

**RUOKATUOTANNON SIVUVIRTOJEN VALORISAATIO JA SEN
PROSESSEISSA TARVITTAVA OSAAMINEN**



Hortonomi YAMK opinnäytetyö

Biotalous ratkaisut

kevät 2023

Maarit Voimanen

Biotalous ratkaisut

Tiivistelmä

Tekijä Maarit Voimanen

Vuosi 2023

Työn nimi Ruokatuotannon sivuvirtojen valorisaatio ja sen prosesseissa tarvittava osaaminen

Ohjaajat Tuija Pirttijärvi ja Maritta Kymäläinen

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin ruokatuotannon sivuvirtoja, niiden hyödyntämisessä tarvittavaa osaamista ja sitä, minkälaisella oppimateriaalilla sivuvirtojen hyödyntämisen mahdollisuuksia voitaisiin opettaa. Työn tilaajana toimi Hämeen ammattikorkeakoulun HAMK Bio -tutkimusyksikkö ja työtä tehtiin Erasmus+ yhteistyöhankeeseen ”By-products for development”. Työ tehtiin toiminnallisena opinnäytetyönä, tarkoituksena tuottaa oppimateriaalia avoimeen verkkokurssiin.

Opinnäytetyössä tutkittiin miksi kaikkia ruokatuotannon sivuvirtoja kannattaisi hyödyntää. Ruokatuotannon eri tuotantoalojen sivuvirtoja listattiin, tutkittiin niiden muodostumiseen ja määrään vaikuttavia seikkoja, ja sivuvirtojen valorisaatioon käytettäviä menetelmiä. Tällaisia menetelmiä ovat esimerkiksi bioprosessit, termiset konversiomenetelmät ja aineensiirrolliset erotusmenetelmät. Oppimisen prosesseja ja siihen vaikuttavia asioita käytiin läpi pääpiirteittäin, tukemaan oppimateriaalin laatimisessa huomioitavia perusasioita. Tavoitteena oli saada oppimateriaalista kiinnostava, motivoiva ja tiedonhalua herättävä.

Laadittavasta oppimateriaalista koottiin opiskelijoille esitettäväksi tiivistetty versio ja se käytiin läpi kahden ryhmän kanssa, päiväopiskelijoiden kanssa lähiopetuksessa ja monimuoto-opiskelijoiden kanssa etätunnilla. Näistä pilottitunneista koottiin yhteenveto ja opiskelijapalaute, jotka antoivat suuntaa, millaisena oppimateriaali koettiin. Hankkeen puitteissa linjattiin myös yhteistyökumppaneiden kanssa lopullisen oppimateriaalin rakenne, siihen liitettävien tehtävien muoto, ja lisämateriaaliin liittyvät vaatimukset.

Laadittu oppimateriaali koettiin hyödylliseksi ja mielenkiintoiseksi, vaikka vain osa materiaalista oli käytössä ja asiat käsiteltiin, erityisesti monimuoto-opiskelijoiden kanssa, melko nopealla tahdilla. Oppimateriaali herätti kiinnostusta ruokatuotannon valorisaatioon syvemmin pureutuvaa, rakentumassa olevaa, hankkeen lopullista oppimateriaalia ajatellen.

Avainsanat Ruokatuotanto, sivuvirta, valorisaatio, oppimateriaali, MOOC.

Sivut 64 sivua ja liitteitä 23 sivua

Bioeconomy solutions

Abstract

Author Maarit Voimanen

Year 2023

Subject Valorization of side streams in food production and knowledge needed in the processes.

Supervisors Tuija Pirttijärvi and Maritta Kymäläinen

In this thesis the research focus was on the side streams of food production, the knowledge needed to utilise them, and what kind of learning material would increase this knowledge. The work was done by the HAMK Bio research unit of Häme University of Applied Sciences and for the Erasmus+ cooperation project "By-products for development". This was a functional thesis, and the main purpose was to produce learning material for the European course of the project.

The thesis explained why all side streams of food production should be utilized. The side streams of the different food production sectors were listed. The factors affecting their generation and quantity were considered and the basic things about valorizing techniques were studied. These techniques are for example bioprocesses, thermal conversion processes and mass transfer separation methods. The main guidelines and processes of learning and the factors affecting it were outlined to support the development of learning material. The goal was to make the learning material interesting, motivating and stimulating the desire for knowledge.

A partial version of the learning material to be prepared was put together to be presented to the students and it was reviewed in two groups, with day students in face-to-face teaching and with multimodal students in distance learning. A summary and feedback from the students were compiled from these pilot lessons, which gave direction for experiencing the learning material. Within the framework of the project, the structure of the final learning material, the format of the related tasks and the requirements related to the additional material were also agreed with the partners.

The prepared learning material was perceived as useful and interesting, even though only part of the material was used, and things were handled, especially with multimodal students, at a rather fast pace. The study material aroused interest in the valorization of food production, considering the final study material of the project, which is under construction.

Keywords Food production, side stream, valorization, learning material, MOOC.

Pages 64 pages and appendices 23 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Opinnäytetyön tavoite, tutkimuskysymykset ja oppimateriaalin laatiminen	3
2.1	Tutkimuskysymykset.....	4
2.2	Kehittämistehtävä.....	4
2.3	Hankkeessa kehitettävä oppimateriaali.....	4
2.3.1	Kurssin suorittamiseen arvioitu aika	5
2.3.2	Oppimistavoitteet	6
3	Tutkimuksen viitekehys / teoriatausta.....	11
3.1	Luonnon ja ympäristön resurssit	11
3.2	Arviot ruokajätteen määrästä.....	12
3.3	Ruokatuotannon kriisi.....	15
3.4	Elintarviketeollisuuden ja lähiruokatuotannon haasteet.....	16
4	Sivuvirta	17
5	Maatalous- ja puutarhatuotanto	18
5.1	Tuotantoeläimet	18
5.1.1	Lanta ja virtsa	18
5.1.2	Jätevesi, hukkalämpö ja jäterehu.....	20
5.2	Viljelyn ja puutarhatuotannon sivuvirrat.....	21
5.2.1	Puutarhatuotanto	22
5.2.2	Puutarhatuotannon sivuvirtoja avomaa- ja kasvihuonetuotannossa	22
5.2.3	Yhteenveto.....	23
6	Elintarviketuotanto	23
6.1	Elintarviketuotannon sivuvirtoja	24
6.1.1	Teurastamot ja lihatuotteet.....	25
6.1.2	Maidon jalostus.....	26
6.1.3	Viljan jalostus ja leipomot	27
6.1.4	Valmisruokatuotanto	27
6.1.5	Juomatuotanto, panimot ja alkoholijuomatuotanto	28
6.1.6	Ruokaöljyjen ja levitteiden valmistus.....	28
7	Hyödyntämis- ja käsittelymenetelmiä.....	28

7.1	Mekaaniset menetelmät.....	29
7.2	Bioprosessit	30
7.2.1	Bioetanolin valmistus.....	32
7.2.2	Mädätys ja biokaasun tuotanto	33
7.2.3	Kompostointi.....	35
7.2.4	Mikrolevien kasvatus	36
7.2.5	Sienten kasvatus	38
7.2.6	Hyönteistuotanto.....	40
7.3	Lämpökäsittelyt ja termokemialliset konversiomenetelmät	41
7.3.1	Kuivaaminen	41
7.3.2	Biomassan kaasutus, torrefiointi, pyrolyysi ja polttaminen.....	42
7.4	Aineensiirrolliset erotusmenetelmät.....	44
7.4.1	Uuttaminen.....	44
7.4.2	Tislaus	45
7.5	Biodieselin valmistus	46
7.5.1	Ensimmäisen sukupolven biodieselin valmistus	46
7.5.2	Toisen sukupolven biodieselin valmistus	47
7.5.3	Uusiutuvan dieselin valmistus.....	47
8	Biomassoista saatavia biokomponentteja	48
9	Haasteita sivuvirtojen hyödyntämisessä.....	50
10	Oppimisen prosessista	51
10.1	Haasteita opiskelussa	52
10.2	Opiskelumotivaation nostaminen.....	52
10.3	Oppimateriaalin osuus motivaatiossa	53
10.4	Vuorovaikutus ja verkko-opiskelu.....	55
10.5	Palautteen antaminen opiskelijalle	56
11	Oppimateriaalin suunnittelu ja toteutus.....	57
11.1	Materiaalin välipilotointi	57
11.2	Välipilotoinnin tuloksia päiväopiskelijoilta	58
11.3	Välipilotoinnin tuloksia monimuoto-opiskelijoilta.....	60
12	Johtopäätökset ja pohdintaa.....	63
	Lähteet	66

Liitteet

- Liite 1 Pilottituntien esitysmateriaali
- Liite 2 Päiväopiskelijoiden monivalintatesti- ja palautelomake
- Liite 3 Monimuoto-opiskelijoiden sähköisen monivalintatestin sisältö
- Liite 4 Kuvagallerian kuvia

1 Johdanto

Euroopan Unionilla (EU) on tavoitteena hiilineutraalius vuoteen 2050 mennessä Euroopan vihreän kehityksen ohjelmassa. Tähän tavoitteeseen on kirjattuna ruokatuotannon turvallisuuden varmistaminen, huomioiden ilmastonmuutos ja biodiversiteetin väheneminen, ilmasto- ja ympäristöjalanjäljen pienentäminen EU:n ruokatuotannossa, sekä kilpailukykyisen ja kestäväen ruokatuotannon laajentaminen maailmanlaajuisesti. (European Commission, n.d.)

Viime vuosien radikaalisti muuttuneet tilanteet niin Euroopan, kuin koko maailman laajuisesti, ovat nostaneet lähiruoan merkitystä. Maa- ja metsätalousministeriön laatimassa lähiruokaohjelmassa annetaan visio: ”Kuluttajalähtöisesti ja kestävästi tuotettua lähiruokaa arvostetaan ja käytetään koko ruokajärjestelmässä ja se vahvistaa työllisyyttä, sekä kehittää paikallistaloutta ja ruokakulttuuria” (Maa- ja metsätalousministeriö, 2021, s.8). Jotta lähellä tuotettavaa ruokaa olisi jatkossakin, on niin alkutuotannon, kuin jalostuksenkin saatava panokselleen mahdollisimman hyvä tuotto. Kaikessa tuotannossa syntyvistä sivuvirroista olisi saatava mahdollisimman suuri lisäarvo, joka hyödyttäisi koko prosessia alkutuottajasta jalostajiin, vähentäen ja jopa poistaen kokonaan biomassat, joita ei käytetä hyödyksi.

Tämä opinnäytetyö nivoutuu olennaisesti kestäväen kehityksen teemaan. Sivuvirtojen käytön lisääminen ja tehostaminen liittyy taloudellisesti kannattavan ja ekologisesti kestäväen ruokatuotannon haasteisiin vastaamiseen, turvallisen, ravitsevan ja monipuolisen lähiruoan tuottamiseen, ympäristö-, ilmasto ja energia- ja materiaaliresurssien tarkempaan ja kestävämpään käyttöön.

Opinnäytetyön tavoitteena oli lisätä lähiruokatuotannon ja siihen käytettävän panoksen arvostusta, sekä lisätä tietoa, jonka pohjalta sitä voidaan kehittää edelleen merkittävänä tuotantoalana. Tällä hetkellä elämme kriisien keskellä: maatalouskriisi, ympäristökriisi, ilmastokriisi, turvallisuuskriisi, ruokakriisi, energiakriisi, sekä muut kriisit värittävät uutisia ja rajua maailman murrosvaihetta. Hyvällä suunnittelulla, tietoa lisäämällä, asennemuutoksella, sekä kehittämällä ruokatuotantoa joka portaalla, voidaan näiden kriisien

vaikutuksia mahdollisesti lieventää ja varmistaa ruokatuotannon jatkuminen yhteiskunnan yhtenä eteenpäin vievänä osana.

