ja kuivaus kuluttivat yhteensä 2,13 kWh sähköä (CINET). Seulonnan ja pakkauksen energiankulutusta ei otettu huomioon, sillä niiden arvioimiseksi ei ollut olemassa lähtötietoja, mutta pesun ja kuivauksen energiankulutukseen verrattuna niiden kulutuksen voi olettaa olevan merkityksettömän pientä.

Höyheneristeen hiilijalanjälki tuotekiloa kohti oli 0,28 kg CO<sub>2</sub>-ekv. Kuvassa 17 on esitetty höyheneristeen hiilijalanjälki prosessivaiheittain. Pesu ja kuivaus paljon energiaa kuluttavina tuotantovaiheina muodostuvat luonnollisesti suurimman osan hiilijalanjäljestä (83 %). Jos pesuveden lämmityksessä tai kuivauksessa voisi hyödyntää broilerin tuotannossa syntyvää hukkalämpöä, se pienentäisi hiilijalanjälkeä huomattavasti. Pakkausmateriaalin valmistuskin muodosti suhteellisen ison osuuden hiilijalanjäljestä, n. 13 %.

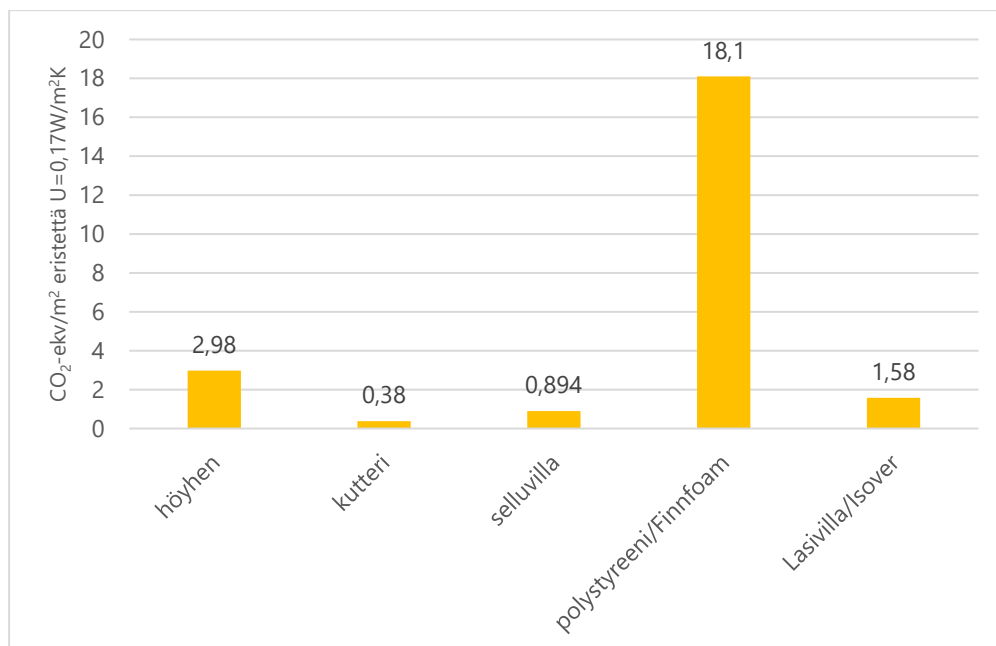
Käyttötarkoituksessaan eristeenä tulee huomioida myös tuotteen hiilijalanjälki tuotteen toiminnallisuutta kohti, eristeen tapauksessa tietyn eristävyuden tuottavaa eristekerrosta kohti. Kuvassa 18 on esitetty höyheneristeen sekä kutterilastun, selluvillan, lasivillan ja polystyreenin hiilijalanjäljet eristeneliölle, jonka lämmönläpäisykerron eli U-arvo on 0,17 W/m<sup>2</sup>K (Jallinoja 2020). Höyheneristeen hiilijalanjälki oli tässä vertailussa suurempi kuin kutterin, selluvillan ja kivivillan, jotka kaikki ovat valmiiksi puhtaita ja kuivia materiaaleja, ja siksi niiden prosessointi kuluttaa

vain vähän energiaa. Erityisesti näin on kutterinlastun kohdalla, jota ei tarvitse prosessoida juuri lainkaan ennen eristekäyttöä.



**Kuva 17.** Höyheneristeen hiilijalanjälki prosessivaiheittain.

Polystyreeniin verrattuna höyheneristeen hiilijalanjälki sen sijaan oli selvästi pienempi, mutta huomioitava on silti, että levyeristeenä polystyreeni soveltuu moniin sellaisiin kohteisiin, joissa irtomateriaalina käytettävä höyhen ei ole vaihtoehto (kuva 18).



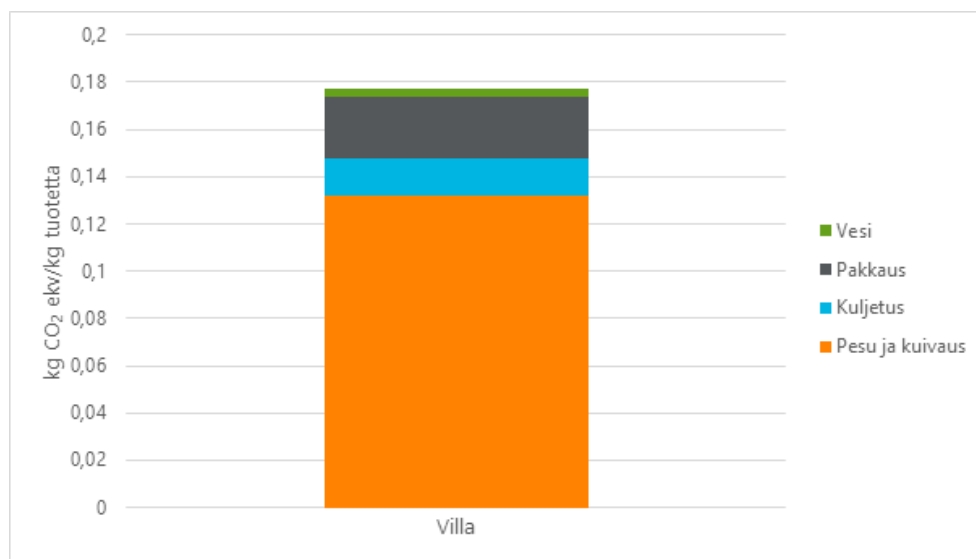
**Kuva 18.** Eri eristemateriaalien hiilijalanjälki eristeneliötä kohti, joka U-arvo on 0,17 W/m<sup>2</sup>K.

### 5.4.5. Villa

Lampaanlihan tuotannon sivuvirtana syntyvä villa ei tuotteeksi prosessoinnin osalta poikkea muusta villan käsittelystä, eli se tarvitsee vain pesun ja kuivauksen, jonka jälkeen se on valmista jatkojalostettavaksi villatuotteiksi, kuten langaksi.

Tutkimus tehtiin seuraavilla rajauksilla ja muuttujilla. Villa kuljetetaan 200 km matka kuuden tonnin erissä kuorma-autolla. Villa pestään 45–60 °C:ssa, kuivataan linkoamalla ja kondenssi-kuivaamalla ja pakataan voimapaperisiin säkkeihin. Pesuveden kulutus yhtä villakiloa kohti on noin 20 litraa. Yhtä lopputuotekiloa kohtia tarvitaan 1,3 kiloa raakavillaa (Sikanen 2019). Villasta irtoaa pesussa pääasiassa rasvaa, lanoliinia, joka voidaan ottaa talteen jätevedestä ja ohjata hyötykäyttöön. Pesun ja kuivauksen energiankulutuksena käytettiin arvoa 0,45 MJ/kg (Cardoso 2013, EC 2003). Pesuaineen kulutuksen määrää ei arvioitu, mutta kuten höyheneristeen laskelmasta käy ilmi, on pesuaineen vaikutus hiilijalanjälkeen oletettavasti hyvin vähäinen.

Villan hiilijalanjälki prosessivaiheittain on esitetty kuvassa 19. Villan prosessoinnin hiilijalanjälki oli n. 0,153 g CO<sub>2</sub>-ekv/kg villaa. Kuten höyhenelläkin, suurin osa (86 %) hiilijalanjäljestä muodostui pesun ja kuivauksen sähkönkulutuksesta. Siihen nähden, että villaa kuljetetaan laskentamallissa melko pienessä erässä pitkä matka, eli kuljetuksen osuus hiilijalanjäljestä ollut kovin suuri, reilu 10 %. Käsittelyyn tulevan villan keräilyä suhteellisen pitkienkin etäisyyksien takaa ei voi kuljetusten hiilijalanjäljen näkökulmasta siis pitää kovin haitallisena ratkaisuna. Pakkausmateriaalina käytetyn voimapaperin hiilijalanjälki oli hyvin pieni, kuten myös pesussa tarvittavan veden ja sen puhdistuksen.



**Kuva 19.** Villan prosessoinnin hiilijalanjälki prosessivaiheittain.

Ecoinvent-tietokannan mukaan Yhdysvalloissa tuotetun lampaanvillan alkutuotannon hiilijalanjälki on 20 kg CO<sub>2</sub>-ekv/kg, mutta on huomioitava, että kyseisen laskennan lampaat ovat ruokittu rehulla, joka muodostaa suurimman osan hiilijalanjäljestä. Villan hiilijalanjäljen koko luultavimmin vaihtelee suuresti riippuen lampaan ruokintatavasta ja myös siitä, kasvatetaanko lammasta ensi sijassa villan- vai lihantuotantoa varten. Tästä huolimatta voidaan sanoa, että villan prosessoinnin hiilijalanjälki on pieni verrattuna villan alkutuotantoon, ja siksi lihantuotannon sivuvirtana syntyvän villan saaminen hyötykäyttöön on ympäristönäkökulmasta erittäin perusteltua.

## 6. Logistiikka

Logistiikan tavoitteena on toimittaa raaka-aineet, puolivalmisteet ja valmiit tuotteet sovittuun paikkaan ja aikaan, sovittu määrä sovittuun laatuun. Toimitus on hoidettava kunkin yrityksen valitseman palvelutason mukaisesti siten, että yrityksen taloudellinen tulos on mahdollisimman hyvä. Samalla on pyrittävä kuormittamaan ympäristöä mahdollisimman vähän ja otettava huomioon mahdolliset turvallisuusriskit. Materiaalivirran lisäksi logistiikkaan kuuluu tieto- ja rahavirtojen kulkuun liittyvä suunnittelu sekä yhteiskunnallisten ja ympäristövaikutusten tarkastelu.

Eloperäisten sivutuotteiden sekä muiden tuotannon sivuvirtojen hyödyntämiseen liittyy useita pullonkauloja. Ne koskevat osin logistisia ratkaisuja, kysynnän ja tarjonnan kohtaamattomuutta sekä eri jakeiden hyödyntämisen liiketaloudellista kannattavuutta yleensä. Yritysten tulisi panostaa enemmän yhteistyöhön ja toimintaan, jotta korkeita logistiikkakustannuksia saataisiin alhaisemmiksi (ETL 2020).

Sivuvirtojen kierrätysliiketoiminnan kannattavuutta on mahdollista parantaa kehittämällä teknologiaa ja prosesseja. Kierrätysliiketoimintaa jarruttavat tekijät ovat usein taloudelliseen kannattavuuteen sekä toisinaan myös lainsäädäntöön liittyviä kysymyksiä.

### 6.1. Säilytys ja kuljetus

Sivutuotekuljetuksia valvotaan kuten muutakin sivutuotealan toimintaa. Kuljetusten osalta valvonnassa korostuvat sivutuotteiden merkitsemiseen, kaupallisiin asiakirjoihin ja kirjanpitoon liittyvät asiat. Sivutuoteasetuksen mukaista rekisteröintiä ei vaadita toimijoilta, jotka on rekisteröity tai hyväksytyt harjoittamaan kuljetusta rehulain nojalla. Rekisteröintiä ei myöskään vaadita toimijoilta, jotka on hyväksytyt sivutuoteasetuksen 24 artiklan tai elintarvikelain mukaisesti, ja jotka kuljettavat sivutuotteita ja niistä johdettuja tuotteita sivutoimenaan hyväksytyyn laitoksen lukuun eikä kuljetusliikkeiltä, jotka on rekisteröity jätelain nojalla.

Toimijoiden maantieteellistä etäisyyttä on pidetty keskeisenä tekijänä sivutuoteliiketoiminnan, logistiikan, yhteistyön ja tiedonkulun näkökulmasta (Ashton & Bain 2012, Lombardi & Laybourn 2012). Tämä pätee myös elintarviketeollisuuden sivuvirtojen hyödyntämisessä. Hyvälaatuista materiaalia kannattaa kuitenkin hakea myös kauempaa.

Kylmäketjulla tarkoitetaan sitä, että elintarvikkeiden lämpötilat ovat riittävän alhaisia läpi koko elintarvikeketjun. Kylmäketjujen on oltava yhtenäisiä ja katkottomia, jotta tuotteet eivät pilaa, eikä niiden laatu heikkene. Esimerkiksi kuljetusvälineissä on jäähdytysjärjestelmät, jotka estävät tuotteiden lämpenemisen.

Eläinperäisille sivujakeille asetettuja vaatimuksia kuljetusten osalta (Ruokavirasto 2020a):

- Luokkien 1, 2 ja 3 eläimistä saatavat sivutuotteet on säilytettävä tunnistettavissa säiliöissä ja erillään toisistaan, ja elintarvikkeista, koko kuljetuksen ajan.
- Pakkaukseen tai muuhun pakkausmateriaaliin, säiliöön, irtolavaan, konttiin tai ajoneuvoon on merkittävä sivutuotteiden luokka sekä:
  - luokan 1 aineksen osalta teksti **ainoastaan hävitettäväksi**
  - luokan 2 aineksen osalta teksti **ei eläinten ruokintaan** tai siltä osin, kun luokan 2 ainesta käytetään turkiseläinten tai muiden sivutuoteasetuksen 18 artiklassa mainittujen eläinten ruokintaan, teksti turkiseläinten ruokintaan tms.
  - luokan 3 aineksen osalta teksti **ei ihmisravinnoksi**

- Jos kuljetetaan sivutuotteita, jotka vaativat kylmäkuljetuksen, on huolehdittava asianmukaisen lämpötilan säilymisestä kuljetuksen aikana.
- Luokan 3 sivutuotteiden kuljettaminen samassa kuljetuksessa elintarvikkeiden kanssa on mahdollista, kunhan nämä pidetään toisistaan selvästi erillään. Sivutuotteita ei saa kuljettaa elintarvikkeiden kanssa samassa kuljetuksessa eikä elintarvikkeiden kuljetukseen tarkoitettulla ajoneuvolla, jos riski elintarvikkeiden saastumiselle on olemassa.
- Toimijan on pidettävä kirjaa siitä, mitä sivutuotteita ja kuinka paljon, toiminnassa muodostuu sekä siitä, mihin eri luokkaa olevat sivutuotteet päätyvät. Määriä on myös seurattava.
- Sivutuotteita saa kuljettaa yrittäjä, jolla on sivutuotteiden kuljetukseen tarvittava kalusto, ja joka on rekisteröitynyt rehualan toimijaksi.
- Jos sivutuotteiden kuljetuksessa hyödynnetään uudelleen käytettäviä säiliöitä, välineitä tai kalustoa, on ne pestävä ja desinfioitava käytön jälkeen. Lisäksi ennen käyttöä niiden tulee olla puhtaita ja kuivia. Pesujen ja desinfiointien jäljitettävyyden on pystyttävä osoittamaan riittävällä kirjanpidolla sekä omavalvonnan kuvauksella.
- Myös mobiiliteurastamossa teurasjätteiden talteenotto on järjestettävä määräysten mukaisesti.

Kaupallisia asiakirjoja ja kirjanpitoa koskevat vaatimukset:

Sivutuotteiden ja niistä johdettujen tuotteiden mukana on kuljetuksen aikana oltava kaupallinen asiakirja. Kaupallinen asiakirja laaditaan vähintään kolmena kappaleena. Alkuperäinen kappale kulkee lähetyksen mukana vastaanottajalle, jonka on säilytettävä se itsellään. Lähettävälle laitokselle ja kuljetuksesta vastaavalle kuljetusliikkeelle jäävät jäljennökset. Kaupalliseksi asiakirjaksi voidaan katsoa esimerkiksi kuormakirja, rahtikirja, lähetylista tai vastaava siirtoasiakirja, jos sivutuotteita ja niistä johdettuja tuotteita kuljetetaan saman jäsenvaltion sisällä.

Kaupallisessa asiakirjassa on oltava lähetyspäivämäärä, lähettävän laitoksen nimi ja osoite sekä hyväksyntä/rekisteröintinumero, kuljetusliikkeen nimi ja osoite sekä kuljettajan allekirjoitus, vastaanottajan nimi ja osoite sekä tämän hyväksyntä/rekisteröintinumero, aineksen kuvaus ja sivutuoteluokka. Luokan 3 sivutuotteiden ja niistä johdettujen tuotteiden osalta eläinlajit, joista ko. tuote on valmistettu, jos ne on tarkoitettu käytettäväksi rehuaineena, esimerkiksi sian sisäelimiä, naudan pestyjä mahoja, kalkkunan kauloja, aineksen määrä sekä tarvittaessa ainekselle tehty käsittely, esimerkiksi hapotus.

Kuljetettaessa sivutuotteita tai niistä johdettuja tuotteita EU:n sisällä jäsenvaltioista toiseen, on käytettävä komission vahvistaman kaupallisen asiakirja mallia.

Lähettävien ja vastaanottavien laitosten sekä kuljetusliikkeiden on pidettävä kirjaa sivutuotteiden lähetyksistä. Kaupallista asiakirjaa säilytetään vähintään kaksi vuotta. Kirjanpidon tulee olla pyydettyä toimivaltaisen viranomaisen tarkastettavissa.

## 6.2. Varastointi

Teurastuksesta syntyvien sivutuotteiden varastointia varten on varattava riittävät varastointitilat, joissa on mahdollisuus pidempiaikaisen säilytyksen aikana jäähdytykseen tai jäädytykseen. Sivutuotteiden erillään pitämisen varmistamiseksi tulee niille varatut säilytysastiat merkitä selkeästi, esimerkiksi eri väreillä. TSE-riskiaine eli luokan 1 aines sekä kaikki luokan 1 ainekseen

yhdistettävä aines (luokan 2 ja 3 aines) on aina värjättävä siniseksi ja kerättävä selkeästi merkittyihin astioihin (Lehto ym. 2015).

Jos sivutuotteita hyödynnetään rehuksi, on ne säilytettävä jäädytettynä tai jäädytettynä, jos niitä ei käsitellä 24 tunnin kuluessa. Muut sivutuotteet, kuten veri, sorkat, sarvet, vuodat ja hylätyt osat tulee ohjata niille varattuihin tiloihin mahdollisimman suoraan työpisteestä. Säilytysastioiden vaatimuksena on, että niiden tulee olla helposti pestäviä ja kuivattavia. Säilytysastioiden tulee myös olla riittävän tiiviitä ja ehjiä.

### 6.3. Yritysten yhteistyö ja logistiikka

Hajallaan syntyvien kalanjalostuksen sivujakeiden hyödyntämismahdollisuudet ovat toistaiseksi lähinnä rehukäyttö turkistarhoilla, kompostointi ja käyttö biokaasun tuotannossa. Näissäkin käyttötavoissa ovat haasteena logistiikkakustannukset. Pienistä sivujaemääristä on pystyttävä keräämään riittävän suuria kuljetuseriä kylmä- tai haposäilytyksen avulla tai onnistuttava järjestämään säännöllisiä, lähes päivittäisiä, yhteiskuljetuksia samaan määränpähän tai saman kuljetusreitit varrella oleville yrityksille. Haastattelemalla yrittäjiä yritimme muodostaa käsitystä siitä, kumpaa menetelmää pidetään potentiaalisempana sivujakeiden keräämisessä. Molemmilla tavoilla oli kannattajia, ja monet pienyrittäjät pitivät sekä haposäilytyksen investointikuluja liian suurina. Aiheesta olisi hyvä tehdä perusteellinen tiedustelu yrittäjille. Kysymyksellä on paljon ko. sivujakeiden taloudellista arvoa suurempi merkitys, sillä sivujakeiden hävittämisestä nykykäytännöillä aiheutuu yrittäjille merkittäviä kustannuksia ja paikoin hävittämistavat ovat kyseenalaisia tai jopa säädösten vastaisia.

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulussa (Xamk) vuonna 2019 tehdyssä, Uusivu-hankkeeseen liittyvässä, opinnäytetyössä kartoitettiin Kaakkois-Suomen pienliha- ja kalatuotannossa syntyviä sivutuotteita ja etsittiin sekä kehitettiin parannuskeinoja yritysten logistiikkaan erilaisin keinoin. Logistiikan osalta työssä keskityttiin parantamaan erityisesti yritysten kuljetuksia ja varastointia. Tutkimusmenetelminä käytettiin haastatteluja, jotka toteutettiin yrittäjien kanssa puhelimitse, sähköpostitse tai paikan päällä yrityksissä. Haastatteluissa kaikilta yrityksiltä kysyttiin samoja tietoja, joita muokattiin kuitenkin yritys- ja tapauskohtaisesti. Itkonen ja Venesjärvi (2019) löysivät 25 yrittäjää Kaakkois-Suomesta tai sen välittömästä läheisyydestä, kuten Lahden seudulta. Suurin osa yrityksistä oli halukkaita alustavasti osallistumaan kyselyyn. Lopulta kyselyyn vastasi ainoastaan 11 yrittäjää, joista 6 oli kala- ja 5 lihayritystä. Kyselyyn osallistuneista lihantuottajista lähes kaikilla on käytössä jonkinlainen kylmäkontti tai kylmänä pidettävä varasto. Kylmäkontit tai pakkaskontit mahdollistavat pidemmän kuljetusvälin ja kustannustehokkaamman toiminnan.

Sivutuotteiden erottelu erilleen on usein työlästä liha-alan laitoksissa. Kyselyjen perusteella se vie paljon resursseja niin ajallisesti kuin myös taloudellisesti. Taloudellinen hyöty on tällä hetkellä yleensä pieni tai lähes olematon suhteessa työmäärään. Pahimmassa tapauksessa sivutuotteita ei eritellä. Haastatteluissa mukana olleilla kalayrityksissä muodostui ko. ajankohdanta ainoastaan luokan 3 sivutuotteita. Monessa yrityksessä sivutuotteet päätyvät biojätteeksi, minkä yrittäjät kokevat helpoimmaksi ja kustannustehokkaimmaksi vaihtoehdoksi varsinkin silloin, kun sivutuotteiden määrä oli pieni. Pieni osa vastaajista vei sivutuotteensa, esimerkiksi kalan suolet, biokaasulaitoksille, antoi metsästäjille loukkuihin tai kuljetti rehusekoittamoihin.

Suoria keinoja logistiikan kehittämiseen ovat kuljetusten vähentäminen, mikä käytännössä tarkoittaa yritysten välisiä ja yritysten yhteisiä kuljetuksia. Näitä vahvasti täydentävä keino olisi yritysten yhteiset teurastusajankohdat, joka toimiakseen vaatisi paljon yhteistyötä ja vuoropuhelua yrittäjien välillä. Näiden lisäksi merkittävä keino logistiikan kehittämässä ovat erilaiset

yrietysten yhteiset keskus- ja välivarastot. Toisin sanoen logistiikan kehittäminen vaatii keskitettyä toimintaa, jolloin saataisiin suuremmat volyymit yhteen paikkaan ja sivutuotteiden hyödyntäminen tehokkaammaksi.

Opinnäytetyön päätuloksena ja johtopäätöksenä oli, että yritysten täytyy hyödyntää logistiikkaa paremmin ja tehdä enemmän yhteistyötä muiden yrittäjien ja eri jatkojalostuslaitosten kanssa. Erilaisia yhteiskuljetuksia- ja varastoja on hyödynnettävä, jotta sivutuotteet saadaan paremmin hyötykäyttöön.

## Vienti

Vientiä koskevat vaatimukset vaihtelevat maittain ja tuotteittain. Eläin- ja kasvituotteille voi olla, kohdemaasta riippuen, hyvinkin erilaisia vientivaatimuksia. Eläinperäisille tuotteille on usein enemmän vaatimuksia kuin kasvituotteille. Vaatimuksilla kohdamaa haluaa varmistaa tuotteen turvallisuuden ja estää eläin- ja kasvitautien leviämisen. Vaatimukset voivat muuttua nopeasti, jos jokin eläin- tai kasvitauti puhkeaa (Ruokavirasto 2020b).

Eri ruhonosia hyödynnetään eri tavoin eri maissa. Vientiin menevät ruhonosat ovat usein ruhon edullisimpia osia, esimerkiksi sisäelimiä, joita Suomessa käytetään elintarvikkeena vain vähän. Naudan vuotia menee vientiin lähinnä Keski- ja Etelä-Euroopan auto- ja laivateollisuuden tarpeisiin. Pohjolassa kasvatettujen nautojen nahan arvostusta nostaa se, ettei niihin ole pesiytynyt pintaa rikkovia loiseläimiä. Vuotia viedään esimerkiksi Italiaan, Saksaan, Itävaltaan, Ruotsiin ja Norjaan.

## 6.4. Digitalisaation hyödyntäminen

Digitalisaation tehokas hyödyntäminen tarjoaa ruokaketjussa oleville yrityksille keinoja tehostaa toimintaansa, parantaa myyntiään, vähentää hävikkiä ja jätteen määrää, hyödyntää paremmin sivuvirtojaan sekä lisätä tuotteiden seurattavuutta. Kuluttajat ja muut loppukäyttäjät saavat sekä nykyistä parempia tuotteita että enemmän tietoa tuotteista ja niiden tuotantoketjusta. Digitalisaatio mahdollistaa myös entistä kattavamman tuotteiden jäljitettävyyden eli tiedon elintarvikeketjun kaikista vaiheista.

Digitalisuus on muuttanut ihmisten, yritysten ja erilaisten verkostojen välistä viestintää. Sivutuotevirrat ovat usein melko hajallaan ympäri Suomea ja niiden tarkkaa sijaintia ja tarkkoja määriä on hankala saada selville. Digitalisaation avulla voidaan toteuttaa palveluja, joiden avulla eri yritysten tarpeet saadaan kohtaamaan. Digitaalisuudesta puhutaan paljon kasvun mahdollistajana, mutta digitaalisuuden mahdollisuuksia hyödynnetään vielä melko vähän.

Digitaalinen palvelu voi olla näkymä tai käyttöliittymä, josta löytyy esimerkiksi muodostuvien sivujakeiden määrä. Tämä palvelu sisältää neljä perusominaisuutta tai tunnuspiirrettä: reaaliaikaisuus, ennakoitavuus, mobiliteetti ja automaatio (Collin & Saarelainen 2016). Datan **reaaliaikaisuus** merkitsee sitä, että sivutuotemääristä koottava tieto on analysoitavissa ja muokattavissa hyödynnettäväksi informaatioksi lähes reaaliajassa. **Ennakoitavuus** on digitaalisille palveluille yksi keskeinen vaatimus. Palveluiden käytön **mobiliteettiin** tulee pyrkiä, eli että palveluita pitää pystyä käyttämään eri päätelaitteilla ja käyttöjärjestelmillä. Digitalisaation avulla prosessien läpimenoaikoja on mahdollista tehostaa. Digitalisoidut järjestelmät takaavat, että tiedot ovat kaikkien järjestelmän osien käytössä yhden syöttökerran jälkeen, eikä niiden uudelleenkirjaamiseen ja tallentamiseen tarvitse tuhata resursseja.



Digitalisaatio mahdollistaa myös elintarvikekylmäketjujen aukottoman toteutuksen ja lämpötilatietojen seurannan sekä datan keruun. Tekoäly tarjoaa myös mahdollisuuksia elintarviketeollisuudelle: älykkäät algoritmit tekevät laskelmia ja analyyskejä, jotka auttavat mm. kylmäketjujen ylläpitämisessä. Koko elintarvikeketjua digitalisaatio nopeuttaa ja tehostaa, sillä sen ansiosta tuotteet saadaan markkinoille entistä nopeammin. Tuotteet ovat myös puhtaampia ja laadukkaampia. Lisäksi yritykset pystyvät todistamaan tuotteidensa laadun saatavilla olevan tiedon avulla. Hyötyihin lukeutuvat myös ympäristöllinen kestävyys ja ekologisuus. Hävikin vähentäminen on vain osa kestävyyttä.

Sivujakeiden paremman hyödyntämisen ja yhteistyöverkoston kohtaamisen takia digitalisaatiolla on tärkeä merkitys. Sähköisiä markkinapaikkoja, joissa voi ilmoittaa ja etsiä sivujakeita, tuotannon sivuvirtoja sekä näihin liittyviä palveluja, on jo toteutettu erilaisten sivuvirtojen kysynnän ja tarjonnan kohtaamiseksi. Lisäksi tarvitaan aitoa halukkuutta ja aktiivisuutta myös yrityksiltä, jotta sivujakeet saataisiin paremmin jatkojalostajien tai niistä kiinnostuneiden käyttöön.

Xamk:in Nostetta särkikaloista-hankkeen loppuraportissa (Rautiainen 2019) pohditaan monipuolisesti ratkaisuja vähäarvoisen kalan kalastuksen, jatkojalostuksen ja logistiikan ongelmiin Itä-Suomen alueella.

Xamk:issa on käynnissä myös Järvikalan jäljet-hanke, jossa kehitetään ja pilotoidaan mobiilijärjestelmä sisävesikalastajien saalistietoilmoituksen tekemiseen sekä vähäarvoisen kalan keräilyyn ja kuljetukseen. Järjestelmää voidaan samalla hyödyntää kestävä kalastuksen ja jäljitettävyyden todentamiseen.

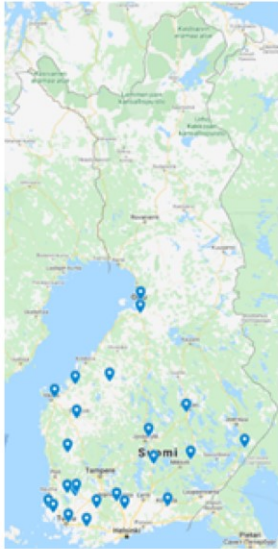
### **Verkkoalustoja sivujakeiden hyödyntämiseksi**

Suomessa on kehitetty muutamia verkkoalustoja, joissa sivujakeita voidaan tarjota myyntiin. Tavoitteena on, että alustojen käytön avulla luodaan markkinoita ja saada lisätuloa sivujakeista. Tällä hetkellä olemassa olevia sivujakeiden markkinointipaikkoja ovat:

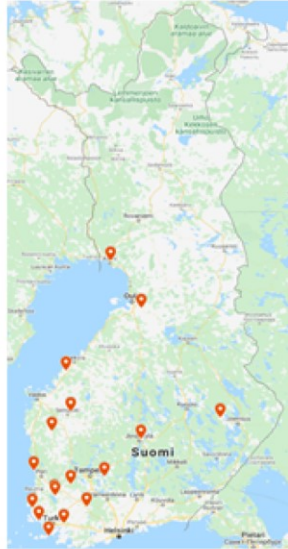
- MTK:n kehittämä maatalouden sivuvirtojen ja sivutuotteiden osto- ja myyntipaikka <https://kiertoasuomesta.fi>,
- Satakunnan elintarviketeollisuuden sivutuotteille luotu <https://sivuvirtaporssi.fi/>.
- Motivan materiaalitori [www.materiaalitori.fi](http://www.materiaalitori.fi)

## **6.5. Käsittelylaitokset**

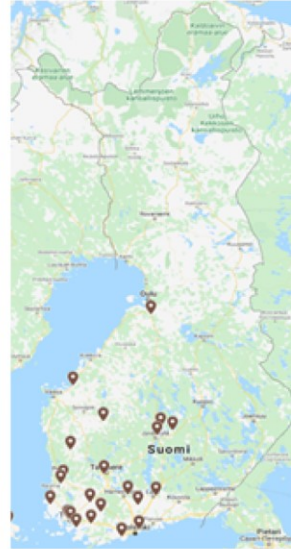
Kaikkien sivutuotealan laitosten on oltava hyväksytyjä tai rekisteröityjä ennen toiminnan aloittamista. Hyväksyntää edellyttävät toiminnot on lueteltu sivutuoteasetuksen (EY) N:o 1069/2009 artiklassa 24. Laitosten rekisteröinnistä on säädetty artiklassa 23. Käsittelylaitoksissa käsitellään sivujakeita, joita ei käytetä ihmisravinnoksi. Näitä ovat esimerkiksi kuolleet eläimet, entiset eläinperäiset elintarvikkeet, kompostointilaitoksiin menevä ruokajäte sekä eläinten teurastuksessa syntyvät jakeet, joita ei käytetä ihmisravinnoksi. Kuvan 20 karttoihin on sijoitettu sivujakeiden käsittelylaitoksia. Ruokaviraston sivuilta löytyy sivutuoteasetuksen (EY) N:o 1069/2009 mukaisesti hyväksytyjen tai rekisteröityjen laitosten luettelo: <https://www.ruokavirasto.fi/yri-tykset/elainala/elaimista-saatavat-sivutuotteet/sivutuotelaitosten-hyvaksynta-ja-rekisterointi/hyvaksynttyjen-ja-rekisteroityjen-laitosten-luettelo/>