Valorisaatiolla voidaan lisätä tiedon, projektin, pääoman, tai materiaalin arvoa ja vaikuttavuutta. Tutkimusten kautta tiedon lisääminen ja sen käyttäminen voi saada aikaan suotuisia tuloksia niin luonnon hyvinvointiin, yhteiskunnan toimivuuteen, talouden menestymiseen, parempaan päätöksentekoon kuin yksilöidenkin vastuullisempaan toimintaan. Kaikki nämä seikat nostavat yleistä hyvinvointia. (Mustajoki, 2017, s.9) Ruokatuotannossa sivuvirtojen valorisaatio, eli arvoistaminen, tai arvon nostaminen, esimerkiksi erottelemalla biomassasta arvojakeet mahdollisimman tarkkaan ennen kierrätyksen tai kompostoinnin prosesseja, lisää koko tuotannon ja myös sivuvirtojen kokonaisarvoa ja vaikuttavuutta.

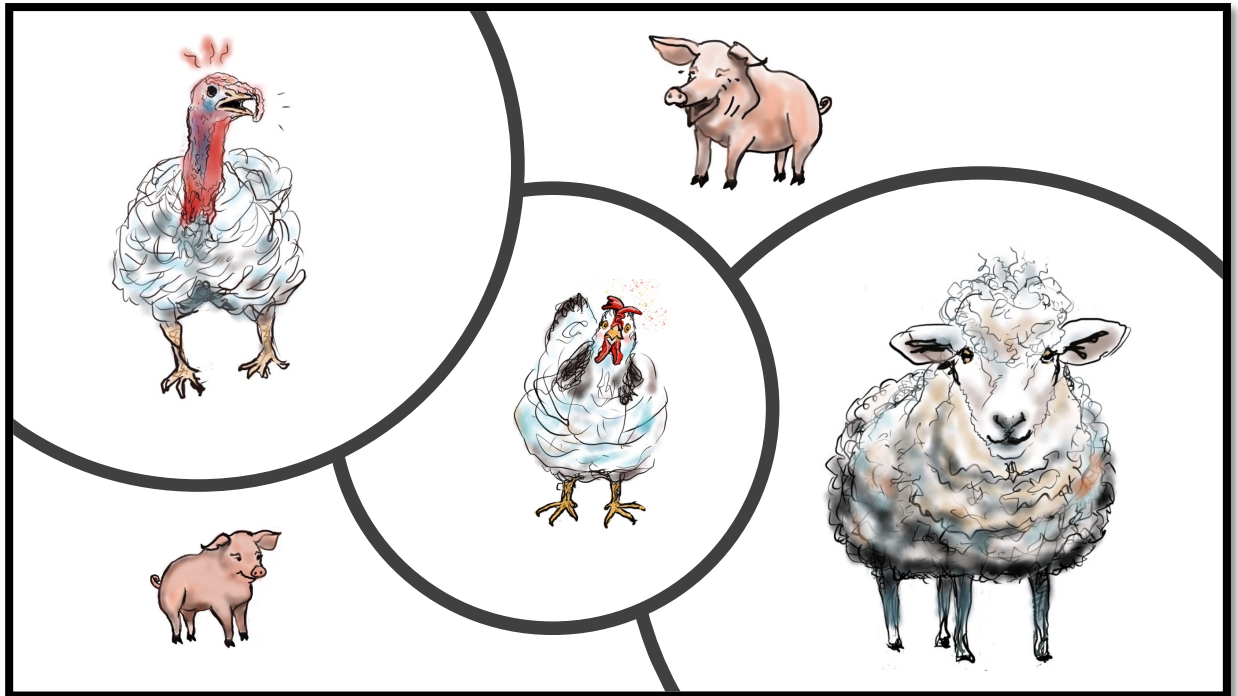
Ihmisen aivokapasiteetti mahdollistaa uusien asioiden oppimisen koko elämän ajan. Uusien tietojen ja taitojen opettelu on aivoille hyväksi, sillä ne antavat virikettä, joka estää kognitiivisten taitojen rapistumista, mainitsee aivotutkija Minna Huotilainen. (Kähkönen, 2022). Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli koota riittävän kattavat tiedot ruokatuotannon sivuvirtojen valorisaatiosta oppimateriaalin laatimiseksi sitä koskevaa kurssia varten. Oppimateriaalin tulee ottaa huomioon opiskelijoiden, tai muiden kurssia suorittavien erilaiset lähtötiedot ja -tasot, haastaa ajattelemaan sopivilla tehtävillä ja mikä tärkeintä, antaa motivaatiosysäyksen tärkeän aiheen edistämiseksi käytännön tasolla.

Työn tilaajana oli Hämeen ammattikorkeakoulun HAMK Bio -tutkimusyksikkö, joka vastasi sivuvirtojen valorisaatiota käsittelevän kurssin toteutuksesta pilotoiden sen keväällä 2023. Työ oli osana eurooppalaista Erasmus+ yhteistyöhanketta: By-products for Development (<http://byp4dev.eu>). HAMK Bio:ssa on tutkittu sivuvirtojen käyttöä jo melko laajasti ja tutkimustietoa niistä löytyy runsaasti myös muissa tutkimuksissa.

Opinnäytetyössä koottiin taustatietoa ruokatuotannon sivuvirroista maatalous-, puutarha ja elintarviketuotannossa. Niiden valorisaatiossa käytetyistä menetelmistä ja tekniikoista kerrottiin pääpiirteittäin. Oppimisen liittyvien seikkojen tutkiminen antoi viitteitä oppimateriaalin laatimiseen, jota tehtiin opinnäytetyöraportin ohella. Pohjatietojen lisäksi

laadittiin kuvitusta elävöittämään ja havainnollistamaan opiskeltavia asioita. Oppimateriaalin aineiston esitysdioja, kuvagallerian kuvitusta (Kuva 1 ja Liite 4)) ja taulukoita käytettiin jossakin määrin opinnäytetyöraportissa.

Kuva 1. Esimerkkejä oppimateriaalin kuvagallerian kuvista (Voimanen, 2023).



2 Opinnäytetyön tavoite, tutkimuskysymykset ja oppimateriaalin laatiminen

Opinnäytetyöraportissa koottiin tausta-aineistoa oppimateriaalin laatimisen tueksi. Tavoitteena oli saada aikaan kurssimateriaali, joka antaisi opiskelijalle, tai muille kurssia suorittaville valmiudet havaita eri tuotannoissa syntyviä sivuvirtoja, perustietoja niiden valorisaatiossa käytettäville tekniikoille ja ymmärrystä tekniikoiden vaatimille perusasioille niin käytettävän biomassan, energian, ekologian, kuin taloudenkin kannalta. Suurempana tavoitteena olisi saada vaikutettua kurssia suorittavien ajatteluun niin, että ymmärrettäisiin ruokatuotannon tärkeys, niin kehittämisen, talouden, kuin myös huoltovarmuuden kannalta.

2.1 Tutkimuskysymykset

Opinnäytetyön tutkimuskysymyksiä oli kolme:

- 1) Mitä sivuvirtoja maatalous-, puutarha- ja elintarviketuotannossa pääosin syntyy?
- 2) Millä valorisaatio-, eli arvoistamistekniikoilla sivuvirtoja voidaan käsitellä?
- 3) Millaisella oppimateriaalilla tavoitetaan, motivoidaan ja kannustetaan erilaisia toimijoita ja oppijoita, niin että ruokatuotannon sivutuotteet hyödynnettäisiin entistä paremmin?

Kaikkien kysymysten tausta-aineistoksi vaadittiin kattava tutkimus olemassa olevasta tiedosta. Kaiken tiedon käsittelyssä oli olennaista miettiä miten sen voisi hyödyntää oppimateriaalissa ja mitä seikkoja tulisi ottaa huomioon tietojen havainnollistamisessa.

2.2 Kehittämistehtävä

Opinnäytetyössä kehittämistehtävänä oli oppimateriaalin laatiminen, jonka avulla ruokatuotannon sivuvirtojen valorisaatiota koskevaa tietotaitoa voitaisiin edistää. Oppimateriaalia voidaan tarvittaessa päivittää ja muokata lopulliseen muotoonsa kurssipalautteiden mukaisesti. Laadittavasta oppimateriaalista koostettiin esipilotointia varten lyhyt esitysmateriaali, jossa käsiteltiin elintarviketuotannon sivuvirtoja, niiden käsittelyihin soveltuvia menetelmiä ja lyhyesti niistä saatavia biokomponentteja ja niiden käyttökohteita. Lisäksi oppimateriaalia koottiin laajempaan kokonaisuuteen Erasmus+ yhteistyöhankkeeseen. Esipilotoinnissa testattu oppimateriaali laadittiin suomenkielisenä ja hankkeen materiaali englannin kielellä.

2.3 Hankkeessa kehitettävä oppimateriaali

Erasmus+ yhteistyöhankkeessa, By-products for Development, laaditaan oppimateriaalia kaikille avoimeen verkkokurssiin. Kurssia suorittavat ryhmät voivat olla hyvin erilaisia, eikä ennako-, tai pohjatietoa suorittamiselle vaadita. Todennäköisimmät kohderyhmät tulevat olemaan ammatillisen koulutuksen opiskelijat, mutta myös ammattikorkeakoulutasolla

kurssi voi toimia erinomaisena osana eri alojen opiskelijoiden opintoja, tai kursseja. Kurssin vapaa käyttö tukee jatkuvan oppimisen tavoitteita ja voi auttaa eri alojen ammattiryhmiä havaitsemaan ja kehittämään sivuvirtojen hyödyntämisen mahdollisuuksia omassa työympäristössään.

Oppimateriaali jakaantuu kuuteen moduuliin, eli opintokokonaisuuteen.

Johdantomoduulissa käsitellään biotaloutta, kiertotaloutta, sivuvirtojen hyödyntämisen ympäristövaikutuksia ja kannustetaan opiskelijoita opiskelemaan aineistoa avoimin mielin. Toisessa moduulissa kartoitetaan nykytilannetta, sekä markkinoiden ja trendien, että lakien ja poliittisten seikkojen tasolla. Uusimpia tutkimus- ja kehityspuolen saavutuksia sivuvirtojen hyödyntämisessä nostetaan esille. Kolmannessa moduulissa listataan erilaisia ruokatuotannon sivuvirtoja ja niiden muodostumiseen liittyviä seikkoja. Neljäs moduuli käsittelee sivuvirtojen hyödyntämisessä käytettäviä erilaisia valorisaatiomenetelmiä ja tekniikoita. Viidennessä moduulissa nostetaan esille sivuvirroista saatavia biokomponentteja ja niiden hyödyntämistä eri teollisuuden aloilla. Esimerkit, joissa tuotannon sivuvirtoja on voitu käsitellä arvoa nostavalla tavalla, hyödyntäen ne kokonaisuudessaan, auttavat ymmärtämään kokonaisratkaisujen tärkeyttä. Viimeisessä, kuudennessa moduulissa, keskitytään siihen, miten sivuvirtojen hyödyntäminen voi tarjota erilaisia uusia liiketoiminnan malleja. Niihin liittyvät käytännön ohjeet ja tiedot voivat auttaa kiertotaloutta tukevan yritystoiminnan suunnittelussa.

2.3.1 Kurssin suorittamiseen arvioitu aika

Kurssin opiskeluun arvioitu suoritus aika on yhteensä 55 tuntia. Kussakin moduulissa käsiteltävän aineiston laajuus ja haastavuus on otettu huomioon opiskeluajan jakamisessa (Taulukko 1). Opiskeluaikaan sisältyy koko materiaalin, myös lisäaineistojen, läpi käyminen.

Taulukko 1 Kurssin suoritus aika ja osuus jaettuna eri moduuleihin.