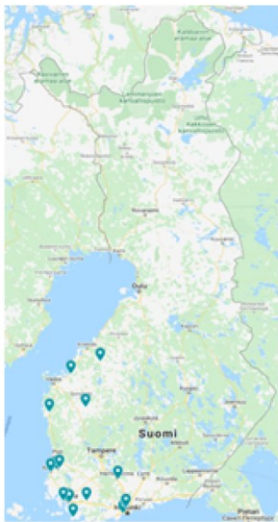
Biokaasulaitokset



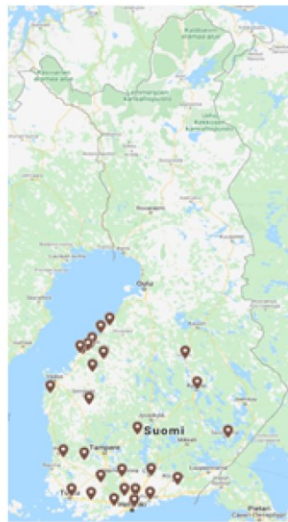
Keräyskeskukset



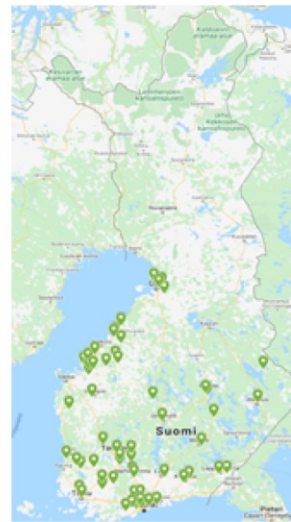
Rasvojen keräys ja  
rasvatuotteiden valmistus



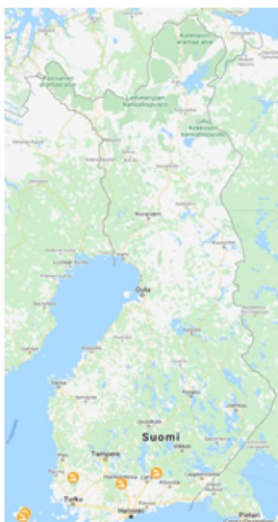
Varastointilaitokset



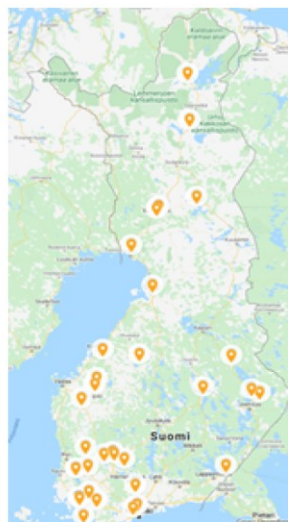
Väliasteen laitokset



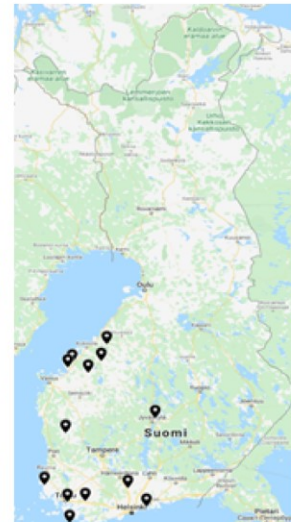
Kompostointilaitokset



Teollisuuden  
biokaasulaitokset



Tekniset laitokset



Käsittelylaitokset

**Kuva 20.** Hyväksytyt biokaasu- ja kompostointilaitokset, varastointi- ja väliasteenlaitokset, keräyskeskukset, rasvoja keräävät ja käsittelevät laitokset kartoilla.

## 7. Johtopäätökset

Elintarviketuotannon sivujakeita muodostuu erilaisista yrityksistä huomattava määrä. Sivujakeet voivat tuoda lisäarvoa yrityksille, työtä erilaisille toimijoille, erilaisia tuoteratkaisuja (elintarvike, rehu, tekniset tuotteet) teollisuudelle, tuotanto- ja lemmikkieläimille sekä kuluttajille. Teollisuuden sivuvirtojen hyödyntämistä ohjataan lainsäädännöllä, mutta sillä on myös positiivinen vaikutus yritysten imagoon ja kuluttajien mielikuviin.

Sivujakeiden hyödyntämisestä hyötyy ympäristö, mutta myös usein yrityksen talous. Tuotantoprosessien tehostaminen ja sivujaevirtojen minimointi sekä muodostuvien sivujakeiden ohjaaminen hyötykäyttöön lisäävät yrityksen tuotantoa ja tuottavat lisäarvoa.

Suomessa kuljetusmatkat ovat usein pitkiä. Erilaisia sivutuotteita hyödyntäviä yrityksiä on varsin kattavasti eri puolilla Suomea. Yritykset ovat usein pieniä, joten yritysten välinen yhteistyö on todella tärkeää. Jos sivutuotteita saadaan kerättyä yhteen paikkaan useammasta yrityksestä, jolloin määrät ovat suuremmat ja kuljetukset edullisempia, nämä määrät kiinnostavat sivujakeita hyödyntäviä yrityksiä. Tässä hankkeessa on koottu erilaisia yrityksiä kartoille, joista voi verrata oman yrityksensä sijaintia ja etäisyyksiä muihin toimijoihin, kuten sivutuotteiden hyödyntäjiin.

Hyödynnettävien sivutuotteiden laadusta on huolehdittava, pilaantuneet erät eivät kelpaa esimerkiksi rehuksi tai tekniseksi tuotteeksi. Helposti pilaantuvat elintarviketuotannon sivujakeet vaativat säilytyksen kylmässä tai pakasteessa. Tässä voidaan hyödyntää myös yritysten yhteistyötä, esimerkkinä hankkimalla yhteisiä pakastuskontteja.

Erilaisia sivuvirroista valmistettuja tuotteita ja tuotesovelluksia tulee koko ajan lisää, ja tuotteistetut sivujakeet kiinnostavat myös kuluttajia ja teollisuutta. Tässä hankkeessa selvitettiin muun muassa omenahutuotannossa muodostuvan omenamäskin hyödyntämistä. Mäskiä voidaan käyttää niin elintarvike-, rehu- ja lemmikinruokien valmistuksessa kuin kosmetiikassakin. Ravunkuoresta valmistetulle jauheelle on puolestaan käyttökohteita muun muassa liemi- ja lisäaineteollisuudessa, rehuissa ja erilaisissa terveystuotteissa. Broilerin höyhenet ovat melkein päsellaisenaan laadukasta eristemateriaalia. Tuotantoeläinten veri taas on hyvä proteiininlähde, mutta sille on lukuisia muitakin hyödyntämiskohteita.

Uusivu-hankkeen tavoitteena oli luoda uutta liiketoimintaa ja uusia tuotteita liha-, kala- ja kasvistuotannon sivutuotteista. Hankkeen aikana on pidetty lukuisia seminaareja ja työpajoja, joissa on esitelty koottua tietoa sivuvirroista ja niiden tuotteistamismahdollisuuksista, pyritty saamaan yrityksiä yhteen sekä rakentamaan yhteistyökuvioita ja -ratkaisuja. Toivomme, että hanke on tehnyt sivutuoteasiaa näkyväksi ja tarjonnut ratkaisuvaihtoehtoja ja -esimerkkejä, joiden kehittämistä yritykset voivat jatkaa tahoillaan.

## Viitteet

- Aberle, E.D., Forrest, J.C., Gerrard, D.E., Mills, E.W., Hedrick, H.B., Judge, M.D. & Merkel, R.A. 2001. Conversion of muscle to meat and development of meat quality. In Principles of Meat Science, 4th ed. Kendall and Hunt, Dubuque, IA, USA. s. 83–107.
- Ahlborn, J., Stephan, A., Meckel, T., Maheshwari, G., Rühl, M. & Zorn, H. 2019. Upcycling of food industry side streams by basidiomycetes for production of a vegan protein source. International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture 8: 447–455.
- Ahokas M., Välimaa, A-L., Kankaala A., Lötjönen T. & Virtanen, E. 2012. Perunan ja vihannesten sivuvirtojen arvokomponenttien hyötykäyttö. MTT:n raportteja 67. Saatavissa: <http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti67.pdf>
- Alexis, A. & Robert, J. 2004. Animal byproduct conversion system and method. US patent 7,000,333.
- Andersen, O., Weinbach, J-E. 2010. Residual animal fat and fish for biodiesel production. Potentials in Norway. Biomass and Bioenergy 34: 1183–1188.
- Antonic, B., Jancikova, S., Dordevic, D. & Tremlova, B. 2020. Apple pomace as food fortification ingredient: A systematic review and meta-analysis. Food Science 85(10): 2977–2985.
- Aranberri, I., Montes, S., Azcune, I., Alaitz Rekondo, A. & Grande, H-J. 2017. Fully biodegradable biocomposites with high chicken feather content. Polymers 9: 593.
- Aro, L., Illikainen, K., Jallinoja, M., Kangas, J., Leinonen, I., Luukkonen, P., Maaranto, K. & Väyrynen, R. 2020. Paikalliset biopohjaiset rakennusmateriaalit. Paibira-hankkeen yhteisjulkaisu. Saatavissa: [https://static1.squarespace.com/static/5a2a6d1751a584d733ca3214/t/6070373b9a5336589224ff22/1617966952604/paibira\\_yhteisjulkaisu\\_FINAL.pdf](https://static1.squarespace.com/static/5a2a6d1751a584d733ca3214/t/6070373b9a5336589224ff22/1617966952604/paibira_yhteisjulkaisu_FINAL.pdf)
- Asplund, D., Korppi-Tommola, J. & Helynen, S. 2005. Uusiutuvan energian lisäysmahdollisuudet vuoteen 2015. Puheenvuoro. Saatavissa: <http://ilmasto.org/kirjoitukset/uusiutuvan-energian-lisaysmahdollisuudet-vuoteen-2015.html>
- Ashton, W.S. & Bain, A.C. 2012. Assessing the “Short Mental Distance” in eco-industrial networks. Journal of Industrial Ecology 16(1): 70–82.
- Bah, C.S., Bekhit, A.E.D.A., Carne, A., McConnell, M.A., 2016. Composition and biological activities of slaughterhouse blood from red deer, sheep, pig and cattle. Journal of the Science Food and Agriculture 96(1): 79–89.
- Bansal G. & Singh V.K. 2016. Review on chicken feather fiber (CFF) a livestock waste in composite material development. International Journal of Waste Resources 6: 254.
- Baroso-Canovas, G.V. & Vega-Mercado, H. 1996. Dehydration of foods. Chapman & Hall. New York.
- Berg, J. 2016. ETL:n jäte- ja sivuvirtaselvitys 2016. Elintarviketeollisuusliitto. Viitattu 26.1.2017. Saatavissa: [http://www.etl.fi/media/aineistot/raportit-ja-katsaukset/etl-jate\\_ja\\_sivuvirtaselvitys\\_2016.pdf](http://www.etl.fi/media/aineistot/raportit-ja-katsaukset/etl-jate_ja_sivuvirtaselvitys_2016.pdf)
- Berk, Z. 2009. Food process engineering and technology. 1. painos. Elsevier Inc London.

- Bhaskar, N., Modi, V.K., Govindaraju, K., Radha, C. & Lalitha, R.G. 2007. Utilization of meat industry by-products: Protein hydrolysate from sheep visceral mass. *Bioresource Technology* 298: 388–394.
- Bhushan, S., Kalia, K., Sharma, M., Singh, B & Ahuja, P.S. 2008. Processing of apple pomace for bioactive molecules. Review. *Critical Reviews in Biotechnology* 28(4): 285–96.
- BIOEN (Biojäte-energiatyöryhmä) 2010. Biohajoavista jätteistä enemmän energiaa. Biojäte-energiatyöryhmän raportti. Ympäristöministeriön raportteja 3/2010. Saatavissa: [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10138/41450/YMra3\\_2010\\_Biohajoavista\\_jatteista\\_enemman\\_energiaa.pdf?sequence=2](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10138/41450/YMra3_2010_Biohajoavista_jatteista_enemman_energiaa.pdf?sequence=2)
- Björkroth, J. 2009. Elintarvikkeille ominaiset pilaajamikrobit. *Duodecim* 125: 659–66. Saatavissa: <https://www.duodecimlehti.fi/duo97940>
- Bortolini, D.G., Benvenuto, L., Demiate, I.M., Nogueira, A., Alberti, A. & Zielinski, A.A.F. 2020. A new approach to the use of apple pomace in cider making for the recovery of phenolic compounds. *LWT* 126: 109316.
- Brandelli, A., Sala, L. & Kalil, S.J. 2015. Microbial enzymes for bioconversion of poultry waste into added-value products. *Food Research International* 73: 3–12.
- Cardoso, A.A.M. 2013. LCA of the textile products. Wool and cotton. Dissertation. The Department of Chemical Engineering, Porto University. Saatavissa: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/85778/2/26984.pdf>
- Chinta, S.K., Landage, S. M., Yadav Krati 2013. Application of chicken feathers in technical textiles. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology* 2(4): 1158–1165.
- Cian, R.E., Drago, S.R., González, R.J. 2012. Influence of pH on colour and iron content of peptide fractions obtained from bovine Hb concentrate hydrolysates. *International Journal of Food Science and Technology* 47(7): 1348–1353.
- CINET Industrial Washing and Drying. Saatavissa [https://www.cinet-online.com/uploads/files/CINET\\_Industrial%20Washing%20and%20Drying.pdf](https://www.cinet-online.com/uploads/files/CINET_Industrial%20Washing%20and%20Drying.pdf)
- Cofrades, S., Guerra, M., Carballo, J., Fernández-Martín, F. & Colmenero, F.J., 2000. Plasma protein and soy fiber content effect on bologna sausage properties as influenced by fat level. *Journal of Food Science* 65(2): 281–287.
- Collin, J. & Saarelainen, A. 2016. Teollinen Internet. Logistiikka ja liikenne. Alma Talent. 300 s.
- Coutand, M., Cyr, M., Deydier, D., Guilet, R. & Clastres, P. 2008. Characteristics of industrial and laboratory meat and bone meal ashes and their potential applications. *Journal of Hazardous Materials* 150: 522–532.
- DAFF Department of Agriculture Forestry and Fisheries 2021. A profile of the South African hides, skins and leather market value chain. Saatavissa: <http://www.daff.gov.za/docs/amcp/hidesskinamvcp2010-11.pdf>

- Davies, S., Güroy, D., Hassaan, M., Ei-Ajnaf, S.M. & Haroun, E. 2020. Evaluation of co-fermented apple-pomace, molasses and formic acid generated sardine based fish silages as fish-meal substitutes in diets for juvenile European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) production. *Aquaculture* 52: 735087.
- Davila-Ribot, E. 2005. Advances in animal blood processing: Development of a biopreservation system and insights on the functional properties of plasma. Doctoral thesis. University of Girona.
- Del Hoyo, P., Rendueles, M., Diaz, M. 2008. Effect of processing on functional properties of animal blood plasma. *Meat Science* 78(4): 522–528.
- Deveau, I., Dabbah, R. & Sutton, S. 2004. The USP perspective to minimize the potential risk of TSE infectivity in bovine-derived articles used in the manufacture of medical products. *Pharmacopeial Forum* 30(5): 1911–1921.
- Djagny, V.B., Wang, Z. & Xu, S. 2001. Gelatin: A valuable protein for food and pharmaceutical industries. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 41(6):481–492.
- Drum Drying Resources Llc. 2014. Saatavissa: <http://drum dryingresources.com/ddr/drum-dryers/drum-drying-it>
- Duarte, R.T., Carvalho Simoes, M.C. & Sgarbieri, V.C. 1999. Bovine blood components: Fractionation, composition, and nutritive value. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47(1): 231–236.
- Ecoinvent 3. Saatavissa: <https://www.ecoinvent.org/database/database.html>
- EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM) 2019. Evaluation of the health risks related to the presence of cyanogenic glycosides in foods other than raw apricot kernels. *EFSA Journal* 17(4): 5662.
- Elintarviketeollisuusliitto (ETL) 2020. Elintarviketeollisuuden tiekartta vähähiilisyteen. Elintarviketeollisuusliitto 9/2020. Saatavissa: <https://www.etl.fi/media/aineistot/nettisisaltojen-liitteet/elintarviketeollisuuden-tiekartta-vahahiilisyteen.pdf>
- Elfaki, M.O.A., Abdelatti, K.A., Malik, H.E.E. 2014. Effect of dietary dried rumen content on broiler performance, plasma constituents and carcass characteristics. *Global Journal of Animal Scientific Research* 3: 264–270.
- EC 2003. Integrated pollution prevention and control (IPPC). Reference document on best available techniques for the textiles industry. 628 s. Saatavissa: <https://dokumen.tips/documents/integrated-pollution-prevention-and-control-ippc-eippcbjrceeuropaeureferencebrefxtbref0703pdfpdf.html>
- EUROSTAT 2020. The apple market in the EU: Vol. 1: Production, areas and yields. Saatavissa: [https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/food-farming-fisheries/farming/documents/apples-production\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/food-farming-fisheries/farming/documents/apples-production_en.pdf)
- EU 2005. CIAA Contribution to the commission stakeholder consultation on the EIPRO report Saatavissa: <https://ec.europa.eu/environment/ipp/pdf/ciaa.pdf>