	OPIKELUAIKA (TUNTEINA)	OSUUS KURSSISTA
Moduuli 1	5,5	10 %
Moduuli 2	8,5	15 %
Moduuli 3	10	18 %
Moduuli 4	17	31 %
Moduuli 5	6	11 %
Moduuli 6	8	15 %
YHTEENSÄ	55	100 %

2.3.2 Oppimistavoitteet

Hankkeessa kehitettävän kurssikokonaisuuden tavoitteena on lisätä osaamista, jonka avulla ruokatuotannon sivuvirtojen hyödyntämistä voidaan lisätä. Kurssin sisältö on laaja ja tulee käsittelemään kattavasti sivuvirtojen hyödyntämiseen liittyviä seikkoja kiertotalouden kokonaisvaltaisesta ymmärtämisestä aina käytännön toimiin asti. Kussakin moduulissa ja sen osioissa on omat yksilöidyt oppimistavoitteensa:

1) Johdanto

Osio 1.1 Perusjohdanto: Opiskelija osaa tunnistaa, kuvata ja määritellä biotaloutteen, kiertotaloutteen, biomassoihin, sivuvirtoihin ja jätteisiin liittyviä käsitteitä. Opiskelija pystyy tunnistamaan sivuvirtojen valorisointimahdollisuuksia yleisellä tasolla.

Osio 1.2 Ympäristövaikutus: Opiskelija tietää pääkohtia tärkeimmistä ympäristösopimuksista ja ymmärtää toimintojen vaikutuksen ympäristöön laskennallisella ympäristö-, hiili-, ja vesijalanjälkitasolla.

Osio 1.3 Kiertotalous: Opiskelijalla on perustiedot ruokatuotannon kiertotalousprosesseista ja niihin liittyvistä käsitteistä ja kuvaajista, esimerkiksi jätehierarkiasta, biomassojen arvopyramidista ja biojalostamokonseptista.

Osio 1.4 Kiertotalousmalli: Opiskelija osaa tunnistaa, kuvata, määritellä ja valita erilaisia kiertotalouden suunnittelun konsepteja ja systeemiä malleja.

2) Trendit ja markkinat

Osio 2.1 Globaalit faktat, markkinat ja trendit sivuvirroissa: Opiskelija pystyy havaitsemaan ja tunnistamaan keskeisiä trendejä ja ennusteita sivuvirtojen hyödyntämisestä maailmalajuisesti. Opiskelija ymmärtää sivuvirtojen valorisointiprosessien yhteyden Yhdistyneiden Kansakuntien Kestävän kehityksen - ohjelmaan.

Osio 2.2 Eurooppalaiset, kansalliset ja alueelliset lainsäädännön ja päätöksenteon rakenteet: Opiskelija tunnistaa tärkeimpiä eurooppalaisia, kansallisia ja alueellisia biotalouteen liittyviä asetuksia ja käytänteitä. Opiskelija ymmärtää biotalouteen liittyviä kehittämismahdollisuuksia.

Osio 2.3 Biomassojen ja sivuvirtojen lisäarvo toimitusketjuissa: Opiskelija pystyy määrittämään ja kuvaamaan biomassojen toimitus- ja arvoketjuja. Opiskelija tunnistaa uusia innovatiivisia biopohjaisia arvoketjuja ja tuotteita, mikä mahdollistaa niiden kartoituksen ja arvioinnin kokonaisvaltaisesti.

Osio 2.4 Tutkimus ja tuotekehitys biotaloudessa ja sivuvirtojen valorisaatiossa: Opiskelija ymmärtää tieteen ja innovaatioiden tärkeyden ruokatuotannon sivuvuotteiden valorisoinnissa kestävän kehityksen mukaan. Opiskelija näkee eri tieteen ja innovoinnin sidosryhmien roolin prosesseissa. Opiskelija tunnistaa taloudellisia mahdollisuuksia sivuvirtojen valorisoinnin innovaatioiden ja kehittämisen projekteissa.

3) Kasvi- ja eläintuotannon, sekä elintarviketeollisuuden sivuvirrat

Osio 3.1 Johdanto: Opiskelija ymmärtää sivuvirtojen prosessointiin liittyvien tietojen tärkeyden globaalilla, paikallisella ja henkilökohtaisella tasolla. Opiskelija pystyy kuvaamaan kestävän tuotannon konsepteja ja taloudellisesti ja ekologisesti järkevää resurssien käyttöä.

Osio 3.2 Avomaan- ja kasvihuonetuotanto, sekä tuotantoeläimet: Opiskelija pystyy tunnistamaan ja kuvaamaan erilaisia viljelyssä, kasvituotannossa ja tuotantoeläintiloilla syntyviä sivuvirtoja ja ymmärtää niiden määrään ja muodostumiseen vaikuttavia olosuhteita. Opiskelija pystyy tunnistamaan erilaisia haasteita sivuvirtojen hyödyntämisessä ja etsimään ratkaisuja niihin. Opiskelija ymmärtää mitkä seikat voivat aiheuttaa tuotteiden päätyminen jätteeksi ja mitkä asiat voivat aiheuttaa sivuvirtojen muodostumista eri tuotantoaloilla. Opiskelija ymmärtää miten biomassojen määrä, tai koostumus voi vaikuttaa niiden käsittelyssä tarvittaviin prosesseihin.

Osio 3.3 Elintarviketeollisuuden eläin- ja kasviperäiset sivuvirrat: Opiskelija osaa tunnistaa ja määrittellä ruokatuotannon sivuvirtoja, niiden määriä ja muodostumiseen vaikuttavia seikkoja eri tuotantoaloilta. Opiskelija ymmärtää lakien ja säädösten vaikutuksen ruokaperäisten jätteiden ja sivuvirtojen käsittelyyn.

4) Tärkeimmät valorisointimenetelmät ja -tekniikat

Osio 4.1 Johdanto: Opiskelija pystyy määrittelemään ja luokittelemaan käsitteitä, jotka koskevat biojalostamatoiminnan kokonaisvaltaisia prosesseja ja niiden eri yksiköiden toimintaa.

Osio 4.2. Bioprosessit: Opiskelija pystyy kuvaamaan tärkeimpien bioprosessien toimintaperiaatteita ja vaatimuksia. Opiskelija ymmärtää eri bioprosessien mahdollisuudet erilaisten sivuvirtojen käsittelyratkaisuin. Opiskelija tunnistaa erilaisten bioprosessien kautta saatuja tuotteita ja käyttömahdollisuuksia.

Osio 4.3 Lämpökäsittelyt: Opiskelija ymmärtää kuivausmenetelmän vaikutuksen biopohjaisten sivuvirtojen säilyvyyteen ja pystyy kuvaamaan erilaisia

kuivausmenetelmiä. Opiskelija ymmärtää miksi biomassojen polttaminen energiakäyttöön tulisi olla biomateriaalin viimeisimpiä hyödyntämistapoja muiden menetelmien jälkeen. Opiskelija pystyy määrittelemään torrefioinnin, pyrolyysin ja kaasutuksen menetelmiä ja tunnistaa niiden avulla saatavia tuotteita, joita ovat esimerkiksi biohiili, bioöljy ja synteetikaasu.

Osio 4.4 Uutto ja tislusmenetelmät: Opiskelija ymmärtää erilaisten uutto- ja tislusmenetelmien toimintaperiaatteet ja vaatimukset. Opiskelija tietää näiden menetelmien mahdollisuudet aineiden erotus- ja jalostamismenetelminä.

Osio 4.5 Mekaaniset erotusmenetelmät: Opiskelija pystyy kuvaamaan mekaanisten erotusmenetelmien toimintaperiaatteita ja niiden käyttömahdollisuuksia erilaisissa aineenerotusprosesseissa.

5) Tärkeimmät biokomponentit ja holistiset (kokonaisvaltaiset) ratkaisut hyödyntämisessä

Osio 5.1 Johdanto: Opiskelija pystyy tunnistamaan ja kuvailemaan laajasti joitakin tärkeimmistä ja arvokkaimmista biokomponenteista ja niiden käyttömahdollisuuksista. Opiskelija pystyy kuvaamaan biokiertoalouden vaatimusten mukaista sivuvirtojen kokonaisvaltaisen hyödyntämisen tärkeyttä.

Osio 5.2 Case-esimerkit: Opiskelija pystyy havaitsemaan hyviä esimerkkejä biojalostamatoiminnasta ja siirtämään opittuja asioita uusiin tilanteisiin uusin ideoin.

6) Yritysstrategiat

Osio 6.1 Liiketoimintamalleista kiertotalouden liiketoimintamalleihin: Opiskelija pystyy tunnistamaan, kuvaamaan ja määrittelemään liiketoimintamallien suunnittelun käsitteitä. Opiskelija oppii käyttämään ja tulkitsemaan Circular Model Canvas- työkalua liiketoiminnan suunnittelussa ja arvioinnissa.

Osio 6.2 Kiertotalousliiketoiminnan markkinointi: Opiskelija ymmärtää pääperiaatteita biopohjaisten tuotteiden tehokkaan markkinointiviestinnän kehittämisessä, sen eri vaiheista, tavoitteista, arvioinnista ja yhteydestä toimialaan. Opiskelija tunnistaa ja osaa valita tehokkaan markkinoinnin välineitä: mainontaa, digitaalista markkinointia, tiedotus- ja suhdetoimintaa (PR-, eli public relations-toimintaa) suoramarkkinointia, myyntipromootioita, myynti- ja messutapahtumia. Opiskelija ymmärtää sosiokulttuurisen ympäristön merkityksen kansallisessa ja kansainvälisessä markkinoinnissa. Hahmottaa ala- ja korkeakulttuurin eroja ja ymmärtää niiden välistä markkinoinnin ja myynnin suhteita ja vaikutuksia päätöksentekoon. Opiskelija ymmärtää mainontaan liittyviä eettisiä kysymyksiä.

Osio 6.3 Liiketoimintasuunnitelma ja taloudellinen suunnittelu: Opiskelija pystyy kuvailemaan ja määrittelemään liiketoimintasuunnitelman käsitteitä ja rakennetta.

Osio 6.4 Lisäarvo: Opiskelija ymmärtää valorisaatioprojektin tuoman potentiaalisen lisäarvon ja sen miten oikea ajoitus, lisäarvon rakenne ja prosessit vaikuttavat siihen.

Osio 6.5 Projektiryhmä: Opiskelija ymmärtää välttämättömän osaamisen tarpeet valorisaatioprojektien ja yrityksen perustamisen ryhmissä.

Osio 6.6 Yritystoiminnan aloittaminen: Opiskelija ymmärtää aloittavan yrityksen toimintaan liittyvät edut ja riskit.

Osio 6.7 Tuotannon pääoma ja patentointiprosessi: Opiskelija käsittää henkisen, aineellisen ja kaupallisen pääoman merkityksen ja strategisen valvonnan merkityksen yrityksen kilpailuetujen saavuttamiseksi.

Osio 6.8 Kiertotalousekosysteemi: Opiskelija tunnistaa eri tekijät ja profiilit, jotka muodostavat innovaatioita ja yrittäjyyttä tukevaa kiertotalousekosysteemiä. Opiskelija pystyy määrittelemään teollisen symbioosin konseptin ja sen merkityksen sivuvirtojen valorisaatioporsesseissa.

Oppimateriaalin jokaisen moduulin lopussa on testi, jonka avulla voidaan kartoittaa oppimistavoitteiden saavuttaminen. Välitestin hyväksytysti suoritettuaan opiskelija voi jatkaa seuraavan moduulin aineistoon. Koko kurssin aineiston lopussa on laajempi testi, joka arvioidaan hyväksytyksi tai hylätyksi. Kurssiaineistoa valmistetaan tämän opinnäytetyön valmistumisen aikaan ja avoin verkkokurssi tulee saataville MOOC- verkkoympäristöön (MOOC, eli Massive Open Online Course) vuoden 2024 aikana.


3 Tutkimuksen viitekehys / teoriatausta

Sivuvirtojen muodostumista, niiden määriä, valorisaatiomenetelmiä ja hyödynnettävyyden haasteita on tutkittu paljon viime vuosina. Uusia käsittelymenetelmiä pyritään löytämään aktiivisesti. Tutkimusaineistoa opinnäytetyön teoriataustaksi oli tarjolla runsaasti.

3.1 Luonnon ja ympäristön resurssit

Yhdistyneiden kansakuntien Kestävän kehityksen - ohjelmassa (United Nations, n.d.a) on nostettu yhdeksi tavoitteeksi kestävä kulutus ja tuotanto. Tällä hetkellä niin kuluttaminen, kuin tuotanto on maailmanlaajuisesti siinä tilassa, että luonnon ja ympäristön resursseja käytetään kestäättömällä tavalla. Vuoteen 2050 mennessä maapallon arvioidaan saavuttavan 9,6 miljoonan asukkaan määrän. Vaadittaisiin yhteensä 3 maapalloa vastaavan kokoista planeettaa tuottamaan riittävästi resursseja täyttämään nykyisen kaltaiset tuotanto- ja kulutustottumukset (Kuva 2). Muutosta tarvitaan pikaisesti, jotta resursseja ei tuhlaata kriittiseen pisteeseen asti. (Unesco, 2022)

Kuva 2 .Esimerkki oppimateriaalin esitysviisistä liittyen nykyisten kulutustottumusten kestävämmyyteen (Kuvapankki Microsoft 365, Voimanen, 2023).





Imagine a vision if we carry on the same way:

Your order:
2 pc of Globes delivered before 2050


About item:
This item is in limited edition and limited supply

You could be interested also:
Reasonable consumption





2.1.1 Benefits for using by-products



3.2 Arviot ruokajätteen määristä

Maailmanlaajuisesti jopa kolmasosa tuotetusta ruoasta päättyy jätteeksi. On arvioitu, että globaalisti vuonna 2019 tuotetusta ruoasta syntyi hukkaa n. 931 miljoonaa tonnia. Näistä 61 % kotitalouksilta, 26 % ruoan tuotannosta ja 13 % jälleenmyynnistä (Kuva 3). Tutkimuksessa arvioitiin kotitalouksilta tulevan jätteen määrän olevan todellisuudessa tätä huomattavasti suurempikin. Kaikki ruoka, joka tuotetaan, kuluttaa resursseja ja siksi sen päätyminen jätteeksi on niiden resurssien tuhlaamista, olipa kyse ajasta, rahasta, tai ympäristöresursseista. Jätteeksi päätyvä ruoka aiheuttaa niin tuotettaessa, kuljetettaessa, kuin hävitettäessä suuria ympäristövaikutuksia tuomatta lainkaan hyötyä siitä, että se ravitsisi ihmisiä. (Forbes & ym. 2021, ss. 8, 92) Siksi onkin erittäin tärkeää, että kaikilla tasoilla alkutuotannosta yksittäiseen kuluttajaan asti, päätöksentekijöitä unohtamatta, pyrittäisiin edistämään kaikkia mahdollisia keinoja, joilla voidaan vähentää ruoan päätymistä jätteeksi. (EU Platform on Food Losses and Food Waste, 2019)

Kuva 3. Ruokajätteen lähteet koko maapallolta (Mukailtu EU Platform on Food Losses and Food Waste, 2019, Kuvapankki Microsoft 365, Voimanen 2023).



Euroopan laajuinen jätehuoltolaki (Direktiivi 2008/98/EY) määrittelee jätehierarkian seuraavasti:

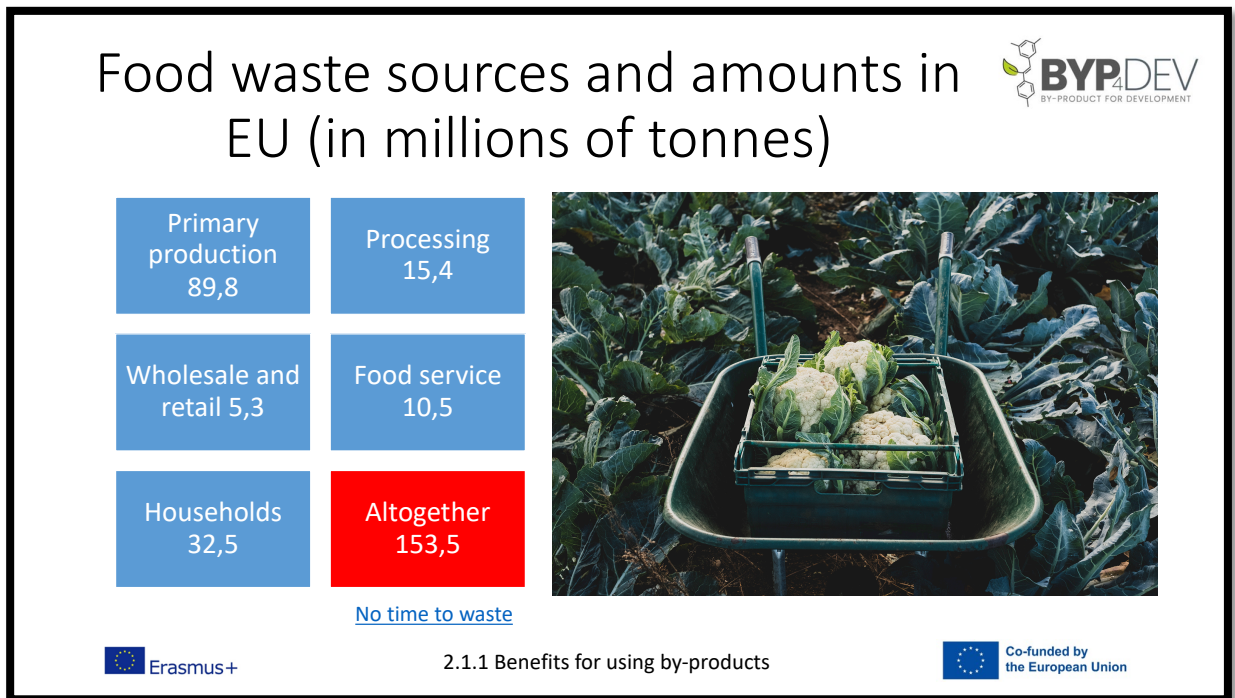
- 1) Ehkäiseminen
- 2) Uudelleenkäyttö
- 3) Kierrätys
- 4) Muu hyödyntäminen (esimerkiksi energiana)
- 5) Loppukäsittely

Tavoitteena on jätemäärien vähentäminen ja kestävien ja tuotanto- ja kulutusmallien kehittäminen. Jätehierarkian mukaisesti pääasiallisena tavoitteena olisi ruokatuotannossakin ensisijaisena tavoitteena jätteen synnyn ehkäiseminen. Silti EU:n alueella tuotetusta ruoasta arviolta jopa 20 % päättyy jätteeksi (Euroopan komissio 2020, s.12). Tällaista hukkaa syntyy niin jälleenmyynti-, kuluttaja-, kuin tuotantovaiheessakin. Muuttuvat sääolosuhteet, huonosti suunnitellut tai ajoitetut viljelytoimenpiteet, vääränlainen varastointi,

markkinahäiriöt, tai logistiikkavaikeudet voivat johtaa ruokatuotteiden pilaantumiseen ja niiden päätymiseen jätteeksi. (United Nations, n.d.a)

Verratessa koko maapallolla muodostuvan ruokajätteen lähteitä EU:n alueella muodostuvan ruokajätteen lähteisiin, voidaan huomata selkeä ero näiden kahden välillä. EU:n alueella ruokajätettä syntyy eniten alkutuotannossa. On arvioitu, että alkutuotannossa syntyvä ruokajäte on miltei kolminkertainen verrattuna kotitalouksissa syntyvään ruokajätteeseen (kuva 4). Miksi alkutuotannon synnyttämän jätemäärän arvioidaan olevan näin suuri? Luvuissa on laskettu mukaan kaikki joko tautien, tai huonojen viljelykäytänteiden vuoksi korjaamatta jäänyt pilaantunut sato. Mukaan on arvioitu myös kaikki sadonkorjuun jälkeinen jäte, jota voi syntyä esimerkiksi varastoinnissa, tiloilla tehtävissä prosessoinneissa, tai kuljetuksissa. Näihin lukuihin on arvioitu myös sairastumisen, tai vahingoittumisen vuoksi teurastettujen, ruoaksi kelpaamattomien, tuotantoeläinten määrä. Kaiken kaikkiaan jätteeksi päätyvien ruokatuotteiden määrä on huolestuttavan suuri, kun sitä verrataan esimerkiksi EU:n maataloustuotteiden tuontimäärään. Ruokajätettä syntyy arviolta kaikkiaan 153,5 miljoonaa tonnia, kun taas maataloustuotteiden tuontimäärä on noin 138 miljoonaa tonnia. (Vera & ym., 2022, s.9)

Kuva 4. Esimerkki oppimateriaalin esitysvälisestä, joka kertoo ruokajätteen lähteistä EU:n alueelta (Mukailtu Vera & ym., 2022, s. 9 kuvapankki, Voimanen, 2023).



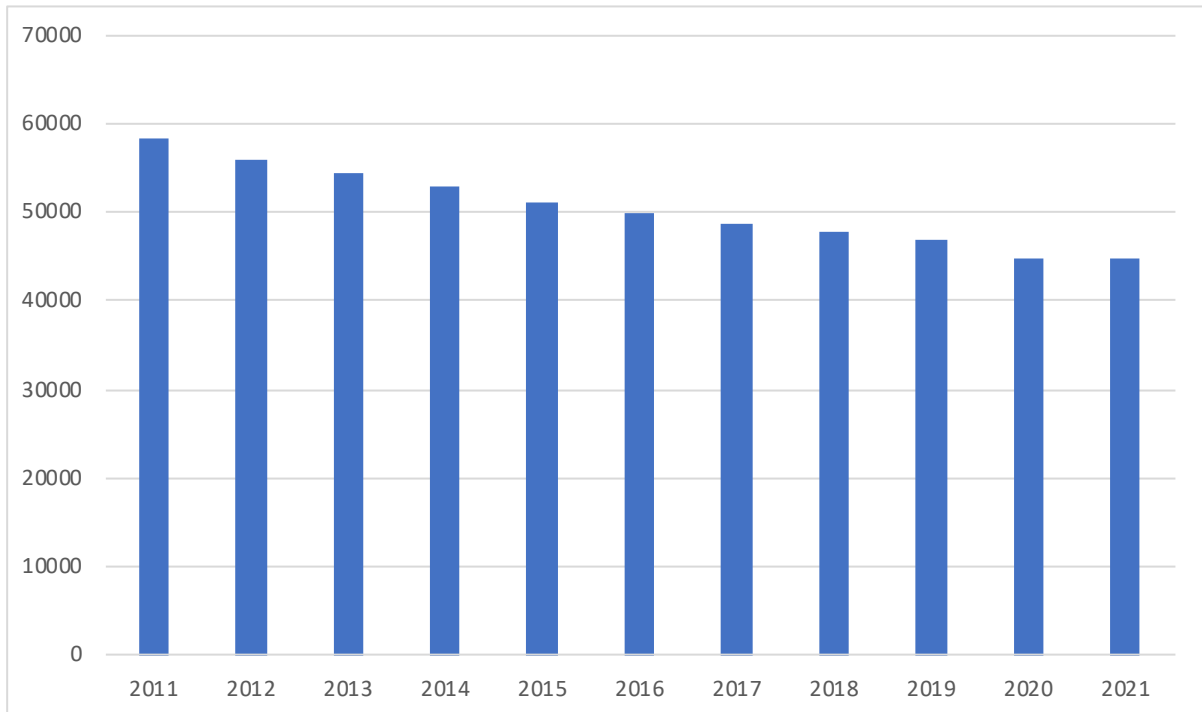
3.3 Ruokatuotannon kriisi

Ruokatuotanto on ollut jo jonkin aikaa maailmanlaajuisessa kriisissä. Ruoan hinta on ollut korkealla Covid19-pandemiasta johtuvien syiden vuoksi, ja suurille tuottajamaille vuonna 2021 kuivuuden aiheuttaman satovajauksen vuoksi. Venäjä- Ukraina sotatilanne on kärjistänyt tilannetta entisestään. Useat maat ovat asettaneet rajoituksia tuottamansa ruoan kansainväliselle kaupalle. Tämä on luonut paniikkia kansainvälisille markkinoille ja on nostanut hintoja vielä entisestään. (Glauber, ym., 2022) YK on arvioinut, että vuonna 2020 jopa yli 800 miljoonaa ihmistä kärsi nälästä. Vielä suurempi osa, arviolta kolmannes kaikista maapallon asukkaista jää vaille säännöllistä, riittävää ruokaa. Kärjistyneet tilanteet ovat johtaneet suurimpaan ruokakriisiin sitten toisen maailman sodan. (United Nations, n.d.b)

Suomessa ruokatuotannon kriisi on näkynyt selvästi. Maa- ja puutarhatilojen määrä on ollut laskussa (Kuva 5). Tilakoot ovat samalla nousseet, joka lisää yksittäisen yrittäjän riskiä ja työmäärää. Vuonna 2021 2,6 tilaa lopetti toimintansa päivää kohti. (Luke, 2022a)

Kustannusten nousu (lannoitteet, energia, rehu, tuotantovälineet) on johtanut siihen, että alkutuotannon kannattavuus on laskenut hurjaa vauhtia. (Luke, 2023)

Kuva 5. Maatalousyriyten määrä Suomessa vuosina 2011–2021 (Mukailtu Luke, 2022a).