- Evcan, E. & Tari, C. 2015. Production of bioethanol from apple pomace by using cocultures: Conversion of agro-industrial waste to value added product. *Energy* 88: 775–782. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.05.090>.
- Evira 2017. Hyönteisiä rehuksi. Tiedote. Dnro Evira/3740/0405/2017. Saatavissa: [https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/yritykset/rehuala/tiedotteet/tied2017/tiedote\\_3740\\_0405\\_2017.pdf](https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/yritykset/rehuala/tiedotteet/tied2017/tiedote_3740_0405_2017.pdf)
- Favén, L. & Rainosalu, E. 2014. Teknologiaan kehittämällä jalostusarvoa luonnontuotteisiin. Raportteja 142: 40 s. Helsingin yliopisto Ruralia-instituutti. Saatavissa: <http://hdl.handle.net/10138/229377>
- Finnigan, T., Needham, L. & Abbott, C. 2017. Mycoprotein: A healthy new protein with a low environmental impact. Julkaisussa: Nadathur, S., Wanasundara, J.P.D. & Scanlin, L. (toim.). *Sustainable protein sources*, Academic Press, s. 305–325.
- Franco, M., Stefanski, T., Jalava, T., Lehto, M., Kahala, M., Järvenpää, E., Mäntysaari, P. & Rinne, M. 2021. Effect of potato by-product on production responses of dairy cows and total mixed ration stability. *Dairy* 2(2): 218–230. Saatavissa: <https://doi.org/10.3390/dairy2020019>
- Giu, H.M. & Giu, P.D. 2010. Blood waste treatment system for slaughtered animals, and method for producing high quality amino acid solution using blood waste. World patent WO2010KR00586 20100201.
- Gómez-Guillén, M.C., Giménez, B., López-Caballero, M.E. & Montero, M.P. 2011. Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: A review. *Food Hydrocolloids* 25: 1813–1827.
- Gorjanović, S.Z., Micić, D.M., Pastor, F.T. & Zlatanovic, S. 2020. Evaluation of apple pomace flour obtained industrially by dehydration as a source of biomolecules with antioxidant, antidiabetic and antiobesity effects. *Antioxidants* 9: 413.
- Gue, D.E. 1998. Guidelines for Livestock Marketing and Processing Component in Bank Funded Projects. World Bank, Washington, DC, USA.
- Hannuksela, M. 2017. Hävikin synty ja torjunta. *Lihalehti* 2: 10–11.
- Hartikainen, H. (toim.) 2016. Food losses and waste in primary production. Case studies on carrots, onions, peas, cereals and farmed fish. *TemaNord* 2016:557. Nordic Council of Ministers. Saatavissa: <https://norsus.no/wp-content/uploads/teknisk-rapport-sidestroemmer-i-primaerproduksjonen.pdf>
- Hartikainen, H., Kuisma, M., Pinolehto, M., Räikkönen, R. & Kahiluoto, H. 2014. Ruokahävikki alkutuotannossa ja elintarvikejalostuksessa. Foodspill 2 hankkeen loppuraportti. MTT Raportti 170. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-487-577-6>
- Hearle, J.W.S. & Morton, W.E. 2008. *Physical Properties of Textile Fibers*, Wood-head Publishing Limited, Cambridge, UK. s. 1–796.
- Heinänen, M., Niemistö, M., Raevuori, M. 2007. Teurastamo- ja lihateollisuuden sivutuotteiden käsittely ja prosessointi: Selvitys nykytilasta ja kehittämismahdollisuuksista tuotantoketjussa. Hämeenlinna: Lihateollisuudentutkimuskeskus.

- Hekal, S.A. 2014. Histological Study of the Skin and Leather Characteristics in Two Types of Arabian Camels (*Camelus dromedarius*). *Journal of American Science* 10: 41–48.
- Helsky, T., Anttalainen, M., Palviainen, S., Kemppainen, P., Lehto, M., Salo, T., Mäkelä, M., Tuominen, A. & Piilo, T. 2006. Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT) perunan ja juuresten koneellisessa kuorinnassa ja käsittelyssä. *Suomen ympäristö* 57. Saatavissa: <http://hdl.handle.net/10138/38798>
- Heldman, D. & Singh, R. 2014. *Introduction to Food Engineering*. Elsevier. USA. s. 743–763.
- Honikel, K.O. 2011. Composition and calories. Julkaisussa: Nollet, L. & Toldrá, F. (toim.). *Handbook of analysis of edible animal by-products*. CRC Press, Boca Raton FL, USA. s. 105–121.
- Horne-Ekman, M. 1997. Kotimaiset kasvimehut ja hapankasvikset. Valmistus, käyttö ja markkinat. *Pyhäjärvi-instituutin julkaisuja* 19. Eura. 130 s.
- Hsieh Y.H., Ofori J. 2011. Food-grade proteins from animal by-products. Julkaisussa: Nollet, L. & Toldra F. (toim.). *Handbook of analysis of edible animal by-products*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. s. 13–35.
- Hwang I.H., Ouchi Y. & Matsuto T. 2007. Characteristics of leachate from pyrolysis residue of sewage sludge. *Chemosphere* 68: 1913–1919.
- Hui, Y H., Ghazala, S., Graham, D.M., Murrell, K.D. & Nip, W.K. 2004. *Handbook of Vegetable Preservation and Processing*. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Hyun, C.K. & Shin, H.K. 2000. Utilization of bovine blood plasma proteins for the production of angiotensin I converting enzyme inhibitory peptides. *Process Biochemistry* 36: 65–71.
- Hämäläinen, T. 2007. Kasvikuivurien kehitys. KATE-hankeraportti. Tekniikan ja liikenteen yksikkö, Rovaniemen ammattikorkeakoulu.
- Hyvönen P., Määttä, S., Saarela, A. & von Wright, A. 2005. *Elintarvikeprosessit*. Savonia-ammattikorkeakoulun julkaisu. Kuopio.
- IPCC 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Intergovernmental panel on climate change.
- IPCC 2014. 2013 Supplement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: wetlands. Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. & Troxler, T.G. (toim.). Sveitsi. Saatavissa: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/wetlands/index.html>
- Irshad, A. & Sharma, B.D. 2015. Abattoir by-product utilization for sustainable meat industry: A review. *Journal of Animal Production Advances*: 681–696.
- Jankkila, H. (toim.). 2007. Luonnontuotealan kasvituotannon ja teknologian kehitys (KATE) – hankkeen loppuraportti. Viitattu: 15.6.2020. Saatavissa: [http://apumatti.redu.fi/admin/filecontrol/MS\\_563.pdf](http://apumatti.redu.fi/admin/filecontrol/MS_563.pdf)
- Jayathilakan, K., Sultana, K., Radhakrishna, K. & Bawa, A.S. 2012. Utilization of byproducts and waste materials from meat, poultry and fish processing industries: A review. *Journal of Food Science and Technology* 49: 278–293.



- Joadar, J.C. & Rahman, M.M. Poultry feather waste management and effects on plant growth. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture* 7: 183–188.
- Jovanović, M., Petrović, M., Miočinić, J., Zlatanović, S., Petronijević, J. L., Mitić-Ćulafić, D. & Gorjanović, S. 2020. Bioactivity and sensory properties of probiotic yogurt fortified with apple pomace flour. *Foods* 9(6): 763.
- Kallasvuo, M., Kärkkäinen, K., Mäkinen, S., Nieminen, K., Suuronen, P. & Vielma, J. (toim.). 2021. Sininen biotalous: Tutkimusohjelman loppuraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 22. Luonnonvarakeskus. 36 s.
- Kangas, P., Nappa, M., Lantto, R., Slizyte, R. & Navickas, K. 2013. Zero-waste processing of protein rich side-streams. 2013 AIChE Annual Meeting, Food, Advances in Food and Bioprocess Engineering. Saatavissa: [https://www.researchgate.net/publication/267308535\\_Zero-Waste\\_Processing\\_of\\_Protein\\_Rich\\_Side-Streams](https://www.researchgate.net/publication/267308535_Zero-Waste_Processing_of_Protein_Rich_Side-Streams)
- Karthikeyan, R., Balaji, S. & Sehgal, P.K. 2007. Industrial applications of keratins—A review. *American Journal of Scientific and Industrial Research* 66: 710.
- Koch, K., Gepperth, S. & Gronauer, A. 2011. With a little help from a friend – Process additives in biogas production. *International IWA – Symposium on anaerobic digestion of solid waste and energy crops 28.8–1.9.2011, Wien*.
- Kuisma, J. 2011. Kohti biotaloutta – Biotalous konseptina ja Suomen mahdollisuutena. *Kilpailukyky* 6/2011. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisu. Saatavissa: <https://tem.fi/documents/1410877/3346190/Kohti+biotaloutta+24022011.pdf>
- Kymäläinen, M. & Luostarinen, S. 2015. Biokaasutuotannon raaka-aineet. Julkaisussa: Kymäläinen, M. ja Pakarinen, O. (toim.). *Biokaasuteknologia. Raaka-aineet, prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen*. s. 21–47. Saatavissa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/104180/HAMK\\_Biokaasun\\_tuotanto\\_2015\\_ekirja.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/104180/HAMK_Biokaasun_tuotanto_2015_ekirja.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Lehto, M., Salo, T., Sorvala, S., Kemppainen, R., Vanhala, P., Sipilä, I. & Puumala, M. 2007. Peruna- ja juureskuorimon jätteet ja jätevedet. *Maa- ja elintarviketalous* 94, 77 s. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-487-083-2>
- Lehto, M., Kuisma, R., Kymäläinen, H-R., Suojala-Ahlfors, T., Laamanen, T-L., Sipilä, I., Pienmunne, E. & Mäki, M. 2013. Tuorevihannesten tuotantoketjun tavoitteena turvallinen tuote: Tuorevihannesten hygienia: raaka-aineet, tuotteet, vesi ja jätteet - TUOVI-hankkeen loppuraportti. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-487-437-3>
- Lehto, M., Salminen, P., Valtari, H. & Venelampi, O. 2015. Opas pienteurastamon sivutuotteiden hyödyntämisestä ja hävittämisestä. Viitattu 10.6.2020. Saatavissa: [https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tietoa-meista/asiointi/oppaat-ja-lomakkeet/yritykset/elintarvikeala/elintarvikealan-oppaat/pienteurastamojen\\_sivutuoteopas\\_2016\\_nettili.pdf](https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tietoa-meista/asiointi/oppaat-ja-lomakkeet/yritykset/elintarvikeala/elintarvikealan-oppaat/pienteurastamojen_sivutuoteopas_2016_nettili.pdf)
- Lindholm-Lehto, P. 2018. Kalan makuvirheiden hallintamenetelmät ja analytiikka. *Vesiviljelyn Innovaatioohjelma, esitelmä* 21.3.2018. Saatavissa: <https://www.kalankasvatustus.fi/wp-content/uploads/2020/01/Petra.pdf>
- Lipasti, E. & Vuorela, S. 2020. Luonnon raaka-aineet kosmetiikkateollisuudessa. *Laurea journal*. Viitattu: 7.5.2021. Saatavissa: <https://journal.laurea.fi/luonnon-raaka-aineet-kosmetiikkateollisuudessa/#63425004>

- Liu, H., Ning, W., Cheng, P., Zhang, J., Wang, Y. & Zhang, C. 2013. Evaluation of animal hairs-based activated carbon for sorption of Norfloxacin and Acetaminophen by comparing with cattail fiber-based activated carbon. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 101: 156–165.
- Lombardi, R.D. & Laybourn, P. 2012. Crossing Academic–Practitioner Boundaries. Redefining Industrial Symbiosis. *Journal of Industrial Ecology* 16(1): 28–37.
- Luonnonvarakeskus 2015. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset. Märehtijät – Siat – Siipikarja - Hevoset Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 40. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-054-2>
- Luonnonvarakeskus Luke 2020a. Kaupallinen kalastus 2019. Suomen virallinen tilasto (SVT) Saatavissa: [https://stat.luke.fi/kaupallinen-kalastus-sis%C3%A4vesill%C3%A4-2019\\_fi](https://stat.luke.fi/kaupallinen-kalastus-sis%C3%A4vesill%C3%A4-2019_fi)
- Luonnonvarakeskus Luke 2020b. Kalanjalosteiden tuotanto 2019. Suomen virallinen tilasto (SVT). Saatavissa: <https://stat.luke.fi/kalajalosteiden-tuotanto>
- Luonnonvarakeskus Luke 2021. Kalan tuottajahinnat 2020. Suomen virallinen tilasto (SVT) Saatavissa: <https://stat.luke.fi/kalan-tuottajahinta>
- Luonnonvarakeskus Luke 2021. Puutarhatilastot 2020. Saatavissa: <https://stat.luke.fi/puutarhatilastot>
- Luostarinen, S., Paavola, T., Ervasti, S., Sipilä, I. & Rintala, J. 2011. Lannan ja muun eloperäisen materiaalin käsittelyteknologiat. MTT raportti 27. 66 s. Saatavissa: <http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti27.pdf>
- Mahli, N., Carragher, J., Saarela, M., Pahl, S., and Fight Food Waste CRC. 2021. A review of opportunities to recover value from apple and pear pomace. Cooperative Research Centre, Adelaide, Australia.
- Marttinen, S., Paavola, T., Ervasti, S., Salo, T., Kapuinen, P., Rintala, J., Vikman, M., Kapanen, A., Torniainen, M., Maunuksela, L., Suominen, K., Sahlström, L. & Herranen, M. 2013. Bio-kaasulaitosten lopputuotteet lannoitevalmisteina. MTT Raportti 82, 70 s. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-487-432-8>
- Mayne, R.M. & Brewton, R.G. 1993. New members of the collagen superfamily. *Current Opinion in Cell Biology* 5(5): 883–890.
- Motiva 2021. Ratkaisut. Saatavissa: <https://www.motiva.fi/ratkaisut>
- Motiva 2021. Kestävä kehitys. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/kestava\\_kehitys](https://www.motiva.fi/kestava_kehitys)
- Mäki, M. 2006. Porkkanankuorien mikrobimääristä. Julkaisussa: Vanhala (toim.). Vihannesten kuluttajalaadun parantaminen – esimerkkinä porkkana. MTT:n selvityksiä 134. s. 24–25. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-487-079-5>
- Mäki, M., Peltomäki, T., Pap, N., Tupasela, T., Iivonen, S., Autio, S. & Kaipainen, R. 2021. Luomubuumi – Lisää luomutuotteita rohkeilla kokeiluilla ja paremmalla osaamisella. Loppuraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 19/2021. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 115 s. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-173-8>