3.4 Elintarviketeollisuuden ja lähiruokatuotannon haasteet

Elintarviketeollisuuskin on ollut haasteissa. Vuonna 2022 elintarvikejalostamoiden kustannukset ovat nousseet keskimäärin jopa 22 % Vuoteen 2021 verrattuna. Tämä on tuonut suurta haastetta, sillä kuluttajahintojen nousu ei ole ollut vastaavaa. Kuluttajahinnat ovat myös nousseet, mutta niiden nousu on ollut arviolta vain 16 %. Niillä tuottajilla, joiden kustannusnousua ei olla saatu neuvoteltua korkeammiksi hinnoiksi, voivat tappiot olla merkittäviä ja jopa yrityksen jatkon kannalta kohtalokkaita. (Elintarviketeollisuusliitto, 2022) Huoli lähiruokatuotannon jatkumisesta on puhuttanut myös päättäjiä. Hallitukselle esitettiin välikysymys suomalaisen maatalouden kriisistä ja kotimaisen ruuantuotannon turvaamisesta tulevaisuudessa. (Essayah, ym. 2022) Vastauksessaan silloinen maa- ja metsätalousministeri Antti Kurvinen korosti omavaraisuuden varautumisen merkitystä, jossa kotimainen ruoantuotanto on Suomen huoltovarmuudelle ja kokonaisturvallisuudelle äärimmäisen tärkeä. (Eduskunta, 2022) Koko ruokatuotanto työllistää Suomessa 340 tuhatta henkilöä,

joten on kysymys merkittävästä työllistäjästä ja koko kansan taloutta pyörittävästä alasta. (Ruokatieto 2022)

Edellä kirjatun huomioon ottaen on ruokatuotannon kannattavuutta, kestävyyttä, turvallisuutta ja jatkuvuutta silmällä pitäen mietittävä ja suunniteltava tarkkaan niin taloudellisten, tuotannollisten, kuin ympäristönkin resurssien mahdollisimman tarkka käyttö. Kaiken ruokatuotannossa syntyvän sivuvirran uudelleenkäyttö, kierrätys, tai muu hyödyntäminen vastaa osaltaan kiertotalouden vaatimuksiin, joista yhtenä mainittakoon tavoite kiertomateriaalien käytön kaksinkertaistamiseksi Euroopan alueella ennen vuotta 2030. (Euroopan komissio, 2020, s. 2)

4 Sivuvirta

Sivuvirta, eli sivutuote määritellään Jätelaissa 646/2011 5 a § seuraavasti:

”Aine tai esine ei ole jäte, vaan sivutuote, jos se syntyy sellaisessa tuotantoprosessissa, jonka ensisijaisena tarkoituksena ei ole tämän aineen tai esineen valmistaminen, ja:

- 1) aineen tai esineen jatkokäytöstä on varmuus;
- 2) ainetta tai esinettä voidaan käyttää suoraan sellaisenaan tai sen jälkeen, kun sitä on muunnettu enintään tavanomaisen teollisen käytännön mukaisesti;
- 3) aine tai esine syntyy tuotantoprosessin olennaisena osana; sekä
- 4) aine tai esine täyttää sen suunniteltuun käyttöön liittyvät tuotetta sekä ympäristön- ja terveydensuojelua koskevat vaatimukset eikä sen käyttö kokonaisuutena arvioiden aiheuta vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle.”

Sitran tulevaisuussanastossa määritellään sivuvirta näin: ”Pääasiallisen tuotteen valmistusprosessissa syntyy usein erilaisia sivutuotteita, kuten hukkalämpöä. Näitä sivutuotteita kutsutaan sivuvirroiksi, jotka kannattaa myös hyödyntää uudelleen.” (Sitra, n.d.)

Päivittäinen ravitsevan, turvallisen ja riittävän määrän ruokaa syöminen on yksi ihmisen perustarpeista. Ruokatuotanto on niin maailmanlaajuisesti, kuin kansallisestikin yksi merkittävimmistä talouden aloista. Näin ollen ruokatuotannossa syntyy sivuvirtaakin merkittäviä määriä, esimerkiksi hukkalämpöä ja jätevettä. Tässä opinnäytetyössä keskitytään ruokatuotannon sisällä kolmen eri tuotantoalan pääasiallisiin sivuvirtoihin: maatalous-, puutarha- ja elintarviketuotannon sivuvirtoihin.

5 Maatalous- ja puutarhatuotanto

Maataloustuotannossa Suomessa suurimpia päätuotantosuuntia ovat viljanviljely, muu kasvinviljely, lypsykarjatalous ja naudan lihan tuotanto. Sekatiloja, joilla ei ole päätuotantosuuntaa, tai se on vaihteleva, on myös melko paljon. (Luke 2022b)

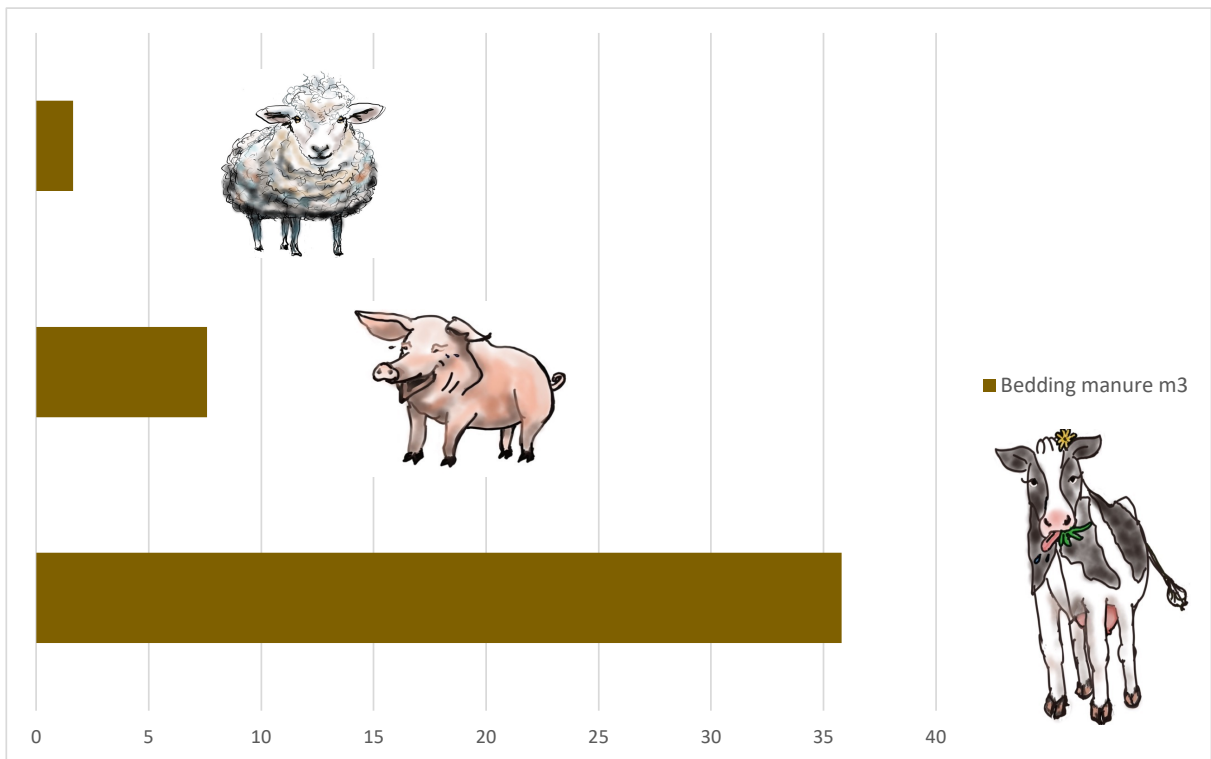
5.1 Tuotantoeläimet

Suomessa maatiloilla on keväällä 2021 ollut tuotantoeläiminä keskimäärin 844100 nautaa, 1,1 miljoonaa sikaa, siipikarjaa 13,8 miljoonaa, joista munintakanoja 3,7 miljoonaa, broilereita 8,5 miljoonaa ja kalkkunoita 287000. Lampaita vastaavana ajankohtana oli keskimäärin 131000 ja vuohia 6000. (Luke, 2022e) Kotieläintuotannon suurimpia sivuvirtoja ovat lanta ja virtsa, jätevesi, hukkalämpö ja jäterehu.

5.1.1 Lanta ja virtsa

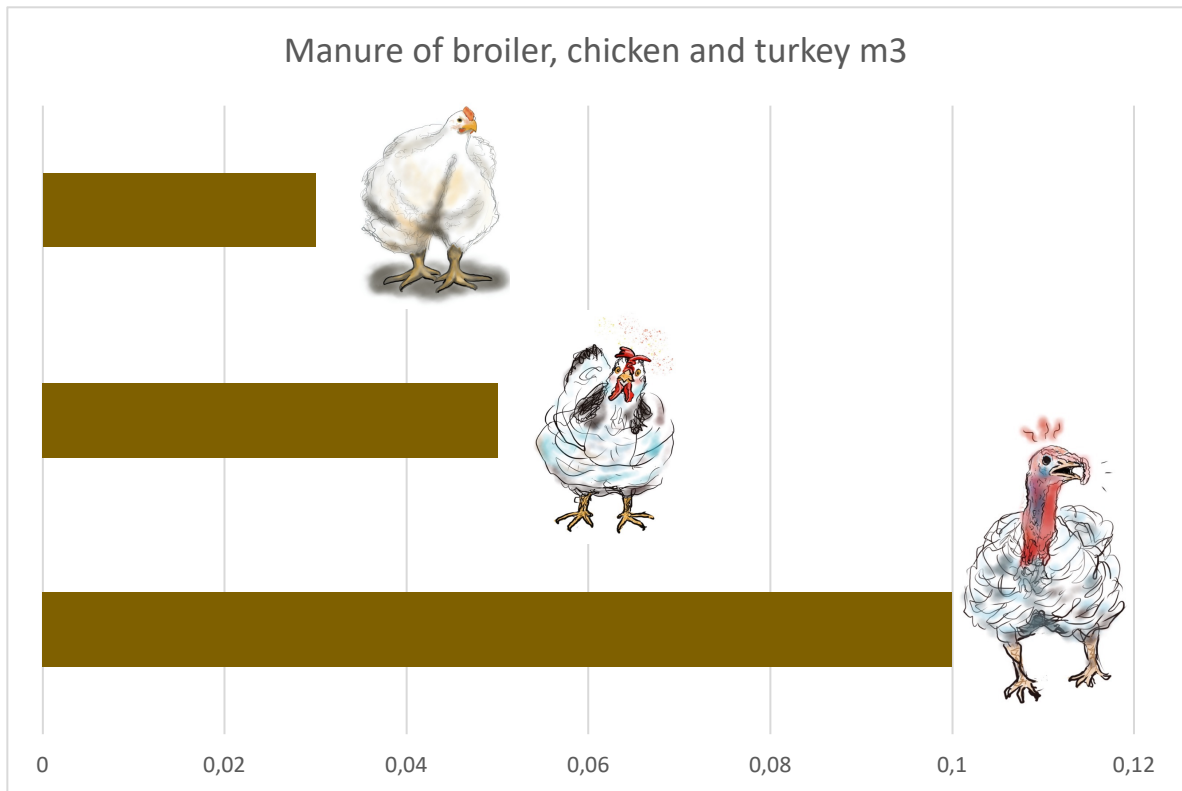
Maatalouden eläintuotannossa sivuvirtana syntyy mittavat määrät lantaa ja virtsaa. Lantavarastojen vähimmäistilavuudet, Valtioneuvoston asetuksessa eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta, antavat osviittaa lantamääristä (Kuva 6). Lypsylehmällä lietelannan varastointimäärä on vuotta kohden n. 25,5 m³ ja kuivikelanta 35,8 m³, kuivalanta 19,8 m³ ja virtsa 8,7 m³. Lihasioilla varastointiin arvioidaan vähimmillään karjuilla lietelantaa 4,9 m³, kuivikelantaa 7,6 m³, tai kuivalantaa 2,24 m³ ja virtsaa 3,45 m³. Lampailla 1,63 m³ kuivikelantaa. (Valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta 1250/2014. Liite 1)