- Männistö, S. 2018. Puutarhasivuvirtojen hyödyntäminen kuivaustekniikoilla. Hamk. Biotalousliiketoiminnan kehittäminen. Opinnäytetyö. 73 s.
- Nhari, R.M.H.R., Ismail, A., Man, C. & Yaakob, B. 2012. Analytical methods for gelatin differentiation from bovine and porcine origins and food products. *Journal of Food Science* 77: 42–46.
- Niemi, S. 2019. Tomaatin ja kurkun viherbiomassojen hyödyntäminen. Hamk. Biotalousliiketoiminnan kehittäminen. Opinnäytetyö. 79 s. Saatavissa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/170282/Niemi\\_Sanna.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/170282/Niemi_Sanna.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Nieminen, A. 2021. Hyönteisruoka odottaa uutta alkua. *Käytännön maamies* 3: 46–47.
- Nollet, L.M.L. & Toldrá, F. 2011. Introduction. Offal meat: Definitions, regions, cultures, generalities. Julkaisussa: Nollet, L. & Toldrá, F. (toim.). *Handbook of analysis of edible animal by-products*. CRC Press, Boca Raton FL, USA. s. 3–11.
- Ockerman, H.W. & Basu, L. 2006. Edible rendering-rendered products for human use. Julkaisussa: Meeker, D.L. (toim.). *Essential rendering: All about the animal by-products industry*. National Renderers Association. Arlington, VA, USA. s. 95–110.
- Ofori, J.A. & Hsieh, Y-H. 2014. Issue related to the animal use of blood in food and animal feed. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 54: 687–697.
- Ojamo, H. 2002. Käytännön sovellukset. Julkaisussa: Aittomäki ym. (toim.) *Bioprosessitekniikka*. WSOY, Helsinki. s. 78–115.
- Omole, D.O. & Ogbiye, A.S. 2013. An evaluation of slaughterhouse wastes in South-West Nigeria. *American Journal of Environmental Protection* 2: 85–89.
- Patrucco, A., Cristofaro, F., Simionati, M., Zoccola, M., Bruni, G., Fassina, L., Visai, L., Magenes, L., Mossotti, R. & Montarsolo, A. 2016. Wool fibril sponges with perspective biomedical applications. *Material Science and Engineering* 61: 42–50.
- Pearl, G.G. 2004. Inedible. Julkaisussa: Jensen, W., Devine, C. & Dikemann, M. (toim.). *Encyclopedia of meat sciences*. Elsevier Science Ltd. London, UK. s. 112–125.
- Pérez-Galvez, R., Almecija, M.C., Espejo, F.J., Guadix, E.M., & Guadix, A. 2011. Bi-objective optimisation of the enzymatic hydrolysis of porcine blood protein. *Biochemical Engineering Journal* 53: 305–310.
- Phua, S.H., Cullen, N.G., Dodds, K.G., Scobie, D.R. & Bray, A.R. 2015. An ovine quantitative trait locus affecting fibre opacity in wool. *Small Ruminant Research* 130: 122–126.
- Pihlanto, A., Pap, N., Silvenius, F., Kymäläinen, M. & Niemistö, M. 2012. Teurastamoista saatavien sivujakeiden uudet prosessointimenetelmät ja hyötykäyttökohteet: Hyötyteuras-hankkeen loppuraportti. *MTT Raportti* 62. 27 s.
- Pirkkamaa, J. 2014. Orgaanisen jätteen keräys ja käsittely Suomessa. Biolaitosyhdistyksen jäsenyritykset kiertotalouden toteuttajina. Saatavissa: [https://biokierto.fi/wp-content/uploads/2019/06/Orgaanisen\\_jatteen\\_kerays\\_ja\\_kasittely\\_Suomessa.pdf](https://biokierto.fi/wp-content/uploads/2019/06/Orgaanisen_jatteen_kerays_ja_kasittely_Suomessa.pdf)

- Pirttijärvi, T., Kivimäki, S., Kymäläinen, M., Joensuu, K. & Harrison, E. 2020. Puutarhatuotannon sivuvirrat hyönteiskasvatuksessa. Julkaisussa: Kymäläinen, M. & Suojala-Ahlfors, T. (toim.). Puutarhatuotannon kasvisperäiset sivuvirrat hyödyksi. HAMKin e-julkaisu 3/2020. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-784-824-4>
- Puntila, M-L. 2016. Villan anatomia, ominaisuudet, laatuun vaikuttavat tekijät, arvostelu. Lammasyhdistys. Saatavissa: <https://lammasyhdistys.fi/wp-content/uploads/2016/03/villamoniste.pdf>
- Quality Meat Scotland (QMS) 2010. Recovering Value from the 5th Quarter and Reducing Waste. Saatavissa: [www.qmscotland.co.uk/sites/default/files/Added+Value+Topic+3+Edible+Offals.pdf](http://www.qmscotland.co.uk/sites/default/files/Added+Value+Topic+3+Edible+Offals.pdf)
- Rautiainen, T. (toim.) 2019. Nostetta särkikaloista, Särkikalat elintarvikkeeksi ja osaksi kierrätystä. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. Xamk kehittää 92. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/267103/URN:ISBN9789523442047.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Reddy, N. 2015. Non-food industrial applications of poultry feathers. Waste Management 45: 91–107.
- van der Rest, M. & Garrone, R. 1991. Collagen family of proteins. The FASEB journal 5(13): 2814–2823.
- Rinne, M., Franco, M., Jalava, T., Järvenpää, E., Kahala, M., Blasco, L., Siljander-Rasi, H., & Kuopala, K. 2019. Carrot by-product fermentation quality and aerobic spoilage could be modified with silage additives. Agricultural and Food Science, 28: 59–69.
- Roininen, K. & Morkkila, M. 2007. Selvitys marjojen ja marjasivuvirtojen hyödyntämispotentiaalista Suomessa. VTT:n raportti VTT-R-00971–07. 36 s. Saatavissa: <https://media.sitra.fi/2017/02/27173257/VTTn20marjaselvitys20b-2.pdf>
- Ruokavirasto 2021. Yersinia pseudotuberculosis porkkanoissa. Saatavissa: <https://www.ruokavirasto.fi/henkilöasiakkaat/tietoa-elintarvikkeista/elintarvikkeiden-turvallisen-kayton-ohjeet/turvallisen-kayton-ohjeet/yersinia-pseudotuberculosis-porkkanoissa/>
- Ruokatieto 2020. Tietohaarukka. Tilastotietoa elintarvikealasta. Viitattu: 25.5.2021. Saatavissa: [https://www.ruokatieto.fi/sites/tietohaarukka/2020\\_suomi\\_digi/index.html#/article/1/page/1](https://www.ruokatieto.fi/sites/tietohaarukka/2020_suomi_digi/index.html#/article/1/page/1)
- Ruokavirasto. 2020a. Eläimistä saatavien sivutuotteiden käsittely ja valvonta elintarvikealan laitoksissa. Viitattu 24.6.2020. Saatavilla: [https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tietoa-meista/asiointi/opaat-ja-lomakkeet/yritykset/elintarvikeala/elintarvikehuoneistot/ohje\\_elaimista\\_saatavien\\_sivutuotteiden\\_kasittely\\_ja\\_valvonta\\_elintarvikealan\\_laitoksissa.pdf](https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tietoa-meista/asiointi/opaat-ja-lomakkeet/yritykset/elintarvikeala/elintarvikehuoneistot/ohje_elaimista_saatavien_sivutuotteiden_kasittely_ja_valvonta_elintarvikealan_laitoksissa.pdf)
- Ruokavirasto. 2020b. Kaupallinen tuonti ja vienti. Viitattu 24.6.2020. Saatavissa: <https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/tuonti-ja-vienti/>
- Ruokavirasto. 2019. Yersinia porkkanoissa. Viitattu 25.5.2021. Saatavissa: <https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/elintarvikeala/valmistus/elintarvikeryhmat/kasvikset/mikrobiologinen-turvallisuus/y.-pseudotuberculosis-porkkanoissa/>

- Ruokavirasto. Hyönteiset elintarvikkeena. Ohje 10588/3. Saatavissa: [https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tietoa-meista/asiointi/oppaat-ja-lomakkeet/yritykset/elintarvike-ala/alkutuotanto/hyonteisohje\\_10588\\_3\\_fi.pdf](https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tietoa-meista/asiointi/oppaat-ja-lomakkeet/yritykset/elintarvike-ala/alkutuotanto/hyonteisohje_10588_3_fi.pdf)
- Ruokonen, T.J., Marjomäki, T.J., Suomi, I., Forsman, T., Keskinen, T. & Karjalainen, T. 2019. Sisävesien talouslajien saalispotentialiaali Suomessa. Jyväskylän yliopiston bio- ja ympäristötieteiden laitoksen tiedonantoja 2/2019. 49 s.
- Saarela, A-M., Hyvönen, P., Määttä, S. & von Wright, A. (toim.) 2004. Elintarvikeprosessit. Savonia-ammattikorkeakoulu, Kehittämis- ja palvelukeskus. 389 s.
- Salkinoja-Salonen, M. 2002. Toisenvaraisten mikrobien aineenvaihdunta. Julkaisussa: Salkinoja-Salonen, M. (toim.). Mikrobiologian perusteita. Gummerus kirjapaino Oy, Jyväskylä. s. 210–275.
- Scobie, D.R., Grosvenor, A.J., Bray, A.R., Tandon, S., Meade, W.J. & Cooper, A.M.B.A. 2015. Review of wool fibre variation across the body of sheep and the effects on wool processing. Small Ruminant Research 133: 43–53.
- Setälä, J., Airaksinen, S., Lilja, J. & Raitaniemi J. 2012. Pilottihanke vajaasti hyödynnetyn kalan käytön edistämiseksi. Loppuraportti 2012. Työraportteja 10/2012. 74 s.
- Setälä, J. 2017. Raaka-aineen saatavuus ja laatu. Esitelmä kalatalouden innovaatiopäivillä Tampereella 10.11.2017. Saatavissa: <https://docplayer.fi/113289806-Raaka-aineen-saatus-ja-laatu.html>
- SFS-EN ISO 14040 2006. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Periaatteet ja pääpiirteet. 49 s.
- Sikanen, I. 2019. Suomen villa hyötykäyttöön. Villaketju kuntoon-opas. Opinnäytetyö. Savonia ammattikorkeakoulu
- Sipilä, E., Kiuru, H., Jokinen, J., Saarela, J., Tamminen, S., Laukkanen, M., Palonen, P., Nylund, N-O. & Sipilä, K. 2018. Biopolttoaineiden kustannustehokkaat toteutuspolut vuoteen 2030. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 63/2018. 115 s.
- Skinner, R.C., Warren, D.C., Lateef, S.N., Benedito, V.A. & Tou, J.C. 2018. Apple pomace consumption favorably alters hepatic lipid metabolism in young female Sprague-Dawley rats fed a western diet. Nutrients 10: 1882.
- Souza Filho, P.F., Andersson, D., Ferreira, J.A. & Taherzadeh, M.J. 2019. Mycoprotein: environmental impact and health aspects. World Journal of Microbiology and Biotechnology 35: 147. Saatavissa: <https://doi.org/10.1007/s11274-019-2723-9>.
- Terry, L.A., Mena, C., William, A., Jenney, N. & Whitehead, P. 2011. Fruit and vegetable resource maps, mapping fruit and vegetable waste through the wholesale chain, WRAP, RC008.
- Tesfaye, J., Dubie, T. & Terefe, G. 2015. Evaluation of hide and skin market chains in and around Shashemene town. Scientia 10: 119–126.
- Tikka, M. 2010. Teurassivutuotteiden hyötykäytön tehostaminen, syötäväksi kelpaavat jakeet. Bio- ja elintarviketekniikan koulutusohjelma. Liha- ja valmisruokateknologia. Hamk 76 s.

- Toldrá, F., Aristoy, M.C., Mora, L. & Reig, M. 2012. Innovations in value-addition of edible meat by-products. *Meat Science* 92: 290–296.
- Toldrá, F., Mora, L. & Reig, M. 2016. New insights into meat by-product utilization. *Meat science* 120: 54–59.
- Toldrà, M., Lynch, S.A., Couture, R. & Álvarez, C.A. 2019. Blood proteins as functional ingredients. Julkaisussa: Galanakis C.M (toim.). *Sustainable meat production and processing*. Academic press. 261 s.
- Tseng F-C. J. & Verbeek, C. J. R. 2011. Biofibre production from chicken feather. SCENZ-ICHEME annual conference in New Zealand 1–2 December 2011. University of Waikato, New Zealand.
- Ur Rahman, U., Sahar, A. & Khan, M.A. 2014. Recovery and utilization of effluents from meat processing industries. *Food Research International* 65: 322–328.
- Välikangas, H. 2017. Liiketoimintamahdollisuuksien tunnistaminen teollisuuden jätteistä ja sivutuotteista. Diplomityö Lappeenrannan Teknillinen Yliopisto LUT, Ympäristötekniikan koulutusohjelma. 109 s.
- Wanasundara, J.P.D., Pegg, R.B. & Shand, P.J. 2003. Value added applications for plasma proteins from the beef processing industry. Julkaisussa: CMSA (Canadian Meat Science Association) News, s. 10–15. Saatavissa: <http://cmsa-ascv.ca/documents/2003September-03Wanasundarapgs10-15.pdf>
- Vielma, J., Setälä, J., Airaksinen, S., Kankainen, M. & Tarkki, V. 2013. Vähäarvoisen kalamateriaalin jalostus lisäarvotuotteiksi – liiketoimintanäkymät. RKTL:n työraportteja 28/2013. 62 s.
- Vukusic, J.L., Millenautziki, T., Cieplik, R. & Barbe, S. 2020. Reshaping apple juice production into a zero discharge biorefinery process. *Waste and Biomass Valorization* 12: 3617–3627.
- Yousif, A.M., Cranston, P., Deeth, H.C., 2003. Incorporation of bovine dry blood plasma into biscuit flour for the production of pasta. *LWT-Food Science and Technology* 36: 295–302.
- Yrjölä, S. 2015. Lahnanparkista herkuksi. *Kalastus-lehti* 2/14. Saatavilla: Kalastus.com. <https://isu-su.com/krookmedia/docs/kalastus214/74>

# Liitteet

## Liite 1. Kysely teurastaloille

### Uutta liiketoimintaa sivutuotteista (Uusivu) -hanke

27.4.2017

Kysely yrityksille sivutuotteiden määristä ja hyödyntämisestä (kyselyn tiedot ovat luottamuksellisia).

#### 1. Teurastettujen porojen määrä (kpl/vuosi) ja teurastusaika

#### 2. Sisäelinten hyödyntäminen elintarvikkeena (kg/viikko)

maksa		kg/viikko
munuaiset		kg/viikko
sydän		kg/viikko
kieli		kg/viikko
muu, mikä?		kg/viikko

#### 3. Muodostuvat sivutuotejakeet ja niiden arvioitu määrä (kg/vuosi)

luu	
veri	
rasva	
suolisto	
suolen sisältö	
nahka	

Honkajoki Oy:hyn tai Findest Protein Oy:hyn menevä sivutuotemäärä                      kg/viikko

Kuljetusmatka Honkajoki Oy tai Findest Protein Oy                      km. Kuljetustapa

#### 4. Raatokeräilyyn menevä eläinmäärä (kpl/vuosi)

Miten ja missä raatoja säilytetään?

**5. Sivutuotteiden käsittely tällä hetkellä**

lemmikien ruoaksi omalta tilalta, mitä?		kg/vuosi
kompostointi omalla tilalla, mitä?		kg/vuosi
muu käsittely omalla tilalla, mikä?		kg/vuosi
kuljetus kompostointilaitokseen, mitä?		kg/vuosi kuljetusmatka            km/kuljetus**
kuljetus biokaasulaitokseen, mitä?		kg/vuosi kuljetusmatka            km/kuljetus
lemmikien ruoaksi toiseen yritykseen, mitä?		kg/vuosi kuljetusmatka            km/kuljetus
tekniseen käyttöön*, mihin? mitä?		kg/vuosi kuljetusmatka            km/kuljetus
poltto, miten toteutetaan? mitä?		kg/vuosi kuljetusmatka            km/kuljetus
nahkojen käsittely, miten?		kg/vuosi kuljetusmatka            km/kuljetus
rasvan käsittely, miten?		kg/vuosi kuljetusmatka            km/kuljetus
muu käsittely, mikä?		kg/vuosi kuljetusmatka            km/kuljetus

\*Tekninen laitos valmistaa sivutuotteista teknisiä tuotteita esim. parkitut ja käsitellyt vuodat, nahat ja metsästystrofeet, käsitelty villa, karva, harjakset, sulat ja höyhenet, verituotteet, lääkevalmisteet, gelatiini, rasvan renderöinti ym.

\*\*Edestakainen kuljetusmatka

**6. Kuljetus**

Kuinka usein sivutuotteita kuljetetaan?
Miten kuljetetaan: minkä kokoluokan autolla, onko paluukuljetus tyhjä vai yhdistetty johonkin muuhun kuljetukseen?
Varastoidaanko sivutuotteita yrityksessä? Minkälaisessa varastossa?



## 7. Sivutuotteiden käsittelyn tehostaminen

Olisiko yrityksessänne kiinnostusta/mahdollisuuksia tehostaa sivutuotteiden käsittelyä ja hyödyntämistä siten, että suurempi osa menisi elintarvikkeeksi, rehuksi, lemmikkien ruoaksi tai tekniseen käyttöön?  kyllä  ei

Olisiko yrityksessänne kiinnostusta tehostaa sivutuotteiden hyödyntämistä, jos se olisi kustannuksiltaan nykytasolla tai edullisempaa?  kyllä  ei

## 8. Arvioitu tehostamispotentiali

luu		kg/viikko
veri		kg/viikko
rasva		kg/viikko
suolisto		kg/viikko
suolen sisältö		kg/viikko
nahka		kg/viikko
luokan 1. sivutuotteet		kg/viikko

## Liite 2. Kysely kasvisteollisuudelle

### Uusivu-hankkeen kysely kasvisteollisuudelle 2019

Uusivu- Uutta liiketoimintaa sivutuotteista -hanke (2017–2019) on Luonnonvarakeskuksen (Luke) koordinoima hanke (<https://uusivu.weebly.com/>), jossa kehitetään kasvis-, pienteurastamo-, kala- ja broileriyriytysten sivutuotteiden käsittelyä. Yritysten yhteistyötä edistetään välittämällä tietoa potentiaalisista yhteistyökumppaneista, keräily- ja käsittelyketjuista, yhteisten laitteiden hyödyntämisestä ja yhteiskuljetuksista. Lisäksi selvitetään tapoja käsitellä sivutuotteet siten, että niistä voidaan valmistaa uusia tuotteita. Sivutuotteiden käsittelyketjua tarkastellaan kestävän kehityksen näkökulmasta. Sivutuotteeksi luokiteltavan aineksen on sovellettava raaka-ainekäyttöön (mm. käyttö rehuna tai lemmikkien ruokana) ja sen on täytettävä lakisääteiset terveys- ja ympäristövaatimukset.