Kuva 6. Kuivikelannan määrä vuodessa lampaalla, sialla ja naudalla (Mukailtu Valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta 1250/2014. Liite 1).



Siipikarjan tuotantoeläintä kohden laskettu arvio lannan tuotosta on kalkkunalla 0,1 m³, broilerilla 0,03 m³ ja kanalla 0,05 m³ (Kuva 7). (Valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta 1250/2014. Liite 1) Ottaen huomioon siipikarjankasvatuksessa tilakohtaiset suuremmat tuotantoerien eläinmäärät, on siipikarjan lannan määrä siihen nähden merkittävä sivuvirta.

Kuva 7. Lannan määrä broilerilla, kanalla ja kalkkunalla eläintä kohti (Mukaieltu Valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta 1250/2014. Liite 1).



Ravinnepitoisuutta tarkastellen, on siipikarjan lanta myös ravinnepitoisuudeltaan, eli väkevyydeltään selvästi vahvempaa verraten suurempien tuotantoeläinten lantaan. Tuotantoeläinten lannan koostumus vaihtelee paitsi eläinlajin, myös sen syömän ravinnon, kasvukunnan ja aineenvaihdunnan mukaan. Lannan käsittelyjärjestelmä vaikuttaa myös lopputuotoksen ominaisuuksiin. Lantabiomassaa syntyy eläimen koko elinajan ja sen määrä vaihtelee yksilöllisesti eläimen iän ja elopainon mukaan. (biomassa-atlas, n.d.c)

5.1.2 Jätevesi, hukkalämpö ja jäterehu

Kotieläintuotannossa syntyy sivuvirtana myös jätevettä ja hukkalämpöä. Jätevesiä syntyy esimerkiksi puhdistus ja huuhteluprosesseissa. Veden talteenotto ja tilakohtainen puhdistusjärjestelmä voi olla kannattava investointi suuremmilla tiloilla. Jäteveden käyttö muissa prosesseissa, esimerkiksi biokaasutuotannossa, on hyvä tapa hyödyntää jätevesiä.

Hukkalämpöä syntyy sekä jäähdytysprosesseissa, että karjasuojissa. Lämmön talteenotto ja kierrätys alentavat lämmityskustannuksia tilarakennuksissa. Energiaratkaisuja kannattaa miettiä huolella. Esimerkiksi maidon esijäähdytys viilentää maitoa niin, että jäähdytyslaitteiston energiatarve pienenee. Jäähdytyslaitteistossa syntyvää hukkalämpöä voidaan käyttää hyödyksi karjasuojan lämmittämisessä. (Ahokas, n.d.)

Rehun muuttumisessa jäterehuksi voi olla useita syitä. Rehu voi olla huonolaatuista jo korjatessa sääolosuhteiden, kasvitautien, tai muiden syiden vuoksi. Varastointiolosuhteissa voi tapahtua virheitä, rehu voi pilaantua, tai siihen voi tulla tuhoeläinten aiheuttamaa kontaminaatiota. Tuotantoeläinten ruokinnassa on käytettävä hyvälaatuista rehua eläinten terveyden varmistamiseksi. Jätterehua voidaan hyödyntää esimerkiksi biokaasun valmistuksessa.

5.2 Viljelyn ja puutarhatuotannon sivuvirrat

Viljanviljelyssä sivuvirtoja syntyy oljista ja varsibiomassasta, pilaantuneesta, tai korjaamatta jääneestä sadosta. Sivuvirtoja voi syntyä pilaantumisen vuoksi jo kasvukaudella, tai sadon käsittelyn, varastoinnin ja kuljetuksen virheissä. Pääosa sivuvirrasta syntyy kuitenkin sadon korjuuvaiheessa, tai pian sen jälkeen.

Suuntaa antavan arvion mukaan olkimassaa on miltei samassa suhteessa saatavaan siemensatoon. Vuonna 2021 viljasatoa saatiin Suomessa 2,6 miljardia kiloa, joka oli n. 25 % tavanomaista pienempi määrä. Viljojen satoarvio vuodelle 2022 on 3,6 miljardia kiloa. Sadon kylkiäisenä tulevan oljen määräkin on vuosittain mittava. (Biomassa-Atlas, n.d.a.; Luke, 2022b; Luke 2022 c)

Öllykasvien, rypsin ja rapsin satomäärä oli 2021 41 miljoonaa kiloa (2022 arvio 53 milj. kg). Perunan satomäärä 559 miljoonaa kiloa (2022 arvio 562 milj. kg) ja hernesatoa saatiin 43 miljoonaa kiloa (2022 arvio 92 milj. kg). (Luke 2022 b; Luke 2022 c) Näiden sadosta sivuvirtana tulee pääosin varsibiomassaa.

Peltojen viherkesannoilta, luonnonhoitonurmilta ja suojavyöhykenurmilta voidaan korjata nurmibiomassaa käytettäväksi. Tällöin se voidaan laskea ikään kuin varsinaisen viljelyn ohessa ekosysteemejä ylläpitävän toiminnan takia saatavaksi sivutuotteeksi. (Biomassa-Atlas, n.d.a)

5.2.1 Puutarhatuotanto

Puutarhatuotannon yritysmäärä on ollut laskusuunnassa, mutta viljelyyn käytetty pinta-ala on pysynyt miltei samana viimeisen viiden vuoden ajan. Yksittäisen maatalousyrittäjän viljelemä maapinta-ala on kasvanut. Pinta-alaltaan viljeltiin avomaalla vuonna 2021 eniten vihanneksista porkkanaa, ruokasipulia, kaalikasveja, lanttua ja tarhahernettä. Kaiken kaikkiaan avomaavihanneksia tuotettiin vuonna 2021 yhteensä 174 miljoonaa kiloa. Marjatuotannon sato oli vuonna 2021 yhteensä 20 miljoonaa kiloa. Marjatuotannon suurin sato saadaan mansikasta, vuonna 2021 mansikkasatoa tuli 16 miljoonaa kiloa. Vadelman ja mustaherukan satomäärät olivat molemmat yli miljoona kiloa vuonna 2021. Kasvihuonetuotannossa kurkun ja tomaatin sadot ovat merkittävimmät. (Luke 2022d)

5.2.2 Puutarhatuotannon sivuvirtoja avomaa- ja kasvihuonetuotannossa

Puutarhatuotannossa pääasiallisena sivuvirtana ovat naatit, varret, lehdet, juuret, versot, rönnyt, multa ja multaliete, sekä kasvihuoneviljelyssä näiden lisäksi käytetty kasvualusta. Puutarhatuotannon varsinaisen myyntiin tuotettavan sadon lisäksi jää sivuvirraksi toisinaan satoa, jota ei korjata, tai se jää tuottajan varastoon myymättä. Tähän voi johtaa sadon pilaantuminen kasvuvaiheessa olosuhteiden, kasvutautien, tai väärin viljelytoimenpiteiden vuoksi, tai varastointivaiheessa tautien ja väärin varastointiolosuhteiden vuoksi. Sato voi jäädä myymättä myös laatupoikkeamien tai markkinahäiriöiden takia. (biomassa-atlas, n.d.b)

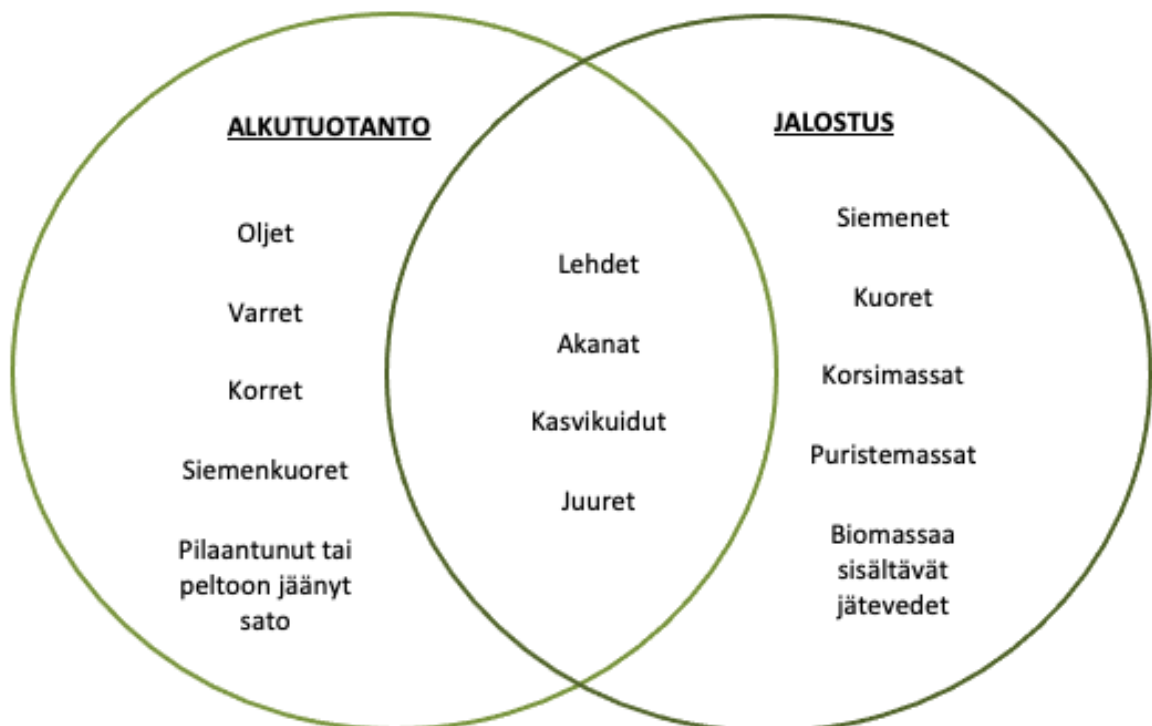
Suurin osa puutarhatuotannon sivuvirrasta syntyy sadon korjuuvaiheessa, tai pian sen jälkeen. Varastointivaiheessakin sivuvirtaa voi syntyä paljon, esimerkiksi juureksilla pitkän varastointiajan vuoksi keskimäärin jopa 30 % varastoitavasta sadosta.

Kasvihuonetuotannossa sivuvirtaa syntyy pääasiassa hoitotoimenpiteiden ja kasvuston vaihdon yhteydessä. (biomassa-atlas, n.d.b; Lehto, ym. 2018)

5.2.3 Yhteenveto

Niin viljan, vihannesten, palkokasvien ja marjojen, kuin hedelmienkin sivuvirtana tuleva biomassa on koostumukseltaan moninaista. Osa sivuvirrasta syntyy viljelyn, sadonkorjuun ja kuljetusten yhteydessä, osa jatkojalostuksen käsittelyissä (Kuva 8). Osa biomassasta on erittäin nestepitoista, kuten vihreät kasvinosat, mehevät varret, lehdet, rönsyt, ja pilaantunut, tai korjaamatta jäänyt sato. Osa taas kuivempaa, kuten oljet, säнки, akanat ja kasvikuidut.

Kuva 8 Viljelykasvien sivuvirran muodostuminen (Mukailtu kuvasta Almaraz-Sánchez & ym. 2022, s. 2).



6 Elintarviketuotanto

Elintarvike- ja juomatuotanto työllistivät vuonna 2021 yhteensä 39 000 henkilöä. Suurin osa sektorin yrityksistä on pieniä tai keskisuuria. Liikevaihdoltaan suurimpia toimialoja olivat teurastus ja lihatuotteiden tuotanto, maitotaloustuotteiden tuotanto, juomatuotanto,

alkoholijuomatuotanto, sekä leipomo- ja muiden viljatuotteiden tuotanto. (Ruokatieto, 2022)

Elintarvikealalle on laadittu ensimmäisenä teollisuudenalana vapaaehtoinen materiaalitehokkuuden sitoumus yhteistyössä elinkeinoelämän ja ministeriöiden kesken. Sitoumukseen on kirjattu yhtenä tavoitteena materiaalitehokkuus, joka tukee alan kannattavuutta ja kestävyyttä. Elintarviketuotannon yrityksille yhtenä materiaalitehokkuutta lisäävänä teemana onkin asetettu uuden liiketoiminnan luominen, tai lisäarvon saaminen sivuvirroista. (Elintarvikealan materiaalitehokkuuden sitoumus 2022–2026, n.d., ss. 6, 8.)

6.1 Elintarviketuotannon sivuvirtoja

Elintarviketuotannossa sivuvirtoja voi syntyä tuotteen valmistusmenetelmän vuoksi, esimerkiksi vihannesten ja hedelmien kuoret on poistettava ennen käsittelyitä, tai oluesta poistetaan mäski ja käymishiivat ennen pullottamista. Toinen sivuvirtojen syntyisyys on kulttuurin muutokset ajan saatossa. Tästä voidaan nostaa esimerkiksi pitkiä valmistusaikoja vaativat ruhonosat lihatuotannosta, joita ennen käytettiin yleisesti kotitalouksien ruoan valmistuksessa. Kiireisempi elämäntyyli on saattanut aiheuttaa sen, että ne eivät enää kiinnosta suurta osaa suomalaisista kuluttajista. Kolmanneksi sivuvirtaa voi tulla tuotannon laatuvaihtelun vuoksi, kun tuote-erässä havaitaan sellainen laatuvirhe, jonka vuoksi tuotetta ei voi laittaa jälleenmyyntiin. Neljäs syy sivuvirran muodostumiselle tuotannossa voi olla tuotantolinjan yhden tuote-erän päättyminen ja toisen tuotteen valmistuksen aloittamisen yhteydessä. Linjaston viimeisten tuotteiden laatupoikkeamat, linjaston pesu ja muut puhdistusmenetelmät, sekä uuden tuote-erän mahdolliset linjaston säädöistä johtuvat laatupoikkeamat johtavat tuotteiden poistoon myyntieristä. (Berg, 2016) Viidentenä syynä voivat olla markkinahäiriöt, jolloin markkinoiden rakenne on epätasapainossa. Muuttuva kulurakenne ei siirry hintoihin. Tästä esimerkkinä Venäjä- Ukraina sotatilanne, joka on kiihdyttänyt kustannuskriisiä. Markkinahäiriötä voivat aiheuttaa myös markkinoiden päätöksenteon viivästyminen tai joissakin maissa laajalle levinnyt korruptio ja hintakartellit. (Elintarviketeollisuusliitto, 2022)

Sivuvirtojen määrään elintarviketeollisuudessa voivat vaikuttaa erilaiset tekijät. Siihen saattaa liittyä tuotantolaitoksen koko, mutta merkittävämpänä syynä on kuitenkin tuotannon suunnittelun ja organisoinnin taso. Useat suuretkin valmistusyksiköt ovat voineet minimoida sivuvirtojen määrää ja hyödyntävät kaiken tuotannon sivuvirran erittäin tarkasti. Valmistettava tuote ja sen valmistustapa vaikuttavat sivuvirtojen määrään, sillä joitakin tuotteita ei pystytä valmistamaan niin, ettei sivuvirtaa syntyisi. Raaka-aineiden esikäsittelyn taso voi vaikuttaa osaltaan sivuvirran määrään. Mikäli raaka-aineet esikäsitellään mahdollisimman valmiiksi ja tuotantoon sopiviksi omassa yksikössään, jää niiden puhdistamisessa, kuorimisessa, tai lajittelussa syntyvä sivuvirta esikäsittelijän yksikköön. Tällöin niiden käsittelyprosessitkin on helpompi yhtenäistää verraten siihen, että kaikki eri ainesosien pienet sivuvirtamäärät esikäsitteilyistä jäisivät jalostajan tehtäväksi. Raaka-aineiden laadun ja koostumuksen vaihtelu voi aiheuttaa tuotteessa laadunvaihtelua niin, että sivuvirran määräkin voi vaihdella. Tuotantoprosessin monimutkaisuus tai yksinkertaisuus vaikuttavat sivuvirtamääriin. Monimutkaisen prosessin vuoksi voi sivuvirtamäärä nousta, varsinkin jos kaikissa tuotannon eri vaiheissa syntyy hukkaa. Useiden eri tuotteiden valmistaminen samalla tuotantolinjalla saattaa vaikuttaa sivuvirtamäärään tuotannon prosessien tai konesäädöistä johtuvien laatuvaihteluiden, tai tuotteiden sekoittumisen vuoksi.

6.1.1 Teurastamot ja lihatuotteet

Tuotantoeläimistä jää teurasjätteenä sivutuotteiksi sellaisia osia, mitä ei käytetä ihmisravintona. Kaikkea näiden keräämistä, varastointia, käsittelyä, kuljettamista, käyttämistä ja hävittämistä säätelevät EU:n sivutuoteasetukset (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus N:o 1969/2009 ja Komission asetus N:o 142/2011), sekä kansallinen lainsäädäntö, esimerkiksi sivutuotelaki (Laki eläimistä saatavista sivutuotteista 517/2015).

Eläinperäiset sivutuotteet on luokiteltu kolmeen ryhmään ihmisille tai eläimille niistä aiheutuvan riskin mukaisesti. Riskinä ovat esimerkiksi eläinperäiset infektiot ja zoonootit. 1.-luokkaan on koottu vakavimman riskin aiheuttavat sivutuotteet. Luokitus määrää sen, miten sivutuotetta on käsiteltävä ja mitä viranomaiskäsittelyitä prosessit vaativat. (Ruokavirasto, 2021)

Naudan, sian ja lampaan sivutuotteiksi luokitellaan mm. pää, mahojen ja suolen sisältö, nahka, luut, selkäranka, mahat, suolisto, maha- ja muut rasvat, veri, sorkat, utareet, keuhkot, perna, kurkku- tai henkitorvi, sarvet ja villaa. Täysikasvuisen naudan sivutuotteita kertyy keskimäärin noin 50 % naudan koko painosta, sialla keskimäärin 40 % painostaan, lampaalla keskimäärin jopa 70 % painosta. (Lehto, ym., 2015) Siipikarjalla sivutuotteina ovat sisäelinten, pään, jalkojen, suoliston, veren ja kaulan lisäksi höyhenet. (Lehto, ym., 2021)

Suomalaisessa lihatuotannossa kaikkea sivuvirtaa hyödynnetään erittäin tarkasti. Niitä käytetään eri teollisuudenaloilla, mutta myös vientituotteina. Sian sivutuotteilla arvioidaan olevan noin 200 eri käyttötarkoitusta, joten kaikki eläintuotannossa syntyvä sivuvirta osataan ja on mahdollista hyödyntää tarkkaan. (Jännti, 2017)

Teurasjätettä syntyy kullakin tuotantoeläimellä kasvatussyklin mukaan ja tilalla tuotantomäärien mukaan. Lihatuotantoon kasvatetuilla eläimillä on omat suositusarvonsa kasvatus- ja teurastusialle.

6.1.2 Maidon jalostus

Maitoa tuotettiin vuonna 2021 Suomessa 2247 miljoonaa litraa. Meijerit vastaanottivat tästä määrästä yhteensä 2206 miljoonaa litraa. Meijerit jalostavat maidosta nestemäisiä maitotuotteita, kermaa, hapatettuja kermavalmisteita, rahkaa, maitopohjaisia kastikkeita, jälkiruokia, tuorejuustoa, voita ja kypsytettyjä juustoja. (Luke, 2022f)

Meijereistä sivuvirtaa syntyy pesuhuhteista tuotantolinjalla tapahtuvien tuotevaihtojen yhteydessä, tuotejäämistä, sekä myyntiin kelpaamattomien tuote-erien poistosta. Hyvin ravintorikkaita ja usein ensisijaisesti elintarvikkeiksi ja rehuksi tuotteistettuja sivuvirtoja ovat myös kirnupiimä, kirnumaito, hera. (Berg, 2019, ss.4–8, ks. myös Törmä & Aalto, 2018, s.23)

6.1.3 Viljan jalostus ja leipomot

Viljan jalostamoilla ja myllyillä sivuvirtaa syntyy jyvien kuorista, leseistä ja lajittelumassasta. Eri viljojen ja proteiinikasvien lisääntynyt suosio on lisännyt niistä valmistettavien tuotteiden määrää ja kirjoa. Näiden valmistuksessa sivuvirtaa voi muodostua kuorista, varsista, palkoosista ja lajittelumassoista. Leipomoilla taikina- ja leipämassa, myyntiin kelpaamattomat tuotteet, linjaston puhdistuksessa käytettävä taikinamassa sekä huuhtelu- ja jätevedet tuottavat pääasiallisia sivuvirtoja. (Törmä & Aalto, 2018, s.26) Sivuvirtaa voi syntyä myös prosessin virheistä. Väärä paistoaika, tai paistolämpötila, koneisiin juuttuneet tai virheellisten konesäätöjen vuoksi repeytyneet tai epämuotoiset palaset, viljaerien eri leipoutuvuudesta johtuva laatuvaihtelu, tai vierasaineet ja -esineet tuotteessa voivat johtaa tuote-erän myyntikelvottomuuteen.

6.1.4 Valmisruokatuotanto

Valmisruoan kulutus on kasvanut korona-aikana. Etätyössä ei ole ollut mahdollista käyttää työmaaruokaloiden palveluita ja ravintoloillakin on ollut rajoituksia toiminnassaan. Päivittäistavarakauppojen vuoden 2021 alkupuolen tilastot näyttivät sektorille jopa 20 % myynnin kasvua. (Elintarviketeollisuusliitto, 2021)

Valmisruokatuotannossa sivuvirtojen määrä riippuu tuotantolaitoksen koosta ja siitä, mitä tuotetta valmistetaan. Sivuvirtaa voi syntyä tuotevaihtojen yhteydessä, laatuvirheiden vuoksi, tai valmistusprosessien vuoksi tuotteesta poistettavien aineiden muodossa. Linjaston yllättävät tuoteviat, tai sinne kuulumattomat aineet, materiaalit, tai tuotteet saattavat johtaa koko tuote-erän poistoon. Erien ensimmäisissä tai viimeisissä annoksissa saattaa olla vajausta, tai laitesäädöistä johtuvaa epätasaisuutta. Linjaston huuhteluissa ja pesuissa syntyy jätevesiä ja hukkalämpöä valmistusprosessissa, esimerkiksi höyrykattiloista ja kylmälaitoksista. (Saarioinen, 2017)

6.1.5 Juomatuotanto, panimot ja alkoholijuomatuotanto

Juomatuotannossa sivuvirtaa tulee esimerkiksi hedelmien ja vihannesten kuorista, puristejätteestä, rankista, mäskistä, ylijäämähiivasta ja hukkanesteestä tuotevaihdossa. (Berg, 2016, ss.4–6).