Pyydän vastaamaan kysymyksiin soveltuvin osin. Tulokset käsitellään ja esitetään luottamuksellisesti ja anonymisti yritysryhmätasolla niin, ettei vastaajayritys paljastu. Vastaukset pyydetään lähettämään 15.6.2019 mennessä sähköpostitse osoitteeseen [maarit.maki@luke.fi](mailto:maarit.maki@luke.fi)

- 1) Tuotetut kasvissivuvirrat, arvio määrästä vuodessa, kg ja/tai % käytetystä raaka-aineesta
  - a) Hedelmien ja kasvien kuoret
  - b) Kasvien solunesteet
  - c) Juuresten sivuvirrat
  - d) Vilja- ja öljykasvisivuvirrat
  - e) Muu, mikä?

Onko sivuvirtojen muodostuminen kausiluonteista vai muodostuuko niitä ympäri vuoden?

- 2) Tapahtuuko kasvissivuvirtojen jatkojalostus, suora hyödyntäminen tai muu käsittely omassa yrityksessä vai onko se ulkoistettu? Onko sopimuksia muiden elintarvikealan toimijoiden kanssa sivuvirtojen yhteisestä käsittelystä?

- 3) Nykyinen kasvissivuvirtojen käyttö elintarvikkeeksi tai rehuksi
  - a) Jatkojalostus elintarvikkeeksi tai ravintolisäksi, kuvaile mitä tuotteita valmistetaan.
  - b) Käytetäänkö em. kasvissivuvirtoja sellaisenaan elintarviketuotantoeläinten rehuksi (lypsy- tai lihakarja, lampaat, siipikarja, hyönteiset, joku muu)? Merkitse sopiva vaihtoehto.
  - c) Käytetäänkö em. kasvissivuvirtoja sellaisenaan lemmikkien tai riistan ruokintaan?
  - d) Käytetäänkö em. kasvissivuvirtoja lisäaineiden tai apuaineiden jatkojalostukseen?
  - e) Muu käyttö, mikä?
- 4) Käytetäänkö sivuvirtoja energian tuotantoon? Arvio määrästä, kg
  - a) Biokaasu
  - b) Bioetanoli
  - c) Poltto

- 5) Onko kasvissivuvirroilla joku muu tekninen käyttösovellus esim. kosmetiikkateollisuus, kemiateollisuus tai joku muu teollisuus? Arvio määrästä, kg

- 6) Käsitelläänkö yrityksessänne kasvissivuvirtoja maanparannusaineeksi tai lannoitteeksi?

- 7) Mitä laitteita yrityksessänne käytetään kasvissivuvirtojen käsittelyssä esim. murskain, puristin, linko, kuivain (minkä tyyppinen?)

- 8) Varastoidaanko ja kuljetetaanko kasvissivuvirrat itse vai ovatko ne ulkoistettu, valitse:
  - a) Varastointi: oma ulkoistettu
  - b) Kuljetus: oma ulkoistettu

Kuljetusmatkan pituus yhteen suuntaan?

Kuinka usein kuljetetaan?

Millä kuljetaan?

9) Kustannukset: Kuinka suuren osan kuluista suhteessa liikevaihtoon kasvissivuvirrat aiheuttavat vuositasolla? Ovatko kustannukset nousseet vai laskeneet vuoden 2016 jälkeen? Mistä sivuvirtojen kulut aiheutuvat (esim. energia, kuljetukset, porttimaksut)

10) Saadaanko kasvissivuvirroista tuottoa? Jos, niin mistä/miten?

11) Onko yrityksellänne kiinnostusta kasvissivuvirtojen

a) Jatkojalostukseen elintarvike- tai rehukäyttöön joko valmistusaineena tai muuna lisäarvotuotteena?

b) Energiantuotantoon bioetanoliksi tai biokaasuksi?

c) Käsittelyyn maanparannusaineeksi tai lannoitteeksi?

d) Muuhun, mihin?

Muita kysymyksiä tai kommentteja?

Yrityksen nimi:

Toimiala:

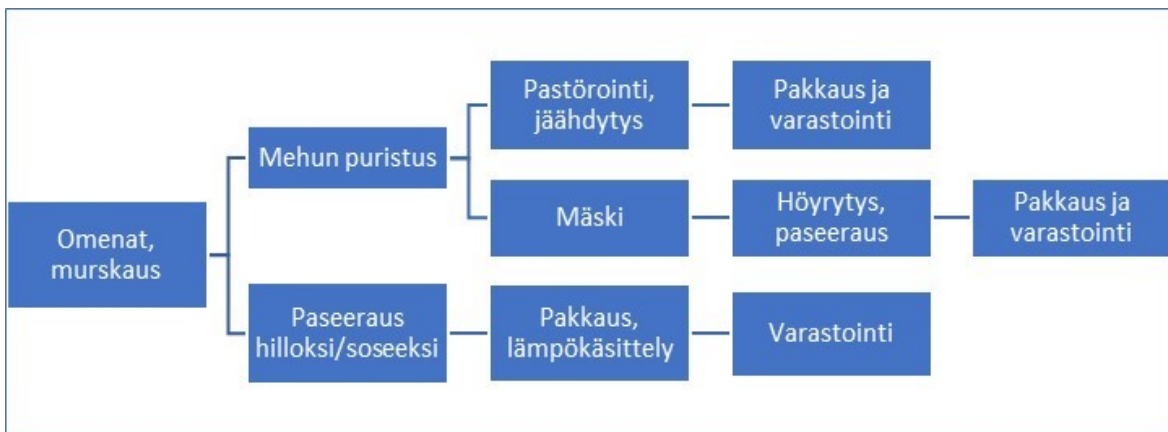
Yhteyshenkilö:

Yhteystiedot:

### Liite 3. Omenamäskin prosessointi

Omenaa tuotettiin Suomessa 8 milj. kiloa 316 tilalla v. 2019. Suurimmat hedelmän tuotanto-pinta-alat olivat Ahvenanmaalla, 316 ha, ja Varsinais-Suomessa, 164 ha (Luken tilastot).

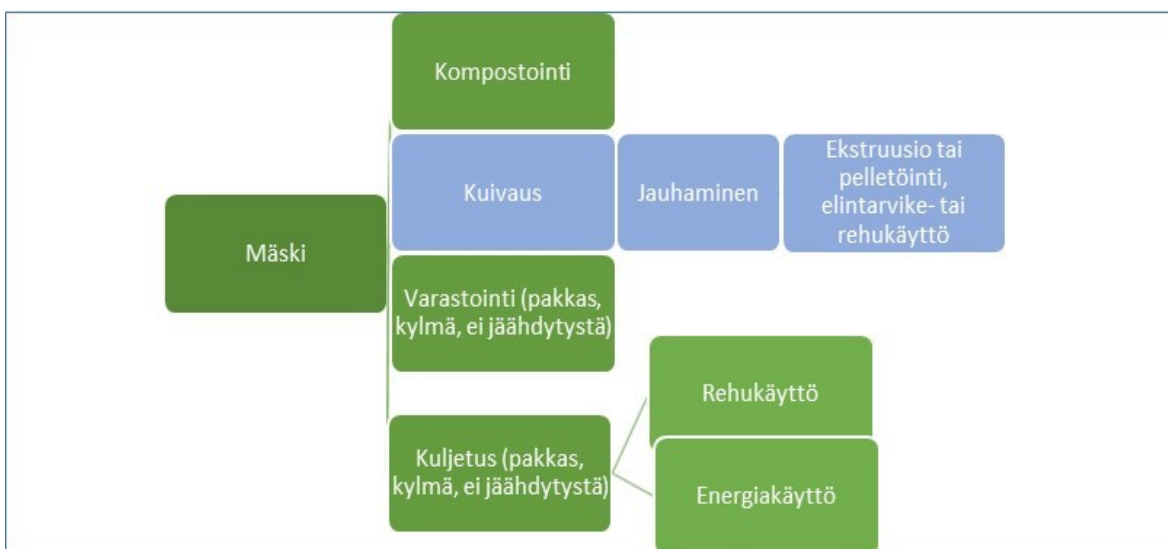
Omenamehun puristaminen on kausiluonteista toimintaa, joka alkaa elo-syyskuussa ja päättyy viimeistään vuodenvaihteen aikoihin (kuva 3.1). Mehua puristavat pääasiassa mehua tai siideriä valmistavat yritykset tai palvelun tarjoajat. Yritykset voivat olla esimerkiksi omenatarhoja, jotka käyttävät omia omenoitaan mehun tai siiderin valmistukseen tai ne ostavat omenia, jotka joko eivät täytä kauppakriteerejä tai omenat on tarkoitettu mehun valmistukseen. Palvelun tarjoajat voivat olla yrityksiä tai yhdistyksiä (esim. 4H, maa- ja kotitalousnaiset), jotka puristavat yksityis-henkilöiden omenista mehua ja tarvittaessa pastöroivat ja pakkaavat sitä. Palvelun tarjoajat voivat antaa omenamäskin mukaan asiakkaalle. Jälkimmäisten toimijoiden omenamäskin laadusta ei ole Uusivu-hankkeessa tehty mikrobiologisia analyysejä, mutta omenoiden laadusta vastaa aina tilaaja.



**Kuva 3.1.** Omenoiden prosessoinnin päävaiheita.

a) Omenamehun valmistus.

b) Mäskin käsittelyn vaihtoehtoja



Omenamäskin hyödyntämiseen olisi kiinnostusta, mutta ongelmana on sen huono säilyvyys ja sopivan käyttötarkoituksen puute. Huono säilyvyys johtuu mm. korkeasta kosteus- ja sokeripitoisuudesta. Omenamäski on käsiteltävä hygieenisesti, jotta se soveltuu käytettäväksi ruokaketjussa.

Mäski on käsiteltävä niin, että se säilyy pilaantumatta, jotta sitä voidaan jatkojalostaa tai käyttää sellaisenaan esim. rehuna. Keinoja voisivat olla pakastaminen ja säilöntäaineen, esim. säilörehun säilöntäaineen, lisääminen. Jos mehunpuristamon lähellä on vapaata pakastuskapasiteettia, sen vuokraaminen lyhyeksi ajaksi voi mahdollista. Mäskiä voidaan kuljettaa kylmäkuljetuksena ja varastoida lyhyitä aikoja syksyllä ilman jäädytystäkin, kun ulkoilma on alle 10 astetta ja, jos sitä ei käytetä elintarvikkeiden valmistukseen.

Mäskin käsittelykokeissa paseeraus tehtiin Robot Coupe C80-laitteella huoneenlämmössä 18–20 °C:ssa. Ensimmäisessä kokeessa 28.10.2016 paseeraus tehtiin suoraan mäskistä, jolloin laite tukkeutui. Paseeraus onnistui, kun mäskiin lisättiin edellisenä päivänä keitettyä vesijohtovettä 200 g/ 1000 g (20 %). Yritys 3:n mäskiin lisättiin 40 % vettä, koska mäski oli kuivempaa kuin muiden yritysten mäski. Paseerausta kokeiltiin 3 ja 5 mm reikälevyillä, joista 3 mm levy oli parempi. Seuraavilla kerroilla mäski höyrytettiin yhdistelmäunissa 20–30 min 100 °C:ssa. Lisäksi kokeiltiin entsyymikäsitteilyä pektinaasilla (PrestoCider käymisainepakkaus). Ohjeen mukaan 8–12 kg:aan omenia lisätään pussillinen entsyymiä, mutta tässä kokeessa käytettiin 2 pussillista n. 8 kg:aan. Entsyymi lisättiin veden mukana, kun omenapuristejätteen lämpötila oli laskenut alle 60 asteen. Omenamäskistä otettiin näyte mikrobiologisiin analyyseihin ennen prosessointia sekä valmiista soseesta. V. 2016 ei tehty kuiva-ainemäärityksiä, koska prosessi haluttiin saada ensin toimimaan.

Omenamäskin paseerausta saatiin parannettua lisäämällä siihen vettä 20 % ja höyryttämällä n. 30 min 100 °C:ssa (taulukko 3.1). Tarvitaan kuitenkin jatkotutkimuksia, jotta prosessointi saadaan optimoitua. Entsyymilisäys, pektinaasi, näytti myös parantavan soseen saantoa. Entsyymi kannattaisi kuitenkin lisätä jo ennen mehun puristamista, jolloin mehua saataisiin enemmän, entsyymi jatkaisi sitten toimintaansa mäskissä. Paseeraaminen erotti omenakuoret, siemenet ja kannat.

**Taulukko 3.1.** Tulokset omenamäskin paseerauskokeista. Saanto on soseen osuus % yhteenlasketusta soseen ja jätteen määrästä. k.a. = kuiva-aine

Yritys/ vuosi	Käsittely	Ainekset			Saanto				
		Mäski kg	k.a. %	Vesi kg	Sose kg	k.a. %	Jäte kg	k.a. %	Saanto %
1/2016	Ei höyryä	14,0	-	2,8	3,9	-	11,6	-	25
2/2016	Ei höyryä	9,7	-	2,0	5,9	-	5,3	-	53
1/2016	Höyrytys	8,6	-	1,7	8,6	-	1,7	-	83
1/2016	Höyrytys +entsyymi	7,6	-	1,5	8,2	-	0,9	-	91
3/2017	Höyrytys	-	27,7	*	-	16,7	3,2	27,7	-
1/2017	Höyrytys	-	15,0	-	-	10,9	-	19,8	-
keskiarvo			21,4			13,8			23,8

\*vettä lisätty 40 %

## Mikrobiologinen laatu

Omenamäskistä otettiin näyte mikrobiologisiin analyysiin ennen prosessointia sekä valmiista soseesta. Mikrobiologista laatua tutkittiin määrittämällä hiivat ja homeet Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol Agar -alustalla (DRBC Agar), johon oli lisätty 50 µg/ml oksitetrasykliinihydrokloridia (ISO 21527-1:2008). Enterobakteerit määritettiin Violet Red Bile Glucose Agar -alustalla (VRBG) (ISO 21528-2:2004). Kokonaispesäkemäärä määritettiin Plate Count Agar -alustalla (PCA agar) (ISO 4833-1:2013).

Omenamäski oli mikrobiologisesti laadultaan hyvää ja mäskistä valmistetussa soseessa mikrobimäärät olivat laskeneet (Taulukko 3.2). Höyryttäminen ennen paseerausta laski bakteeripesäkkeiden kokonaismäärän 28 000 pmy/g:sta 5 000 pmy/g:aan. Yritys nro 3:n mäskissä oli kuitenkin muita korkeammat mikrobimäärät.

**Taulukko 3.2.** Mikrobiologiset tulokset omenamäskistä. (pmy = pesäkkeitä muodostava yksikkö)

Yritys/vuosi	Enterobakteerit pmy/g	Bakt. Kokonaismäärä pmy/g	Hiivat pmy/g	Homeet pmy/g
1/2016	820	20 000	6 000	1 000
2/2016	20	70 000	3 000	2 000
1/2016	10	28 000	-	-
3/2017	-	1 290 000	1 100 000	30 000
4/2017	-	13 000	16 000	22 000
1/2017	-	25 000	28 000	28 000

## Puristus paineilmapuristimella ja ruuvipuristimella

Juustonpuristimilla kokeiltiin puristaa tuoretta ja pakastettua omenamäskää. Pakastamisen tarkoituksena oli rikkoa soluseinämiä ja siten parantaa puristustehoa. Puristuksia tehtiin vuosina 2017 ja 2018 yhteensä kolmena päivänä yhteensä kahdeksalle näytteelle. Puristimeen laitettiin n. 15 kg mäskää kerralla. Vuonna 2020 kokeiltiin myös ruuvipuristinta.

Puristus tehtiin juustonpuristimilla 7 barin paineessa tuoreesta sekä pakastetusta ja sulatetusta mäskistä (taulukko 3.3). Kuiva-ainemäärytyksiä ei tehty kaikista näytteistä. Voidaan kuitenkin todeta, että pakastamisen jälkeen tehty puristus ei nostanut omenamäskin kuiva-ainepitoisuutta olennaisesti. Myös puristetun mehun kuiva-ainepitoisuus nousi pakastamisen jälkeen. Pakastetun ja sulatetun omenamäskin puristamista kokeiltiin v. 2020 ruuvipuristimella. Laitteella saadaan jatkuvatoimisesti puristettua mäskää, kun taas juustonpuristimella se tapahtui panosluonteisesti. Puristuskakun kuiva-ainepitoisuus oli samaa luokkaa kuin aiemmissa kokeissa.

**Taulukko 3.3.** Tulokset omenamäskin puristuskokeista juustonpuristimella, 7 bar K.a. % = Kuiva-aine, %

Yritys/ vuosi	Varastointi	Omenamäski kg	k.a. %	Puristuskakku kg	k.a. %	Mehu kg	k.a. %
4/2017	Pakastettu		18,1		23,2	6,0	10,5
4/2017	Pakastettu	15			19,8	1,9	12,2
4/2017	Pakastettu	15			19,1	0,6	10,7
4/2017	Pakastettu	15			21,2	3,8	10,8
1/2018	Pakastettu	16		10,9		5,0	
4/2017	Tuore	15	20,4		18,7	0,7	9,4
4/2017	Tuore	15	19,2			0,1	
4/2017	Tuore	15	18,0			0,5	9,3
1 ja 4/2020	Pakastettu	79	15,6	51,0	18,5	20,8	10,0

### Kuivaus

Kuivaus tehtiin kondensoivalla kasviskuivurilla (Vegedryer 100, suomenpuhdasilma.fi) noin vuorokauden ajan. Lämpötila kuivurissa nousi korkeintaan 40 °C:seen. Omenamäski tarttuu lu-jasti teräspintaan, joten terästarjottimien päälle laitettiin leivinpaperi ennen kuin sen päälle le- vitettiin omenamäskiä (kuvat 3.2 ja 3.3). Yhdistelmäuunissa (air-o-steam, Gourmet 5 GN 1/1, Electrolux) kuivattiin juustonpuristimella puristettu, pakastetusta omenamäskistä saatu puris- tekakku. Uunin lämpötila oli 10–130 °C ja kuivaus kesti niin kauan, että mäski oli varmasti kui- vaa.

Kasviskuivurissa kuivatun omenamäskin kuiva-aine oli kuivauksen lopussa keskimäärin 92,2 % (90,4–93,4 %), N=5 kpl. Yhdistelmäuunissa kuivattiin taulukossa 3.3 mainittujen pakastettujen omenamäskien puristekakkuja. Niiden kuiva-aine oli keskimäärin 97,9 % (97,0–98,6 %), N=3. Kasviskuivurissa tehtyä kuivausta ei optimoitu, joten jatkotutkimuksia tarvitaan.

**Kuva 3.2.** Kasviskuivurissa kuivattu omenamäski.**Kuva 3.3.** Kuivattu omenamäski ja siitä valmis- tettu jauhe.

## Tuotekokeet

Omenasosetta pakattiin manuaalisesti metallitölkkeihin, jotka steriloidtiin autoklaavissa. Tölkit säilyvät huoneenlämmössä steriloinnin jälkeen. Sosetta testattiin HAMK:ssa toteutetussa tuotekokeessa, jossa valmistettiin koiran herkkupalatuote. Kuluttajatestissä omenamäskiin koiranruuan raaka-aineena kuitenkin suhtauduttiin epäillen, koska omenansiemenissä on haitallisia aineita. Sekä omenasosetta että omenamäskijauhetta kokeiltiin ekstruusiokokeessa, jossa simuloitiin rehuotteiden, kuten hevosrehun reseptejä. Soseella saatiin korvattua vesiliäystä (kuva 3.4).



**Kuva 3.4.** Ekstruusiotuote, jossa on mukana omenamäskiä.

Paras omenasoseen saanto 91 % saatiin omenamäskistä, johon oli lisätty vettä ja entsyymiä höyryttämisen jälkeen. Omenamäskien mikrobiologista laatua voidaan pitää hyvänä, vaikka omenamäskille ei ole saatavilla raja-arvoja. Yritysten mäskien mikrobiologisessa laadussa ja kuiva-aineessa oli vähän eroja lukuun ottamatta yrityksen 3 omenamäskiä, jossa oli korkein kuiva-ainepitoisuus ja mikrobimäärät. Erot johtuvat todennäköisesti mehun valmistusmenetelmästä, mutta koska ne ovat liikesalaisuuksia, eroja ei sen vuoksi tässä kuvata.

Omenamäskin kuiva-ainepitoisuus oli keskimäärin 18 % eikä sitä saatu paljoa nousemaan puristamalla tai pakastamalla.



#### Liite 4. Rapujauhon valmistus

Päijänteestä pyydytyt täpläravut keitettiin perinteiseen tapaan maustaen ne tillillä, suolalla ja sokerilla. Ennen keittämistä rapuja sumputettiin viikko ja ne lajiteltiin pituusluokkiin puolen senttimetrin välein. Kokoluokkia oli viisi välillä 75 ja 99 mm, mutta luokan 80–94 mm rapuja oli niin vähän, ettei niistä saatu omaa ryhmää. Suolen tyhjentämiseksi ruokinta sumppuihin piti lopettaa noin viikkoa ennen rapujen keittoa, mutta sumputusta toteuttaneen opiskelijan oli käynyt rapuja sääliksi, ja hän oli kuitenkin ruokkinut rapuja lepän lehdillä keittopäivään asti.

Ravut keitettiin 50 ravun erissä, jäädytettiin ja varastoitiin kylmähuoneeseen 0–2 °C:een maustamaan 12 tunniksi. Sen jälkeen ravut valutettiin ylijäämävedestä teräsritilän päällä ja leikattiin keittiöaksilla jakeisiin, joita olivat sakset, pyrstö, jalat ja keskikeho. Jakeiden leikkaamiseen käytetty aika mitattiin sekuntikellolla kunkin 50 ravun ryhmän osalta. Leikkuun toteutti useampi henkilö. Henkilökohtainen leikkuunopeus vaihteli paljon. Harjaantumisen myötä nopeus parani, mutta tässä kokeessa kertyneellä harjoituksella ei yksikään leikkuun toteuttaja ennättänyt kehittyä niin nopeaksi kuin voisi olettaa säännöllisesti leikkuuta harjoittavan työntekijän kehittyvän. Leikkuuajoista esitetään alla (taulukko 4.1), jonka mukaan rapujen leikkuu näyttäisi käyvän sitä nopeammin, mitä suurempia ravut ovat. Koska kunkin erän leikkaajaa ei kirjattu muistiin, eikä leikkausjärjestystä satunnaistettu, voidaan leikkuuaikoja pitää vain viitteellisenä. Leikkuuta kokeiltiin myös keittiöveitsellä, mutta sakset osoittautuivat nopeammaksi välineeksi. Osiin leikkuulla pyrittiin selvittämään eri ravunosien suhteellista osuutta ravun painosta ja eri osista valmistettavan jauhon laadullisia eroja. Leikkuun jälkeen jakeet punnittiin, edelleen 50 ravun ryhmissä, pakattiin vakuumpusseihin ja pakastettiin. Pusseihin kirjattiin rapujen kokoluokka, lukumäärä ja osajakeen paino sekä pakkauspäivä. Rapujen sumputuksen, lajittelun, keiton, leikkuun ja punnituksen ja vakuumpakkauksissa pakastuksen toteuttivat koulutuskeskus Salpauksen opiskelijat.

**Taulukko 4.1.** Eri mittaisten rapujen leikkuuseen kulunut aika.

Kokoluokka (ravun pituus mm)	75-79 mm	85-89 mm	90-94 mm	95-99 mm
Yhteensä rapuja	188	56	153	150
Mittausten määrä	4	1	3	3
Leikkuuaika (s/rapu)	6,7–16,7	12,8	4,4–7,3	3,9–4,7
Keskimääräinen leikkuuaika (s/rapu)	9,2	12,8	5,7	4,3

Rapujen kuivausta varten vakuumpakatut ja pakastetut rapujaepussit vietiin kylmälaukuissa Luken Jokioisten laboratorioihin, jossa kuivauskokeet toteutettiin. Kuivauskokeissa apunamme oli Hamkin kestävän kehityksen opiskelijoita. Lähes kaikki Koulutuskeskus Salpauksessa pakastetut ravunosat saatiin punnittua, kuivattua ja jauhettua lokakuun 2017 ja helmikuun 2018 välisenä aikana, valtaosa jo vuoden 2017 puolella. Vaikka näytteet oli punnittu jo pakattaessa, ne punnittiin uudelleen ennen kuivausta, sillä valtaosa vakuumpakkauksista oli vuotanut ja pakkauksien sisälle oli muodostunut jäätä, vaikka pakastimessa säilytysaika oli vain joitakin viikkoja. Vakuumikalvojen vuotaminen johtui rapujen piikkisyydestä. Jotta vakuumi pysyy, täytyy käyttää kaksinkertaista vakuumpussia tai tavallista paksummasta kalvoista tehtyjä vakuumpusseja. Syksyllä 2019 hankimme lisää rapuja, jotka keitettiin ja tyhjiöpakattiin kaksinkertaiseen vakuumpussiin. Tällä kertaa vakuumi pysyi säilytyksessä maaliskuulle 2020, jolloin ravut kuivattiin kylmäkuivurilla ja jauhettiin osajakeina. Tällä kertaa ravut pakastettiin kokonaisina ja jaettiin osiin vasta kuivauksen jälkeen. Kuivien rapujen ositus tehtiin käsityönä ilman apuvälineitä. Kuivuessaan ravuista tuli niin rapeita, että kehonosat irtosivat helposti ja nopeasti

vääntämällä. Toimitusta ei kelloitettu, mutta arviolta se ei vienyt paljon kauempaa kuin tuoreena saksilla leikkaaminen.

Rapujen kuivausta kokeiltiin neljällä eri menetelmällä. Taulukkoon 4.2 on koottu tiedot kuivaustuloksista:

- Kiertoilmakuivaus uunissa 102 °C ja 75 °C lämpötiloissa, 18 ja 22 tuntia
- Kasvikuivurilla 50 °C:ssa, 21–50 tuntia
- Pakkaskuivurissa -90 °C:ssa, 48–95 tuntia

**Taulukko 4.2.** Eri kuivausmenetelmillä, kuivausajoilla ja lämpötiloilla saavutettu massan väheneminen lähtöpainosta %.

Kuivauksen muuttujat	Pakkaskuivuri		Lämpökaappi		Kasvikuivuri	
Kuivausaika h	96	120	22	18	21	50
Kuivauslämpötila °C	-90	-90	75	102	50	50
<i>Massan väheneminen % (lkm)</i>						
kokonaiset ravut		71 (1)				
pyrstö	71 (7)		73 (3)			73 (2)
keho	74 (4)		73 (3)			
sakset	62 (6)		64 (1)*		62 (1)	62(2)
jalat	63 (5)			48 (2)	64 (3)	
Mittauksia yhteensä	22	1	7	2	4	4

\* kevyt murskaus ennen kuivausta. Suluissa mittausten määrä

Eriä kuivattiin huomattavasti enemmän kuin taulukkoon on kirjattu. Taulukon perusteella voidaan arvioida, että käytetyt kuivausajat olivat riittävän pitkiä lämpökaapin 18 tunnin jaksoa lukuun ottamatta. Lämpötilojen optimointia ei ennätetty tekemään, mutta kaikki 75 asteesta viileämpään toimivat ainakin kohtalaisesti. Aistinvaraisesti arvioituna pakkaskuivurilla saatiin paras tuotelaatu, mutta myös kasvikuivuri tuotti varsin hyvälaatuista jauhoa. Kaikki jälkimmäisen keittoerän ravut kuivattiin pakkaskuivurilla.

Rapujen kuivaaminen onnistui hyvin kaikilla kuivausmenetelmillä. Jalat kuivuivat huonoimmin 102 °C lämpötilassa. Ehkä kuivausaika oli liian lyhyt. Myös punainen väri haalistui jonkin verran 102 °C lämpötilassa. Lämpötilassa tehtiin vain yksi kuivaus, sillä aistinvarainen havainto oli, että mitä korkeampi kuivauslämpötila, sitä heikompi lopputuotteen maku ja haju.

Joulukuussa 2017 tehtiin lisäksi kuudesta rapujauhonäytteestä kuiva-ainemääritys pitämällä niitä ensin 17 tuntia 102 asteisessa lämpökaapissa ja sen jälkeen puoli tuntia eksikaattorissa. Kahdessa kasvikuivurilla kuivatussa erässä (jalat, sakset) kuiva-ainepitoisuus oli 93 %. Muissa erissä kuiva-ainetta oli 95–96 %. Rapujauho oli siis paitsi kuivunut hyvin, myös pysynyt kuivana noin 2 kk kestäneessä säilytyksessä. Rapuja kuivattiin sekä kokonaisina, että jakeiksi (sakset, keskikeho, pyrstöt, jalat) leikattuina. Joistakin viimeisen keittoerän kuivatuista keskikehoista ja pyrstöistä eroteltiin kuori, joka jauhettiin ja punnittiin omana jakeenaan. Tällä haluttiin arvioida kuoren osuutta ko. kehonosan painosta.

Kuivauksen jälkeen ravunosat jauhettiin vasaramyllyllä 1 mm siiviläkokoä käyttäen, punnittiin ja pakattiin kannellisiin pakasterasioihin tai kierrekorkillisiin ilmatiiviisiin näytepurkkeihin, joita

säilytettiin huoneenlämmössä pimeässä. Jauhamiseen kokeiltiin myös suurtalouskäyttöön tarkoitettua sauvasekoitinta, mutta sillä ei saatu jauhomaista tulosta.

Vasaramyllyllä 1 mm seulalla tehty jauho on hyvin hienojakoista (kuva 4.1). Jauhon ominaisuudet vaihtelevat sen mukaan mistä ravun osasta se on tehty. Saksista tehty jauho on vaaleanpunaista ja tuoksuu sekä maistuu selvästi ravulle. Pырstö- ja saksijauhoissa on punaista ja hennon ruskeaa väriä. Ne näyttävät kasvopuuterilta, mutta tuoksuvat ja maistuvat ravulta. Keskikehosta tehty jauho on väriltään ruskeaa, voimakkaamman makuista ja se tuoksuu lähinnä kalanrehulta. Se ei nähdäksemme sovellu gourmet-tuotteeksi, vaan parhaiten eläinten rehuksi tai pieneköinä määrinä einestuetteiden komponentiksi.

Kokeilimme koirannappuloiden tekoa keskikehojauhosta extruder-laitteella, joissa oli jauhoa joko 10 tai 20 %. Lämpökaapissa 75°C:ssa kuivatusta keskikehojauhosta tehtiin 7.12.2017 (2 ajoa) extruder-laitteella puffattuja rapunappuloita. Tavoitteena oli ennen muuta nähdä, kuinka kitiini käyttäytyy extruder-laitteessa.

1. ajo: Massan koostumus: 20 % ravun keskikehojauhetta, 10 % kuivattua omenamäskiä, 25 % täysjyväkaurajauhoa, 40 % perunatärkkelystä ja 5 % rypsiöljyä. Massa kulki hyvin laitteiston läpi, mutta ei puffaantunut kunnolla. Syyksi epäiltiin liallista rasvan määrää. Rapujauho maistui voimakkaasti, mutta kalanrehumaisena, ei houkuttelevana. Omena ei maistunut.

2. ajo: Rasva jätettiin pois, vähennettiin rapujauhon määrää ja lisättiin omenamäskin ja perunatärkkelyksen määrää. Osuudet olivat seuraavat: 10 % rapujauhoa, 20 % kuivattua omenamäskiä, 20 % täysjyväkaurajauhoa ja 50 % perunatärkkelystä. Nyt massa puffaantui pyöreiksi nappuloiksi, jotka kuivatettiin rapeiksi uunissa 10 min. Maku oli edellistä miedompi, rapu maistui selvästi edelleen, mutta omena ei vielä.

Johtopäätökset extruder kokeilusta: Jos käytetään hyvälaatuista, matalassa lämpötilassa kuivattua rapujauhoa, menetelmällä voisi ehkä valmistaa rapeaa ja maukasta purtavaa. Perunatärkkelyksen sijasta kannattaisi kokeilla maissijauhoa, joka itsessään antaisi tuotteelle enemmän makua. Omenamäskiä voisi maun puolesta ja kuitulisänä käyttää nyt kokeiltua runsaammin, jos vain rakenne ei siitä oleellisesti kärsi.

Laitteessa käytettiin 7 mm suulaketta ja 21–30 painearvoa. Pienemmällä suulakkeella ja korkeammalla paineella puffaantuminen voisi onnistua pienemmällä tärkkelyksen osuudella. Aikaansaajien nappuloiden maittavuutta testattiin kollegan lapinkoiralla. Ihmisravinnoksi ainakaan korkeassa lämpötilassa kuivattu ravunkeskikeho ei voimakkaan makunsa puolesta sovellu. Kollegan terveiset koiraltaan olivat, että kelpasi siinä missä kaupalliset kuivaruokatuotteetkin, mutta ei herättänyt erityistä intohimoa.

Valitettavasti ruoanlaittokokeilumme rapujauheilla ovat jääneet toistaiseksi vähäisiksi. Pääasiassa sitä on käytetty keittojen ja kastikkeiden maustamiseen. Etenkin kalakeittoon se sopii hyvin. Teelusikallinen 3 litran keittoon toimii ikään kuin aromivahventeena. Tuo täyteläistä umamia ja vain hennon rapuvivahteen. Runsaammalla annostuksella saadaan selvä rapuaromi esiin. Jauheita on annettu kokeiltavaksi useille kalayrityksille ja kahdelle kotieläinrehujen valmistajalle, mutta palaute on ollut vielä vähäistä.



**Kuva 4.1.** Saksi-(vas) ja keskikehojauhoa (oik.) keitetystä rapuista

Jauheen säilyvyydestä on syntynyt subjektiivinen käsitys, jonka mukaan tiiviissä astiassa huoneenlämmössä säilytettyä maku pysyy hyvänä noin vuoden ajan, vaikkakin loppuvuodesta maku on jo hieman laimentunut. Varsinaista makutestausta ei ole tehty. Todennäköisesti varastojauheet kannattaisi säilyttää vakuumissa ja viileässä. Myös myyntipakkauksen olisi hyvä olla ilmaton ja avattuna ilmatiiviisti suljettavissa.

Rapunäytteiden hygieenisen tilan ja tuoresäilyvyyden arvioimiseksi yhden päivän pakastuseräjakeista (4) otettiin näytteet vakuumpusseihin, jotka sijoitettiin 1 °C kylmäkaappiin. Niistä otettiin näytteet aerobisten mikrobien kokonaismäärän määrittämiseksi 0, 7 ja 14 vrk kuluttua kylmäkaappisäilytyksen alkamisesta. Lähtötilanteessa ja viikon kuluttua bakteerikasvu oli vähäistä, mutta 2 viikon kuluttua tuotteet eivät enää olisi olleet kelvollisia elintarvikkeiksi. Myös haju oli muuttunut hieman tymeäköksi. Rapu on entuudestaan tiedetty herkästi pilantuvaksi elintarvikkeeksi. Tämän kokeilun perusteella myyntiaika vakuumpakatulla keitetyllä ravunosilla ei voisi olla juuri viikkoa kauempaa. Tosin havaittiin, että ko. erän rapujen suolet eivät olleet tyhjiä, joten niitä ei ollut paastotettu ohjeistuksen mukaisesti. Oletettavasti pyrstöjen leikkauksessa suolistobakteereja on levinnyt leikkauspinnalle ja saksiin. Tämä on voinut vaikuttaa hygieenistä tilaa heikentävästi, mikäli suolistobakteereita on selvinnyt elossa keittämisestä. Viljelyalustana käytettiin Plate Count Agar (PCA) -kasvatusalustaa Luken menetelmäohjeen mukaan.

Valmiista jauhosta ei tehty bakteeriviljelyitä, sillä oletus oli, että niiden hygieeninen status oli moitteeton, koska kylmäketju ei katkennut missään kohtaa jauhon valmistuksessa lukuun ottamatta kuivausvaihetta kasvikuivurissa ja kiertoilmuunissa. Kuivurissa se aika, jolloin rapujae on riittävän lämmin ja riittävän kostea mikrobien kasvulle on kuitenkin melko lyhyt. Kylmäkuivaus on tietysti tässä suhteessa turvallisin.

Rapujauhon valmistuksen kustannuksia arvioitiin seuraavin laskentaperustein:

- oletettiin, että kylmätiloja ja vasaramylly ovat käytettävissä, eikä niihin tarvitse investoida
- oletettiin, että on käytettävissä myös keittiötila ja 80 litran kääntökattila
- pikkuravuista maksetaan pyytäjälle 10 €/kg
- rapujen hankintaan kuluu aikaa 3 tuntia/ 100 kg rapuja
- rapujen noudosta tulee polttoaine yms. kuluja 13,65 €/ 100 kg rapuja
- ravut toimitetaan kylmäkuljetuksella rahtipakastuslaitokselle 150 km matka
- pakkasrahdin hinta on 100 €, paluurahdin hinta on 50 €.
- rahtikuivauksen (pakastekuivaus) hinta on 4 €/tuorekilo.
- kerralla kuivaukseen kuljetettavien rapujen määrä on 190 kg (7 kattilallista)
- keitettävien rapujen keskipituus on 85 mm ja keskipaino 18 g
- rapukattilallisen (1500 rapua, 27 kg) keittoaika valmisteluineen vie noin 2 tuntia

- kattilallisen jäähdytys ja pakastaminen rahtia varten vie noin 1 tunnin
- rapujen rahdin järjestelyyn menevä aika on noin 2 tuntia
- rapujen osiin leikkuun nopeus on 600 rapua tunnissa/työntekijä
- rapujen jauhaminen ja pakkaaminen 30 minuuttia/ jauhekilo
- työn hinta 24 €/ tunti.

Yllä mainituin perustein rapujauheen omakustannushinnaksi saatiin noin 84 euroa kilolta, josta pelkästään raaka-ainehinta on 34 euroa kilolta. Rapujauheen tuotantohintaa arvioidessa on otettava huomioon eri jakeista valmistettujen jauhojen laatu. Miedompaa gourmet-tason jauhoa saadaan kokonaismäärästä noin 60 % ja loppu on voimakkaamman makuista ja ehkä vaikeammin korkeaan hintaan markkinoitavaa jauhoa. Jos ravut saadaan ostettua halvemmalla, ja niiden hankintaan ja käsittelyyn menee vähemmän aikaa, päästään ehkä noin 50 € omakustannushintaan tai allekin. Kustannuksia laskee, jos todetaan, että rapuja ei ole tarvetta leikata osiin vaan ne voidaan jauhaa kokonaisina. Mitä pienempiä ravut ovat, sitä perustellumpaa on jauhaa ne kokonaisina, sillä rapujen osien erotteluun käytettävä aika kasvaa suuressi rapujen koon laskiessa. Houkuttelevinta olisi siis käyttää jauhon valmistukseen juuri kaupallista kokoa pienempiä rapuja. Se taas ei useinkaan ole vesien tuoton kannalta paras vaihtoehto, sillä tuon kokoiset ravut olisivat seuraavana vuonna jo markkinakokoisia, ja niistä saatava kilohinta olisi silloin paljon korkeampi. Optimaalisinta olisi käyttää rapujauhotuotantoon pääasiassa 8–9 sentin kokoisia rapuja.

Kuivaus kasvikuivurilla tms. puhaltavalla kuivurilla tai kondensoivalla kuivurilla olisi selvästi halvempi kuivaustapa kuin kylmäkuivaus, jonka tässä valitsimme esimerkiksi, koska sillä saadaan paras mahdollinen aistinvarainen laatu ja tuoteturvallisuus. Rapujauhojen hygieenistä laatua ei kokeilussamme varmistettu, eikä siis myöskään voitu vertailla eri käsittelytapojen vaikutusta jauheen mikrobimääriin. Ravuissa on ennen keittämistä mikrobeja, mutta suurin osa tuhoutuu keitettäessä. Itiölliset eivät tuhoudu, joten hygieeninen testaus on tehtävä ennen jauhojen kaupallista käyttöä.

Investointikustannuksia laskelmassa ei huomioitu, eikä eri vaiheissa tarvittavien astioiden ja pakkauksien kustannuksia. Investointien tarve vaihtelee paljon toimijakohtaisesti. Myöskään sähkön käytön kustannuksia ei laskettu, sillä ne arvioitiin verraten pieniksi ja jokainen voi ne itse arvioida annettujen tietojen perusteella. Työajat eri vaiheissa arvioitiin suoraan omista kokeiluista tai niitä skaalaamalla kaupalliseen toimintaan.

## Liite 5. Hankkeen julkaisut

- Lehto, M. 2017. Uusivu: Elintarviketuotannon sivuvirrat tuottamaan Aitoja makuja 2/2017. Saatavissa: [https://issuu.com/aitojamakuja.fi/docs/am\\_2\\_2017](https://issuu.com/aitojamakuja.fi/docs/am_2_2017)
- Kuisma, R., Kymäläinen, H.-R. & Lehto, M. 2020. Havaintoja kasvituotteiden tuotantotilojen pintahygieniasta eri tuotantoympäristöissä. Elintarvike ja terveys 34, 4: 52–55. Julkaistiin syyskuussa.
- Erkamo E. & Mäki M. 2020. Ylijäämäraavuista monikäyttöistä rapujauhoa. Kehittyvä elintarvike 28.10.2020. Saatavissa: <https://kehittyvaelintarvike.fi/artikkelit/toimialat/kalateollisuus/ylijaamaravuista-monikayttoista-rapujauhoa/>
- Erkamo, E. Pikkuravuille uusi käyttötapa. Suomen kalastuslehti 8/2020.
- Kuisma R., Kymäläinen, H.-R. & Lehto, M. 2020. Veri ja sen hyödyntäminen julkaistiin joulukuussa Elintarvike ja terveys -lehdessä 6/2020
- Mäki, M., Haikonen T. & Lehto M. 2020. Omenamehun puristemassastako tuloa tuotteistamalla? Puutarha & kauppa 20/2020, 18.12.2020.
- Fedorik F, Zach, J., Lehto, M., Kymäläinen, H.-R., Kuisma, R., Jallinoja, M., Illikainen, K. & Alitalo, S. 2021. Hygrothermal properties of advanced bio-based insulation materials. Energy & Buildings. Submitted.

## Abstraktit ja posterit:

Maataloustieteen päivät 2018 ja 2020

- Lehto, M., Kymäläinen, H.-R., Kuisma, R., Mäki, M. & Erkamo, E. 2018. Elintarviketuotannon sivujakeet kiertoon. Suomen maataloustieteellinen seura 34/2018. Saatavissa: [http://www.smts.fi/sites/smts.fi/files/MTP2018\\_Abstraktikirja.pdf](http://www.smts.fi/sites/smts.fi/files/MTP2018_Abstraktikirja.pdf)
- Lehto, M., Kuisma, R., Kymäläinen, H.-R., Mäki, M., Erkamo, E., Jallinoja, M. & Haikonen, T. 2020. Elintarviketalouden sivutuotteet kiertoon ja uusiksi tuotteiksi. Suomen maataloustieteellinen seura 2–5/2020. Saatavissa: <http://www.smts.fi/sites/smts.fi/files/MTP2020%20Abstraktikirja.pdf>
- Kuisma, R., Kymäläinen, H.-R. & Lehto, M. 2020. Tuotantotilojen pintahygienian selvittäminen eri tuotantoympäristöissä. Suomen maataloustieteellinen seura 3–26/2020. Saatavissa: <http://www.smts.fi/sites/smts.fi/files/MTP2020%20Abstraktikirja.pdf>

## Opinnäytetyöt

- Monola, M. 2019. Eläinperäisten sivutuotteiden poltto 2019, Savonia-ammattikorkeakoulu. Saatavissa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/160567/Monola\\_Mika.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/160567/Monola_Mika.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Työ jatkui toisella Savonia-ammattikorkeakoulun opinnäytetyöllä: Janica Jäntti 2020. Kalkin vaikutus savukaasuihin. Saatavissa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/333722/J%C3%A4ntti\\_Janica.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/333722/J%C3%A4ntti_Janica.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

XAMKin opiskelijoiden logistiikkaan liittyvä oppinäytetyö (liite 6).

Itkonen, I. & Venesjärvi, S. 2019: Liha- ja kalasivutuotteiden kartoittaminen Kaakkois-Suomessa ja logistiikan parannuskeinot tulevaisuudessa. Saatavissa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/265160/Itkonen Ilari%20ja%20Venesjarvi\\_Samuli.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/265160/Itkonen_Ilari%20ja%20Venesjarvi_Samuli.pdf?sequence=2&isAllowed=y)


## Liite 6. Hämeen ammattikorkeakoulussa toteutetun tuotekehitysprojektin posterit:

### Tuotekehitysprojekti

#### Koiran koulutusnappi Raiku


**Toimeksiantaja**

- Uusivu-hanke
- Uusivu-hankkeessa kehitetään sivutuotteiden käsittelyä
- Luke ja HKScan
- Luomomvarakeskus (Luker) tuottaa suosio ratkaisuja suomalaisen biotalouden kestävästi kehittämiseen ja uusien elinkeinojen edistämiseen
- HKScan on johtava porjoismainen ruadäyhtiö, joka myy, markkinoi ja valmistaa korkealaatuisia ja vastuullisesti tuotettua siinä, nautaan-, siipikarjan- ja lampaanlihaa



**Lemmikkiruokatrendit 2017**

- Luonnollisuus
- Lemmikkien humanisaatio
- Vähäinen prosessointi
- Terveystuotteet



### Tuotekehitys

**Tavoitteet**

Kehittää premium-koulutusnappi, joka

- maistuu koiralle
- ei haise liian voimakkaalle
- ei murene

Kuivattaa tuote

- tuotteen tulisi säilyä huoneenlämmössä
- aw-arvo alle 0,7

**Käynnistäminen**

- Raaka-aineiden valinta

**Luonnostelu**

- Tavoitteiden asettaminen
- Ideointi
- Testituotteiden valmistus
- Parhaaksi todetun valmistusprosessin vieminen eteenpäin

**Kehittäminen**

- Massan rasvapitoisuuden ja sidosaineiden optimointi


**Viimeistely**

- Kustannusarvioiden laskeminen
- Ravintoaineluettelo
- Aistinvarainen arviointi ja kuluttajakysely

**Haasteet:**


- Naudanmahamassan valmistus
- Rasvan määrä
- Sidosaineet

Kuivaus Aikataulu



**Tavoitteet**

Kuivaus kasvikuivurilla 16 h → a<sub>w</sub>-arvo alle 0,2 + kuivaushävikki 80 %



### Raaka-aineet

**Naudanmaha**

- Käytetään koiranruuissa yleensä kuivattuna/jauhettuna
- Koirat pitävät nautanmahan mausta ja hajusta
- Vähärasvainen
- Ravintoarvoltaan ei kovin rikas

**Porkkana**

- Porkkanamehun valmistuksessa syntyvä porkkanamassa
- Keittojoseutus läikeä
- A-vitamiinin esiasteen eli beetakaroteenin lähde

**Kananmuna**

- Ravintoainerikas
- Hyvälaatuista proteiinia
- Rasvahappokoostumus erinomainen

**Persilja**

- Väri
- (C-vitamiini)


**Pakkaus suunnittelu**

**Käyttöpakkaus**

- Kovasta muovista valmistettu rasia (PP)
- Kiinnitysmekanismi
- Täytönmäärä n. 40 g

**Täyttöpakkaus**

- Kartonki + PLA-muovi
- Puolen litran pakkaus
- Tuotetta 200 g



**Raiku – Naudanmaha & persilja**

- naudanmaha (80 %), kananmuna (20 %), persilja (0,008 %)

**Raiku – Naudanmaha & porkkana**

- naudanmaha (60 %), porkkana (20 %), kananmuna (20%)

### Raiku; herkullinen koulutusnappi

**Naudanmaha & persilja**

Ainesosa	Pitoisuus
Proteiini	61,10 %
Rasva	17,20 %
Mineraalit	1,25 %
Kalsium	0,28 %
Fosfori	0,39 %

**Naudanmaha & porkkana**

Ainesosa	Pitoisuus
Proteiini	49,65 %
Rasva	15,40 %
Mineraalit	0,94 %
Kalsium	0,21 %
Fosfori	0,29 %

**Aistinvarainen testi**

- Testiin osallistui 15 koiraa
- Koirille tarjottiin kahta eri tuotetta; toisessa kädessä Raiku-koulutusnappi, toisessa kullekin koiralle tuttu herku
- Testi toistettiin kunkin koiran kohdalla 5 kertaa
- Lisäksi koiranomistajille teetettiin kuluttajakysely

**Kuluttajakyselyn tulokset**

- Koulutusnappien haju ei ollut epämiellyttävä
- Helppoja käsitellä
- Rakenne hiukan muureneva
- Koulutusnappien koko pienille koirille sopiva, muuten turhan pieni
- Koiranomistajien ostopäätökseen vaikuttivat kotimaisuus, runsas proteiinipitoisuus, lisäaineettomuus ja terveellisyys
- Koiranomistajat voisivat maksaa tuotteesta keskimäärin 3,50 €/100 g

**Tekijät:**

Saara Bruun  
Susanna Hietäkö  
Lauri-Pekka Hytönen  
Miika Mattila  
Marcus Stenholm  
Sofia Valli

**Valmistuskustannukset**

Raiku – Naudanmaha & persilja 6,95 €/kg  
Raiku – Naudanmaha & porkkana 6,30 €/kg

Kuva 6.1. Tuotekehitystyöstä tehtiin messuposteri ja raportti.



luke.fi

Luonnonvarakeskus  
Latokartanonkaari 9  
00790 Helsinki  
puh. 029 532 6000