Sivuvirtaa voi syntyä myös raaka-aineiden laadun, valmistuksessa käytettävän talousveden laadun, tai varastointi- ja kuljetusolosuhteiden virheiden vuoksi. Nämä voivat aiheuttaa valmiiseen tuotteeseen virheitä maussa, tuoksussa, tai kirkkaudessa. (Valvira, 2018, s.8)

6.1.6 Ruokaöljyjen ja levitteiden valmistus

Ruokaöljyjen ja levitteiden valmistuksessa sivuvirtaa syntyy puristejätteestä, kuorista ja siemenistä. Vierasesineet, tai -aineet tuotteessa, kuten esimerkiksi virheellisistä viljelyprosesseista johtuva kasvinsuojeluainepitoisuuden ylittyminen johtaa laatuvirheeseen niin raaka-aineessa, kuin lopullisessa tuotteessa. Varastoinnin virheet voivat johtaa tuotteiden eltaantumiseen ja siten tuote-erän poistamiseen myynnistä. Huuhtelu- ja puhdistusprosesseista aiheutuu jätevesiä. (Vilja-alan yhteistyöryhmä, n.d.)

7 Hyödyntämis- ja käsittelymenetelmiä

Ruokatuotannon sivuvirtojen biomassat ovat osin melko vesipitoisia ja niiden säilyvyys saattaa olla huonoa (biomassa-atlas, n.d.b). Biomassojen säilyvyyden ja käsiteltävyyden parantamiseksi, olisi niiden esikäsittely hyvä tehdä mahdollisimman pian, huolehtia säilyvyyden takaavasta varastoinnista ja kuljetuksesta, sekä ottaa massat valorisaatiokäsittelyihin mahdollisimman pian esikäsittelyn jälkeen. (Almaraz-Sanchez & ym., 2022, s. 6)

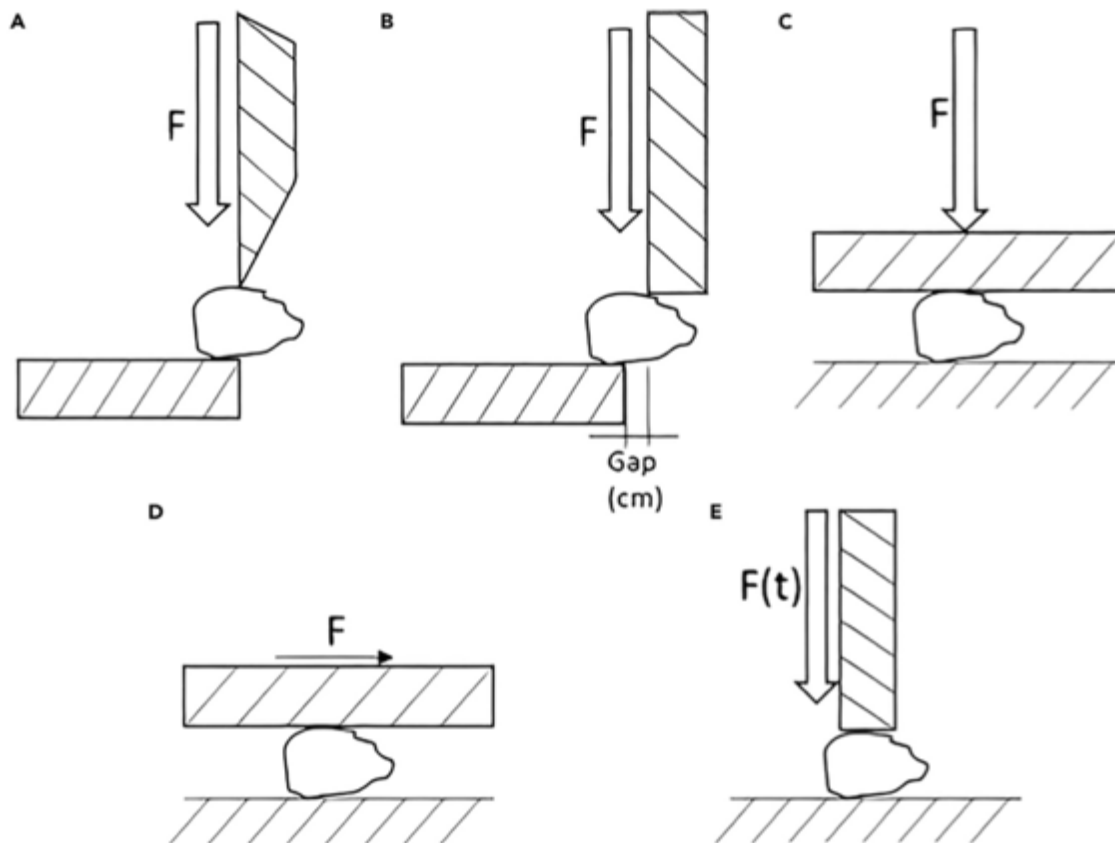
Käsiteltävän biomateriaalin esikäsittelyprosessien valinta riippuu siitä, mitä ominaisuuksia materiaalilla on, mitä menetelmiä käytetään ja mitä tuotteita massasta halutaan erottaa tai tuottaa. Esikäsittelynä saattavat olla pesu tai huuhtelut, hienontaminen, sekoitus, kuumennus tai kuivaus. Pesuilla ja huuhteluilla poistetaan materiaalista mahdolliset

epäpuhtaudet ja vierasesineet. Tarvittaessa materiaali hygienisoidaan, tai steriloidaan. Massan partikkelikokoa voidaan yhtenäistää hienontamalla, tai tasapainottaa koostumusta sekoittamalla, helpottamaan seuraavia prosesseja. Materiaalin kuivaus voi helpottaa käsittelemistä tai kuljetuksia. Kuivaus lisää myös materiaalin säilyvyyttä. Pakastaminen voi olla myös vaihtoehtona materiaalin varastoinnille ennen muita prosesseja. (Almaraz-Sanchez & ym., 2022, s. 6)

7.1 Mekaaniset menetelmät

Mekaanisilla menetelmillä biomassan partikkeleita voidaan pienentää, esimerkiksi kuvassa 10 havainnollistetuin menetelmin: leikkaamalla (A), repimällä (B), puristamalla (C), jauhamalla (D), tai murskaamalla (E). (Kuva 10) Puristuksen lisäksi voidaan käyttää linkousta, mikäli halutaan erotella kiinteää ainesta nestemäisestä ja lisätä massan säilyvyysominaisuuksia. Mekaanisia menetelmiä voidaan käyttää myös esikäsittelyinä helpottamaan prosessointia ja biomassan koostumuksen soveltuvuutta muihin käsittelyihin. Samalla kiinteä massa rikkoutuu pienemmiksi partikkeleiksi. (Arce & Kratky, 2022). Peltobiomassoissa on mahdollista käyttää koneellista hienonnutusprosessia esimerkiksi oljille ja nurmille. (Hallikainen, 2021, s. 12–13)

Kuva 9. Mekaanisia partikkeleiden pienentämistekniikoita (Arce & Kratky, 2022).



Mekaanisilla tekniikoilla esikäsiteltyjä biomassoja voidaan käsitellä edelleen muilla valorisaatiomenetelmillä, joita voivat olla esimerkiksi bioprosessit, termokemialliset konversiomenetelmät, tai aineensiirrolliset erotusmenetelmät. Toisaalta mekaaniset käsittelyt voivat auttaa arvojakeiden erotuksen jälkeen loppumassan saamisessa tasakokoisemmiksi partikkeleiksi nopeuttamaan ja helpottamaan esimerkiksi kompostointia tai levitystä maanparannusainekseksi. (Almaraz-Sanchez & ym., 2022, s. 3)

7.2 Bioprosessit

Ruokatuotannon biomassat koostuvat pääasiassa hiilihydraateista, proteiineista ja rasvoista. Bioprosesseissa näitä voivat käyttää ravintonaan hyödyksi jotkin sienet, bakteerit, hiivat, eläin-, kasvi- ja hyönteissolut, sekä -lajit (Heinzle & ym. 2007). Nämä mikro-organismit, sienet, levät, tai hyönteiset voivat muuttaa biomassan koostumusta. Sen tuloksena sivuvirtojen biomassan koostumus voi muuttua käyttökelpoisempaan muotoon eliöille,

eläimille ja ihmisille. Tällaisia menetelmiä ovat mm. fermentointi, mädätys, kompostointi, bioetanolin tuotanto, mikrolevien ja sienten kasvatus, sekä hyönteistuotanto. (Almaraz-Sanchez & ym. 2022, s. 3)

Fermentaatioissa mikrobit, lähinnä hiivat ja bakteerit, muuttavat hiilihydraatteja eri yhdisteiksi, esimerkiksi propionihapoiksi, etikkahapoiksi, maitohapoiksi, voihapsiksi, rihmasieniksi, hiivaksi ja alkoholeiksi. Fermentointia voidaan kutsua joissakin tapauksissa myös hapattamiseksi, tai käymiseksi, ja sen prosessit laskevat alkuperäisen massan pH-arvoa. Ruokatuotannon sivuvirrat voivat toimia erinomaisena hiilihydraattien ja sokereiden lähteenä prosessissa. (Almaraz-Sanchez, 2022, s. 3) Useat hiivat ovat aineenvaihdunnaltaan fakultatiivisia, eli ne kykenevät vaihtoehtoisesti sekä anaerobiseen fermentaatioon, että aerobiseen soluhengitykseen (Hagman & Piškur, 2015). Fermentoimalla voidaan käsitellä niin nestemäistä, kuin kiinteämpääkin massaa. Mikäli käsitellään kiinteämpiä biomassoja, esimerkiksi maatalouden sivuvirtojen biomassoja, on varmistettava, että ne sisältävät riittävästi kosteutta mikro-organismien kasvuun ja aineenvaihduntaan. (Pandey, 2003, s. 81)

Fermentoinnin kautta saatavia hyödynnettäviä bioyhdisteitä voivat olla mikrobien tuottamat, solujen ulkopuoliset bioyhdisteet. Näitä ovat esimerkiksi vety, etanoli ja erilaiset hapot. (Xia & ym. 2016) Fermentointiprosessin avulla voidaan tuottaa myös uusia tuotteita, esimerkiksi erilaisia elintarvikkeita. Tällaisia ovat esimerkiksi viini, olut, siideri, piimä, jogurtit (myös kasvipohjaiset), juustot, hapankaali ja kombucha. (Maicas, 2020, ss. 1, 5)

Monet fermentoinnissa muodostuvat yhdisteet ovat teollisuuden käytössä olevia merkittäviä kemikaaleja. Esimerkiksi propionihappoa ja sen suoloja käytetään säilöntäaineena elintarvikkeissa ja rehussa. Se on merkittävä ainesosa selluloosakuidun, farmaseuttisten tuotteiden, ihonhoidon tuotteiden, hajusteiden, sekä rikkakasvien torjunta-aineiden valmistuksessa. (Piwowarek & ym. 2018, s. 517)

Termiä "fermentointi" saatetaan käyttää laajemmassa merkityksessä tarkoittamaan bioprosessiteknologian menetelmiä. Bioprosessointi sisältää kaiken kaikkiaan lukuisia monimutkaisia reaktioita, joissa mikrobit voivat muokata biomassoja entsyymien avulla, tai biomassat toimivat kasvualustana esimerkiksi erilaisille mikrobi-, kasvi-, tai nisäkässoluille.

Kasvualustana voidaan käyttää esimerkiksi ruokatuotannon sivuvirtojen biomassoja. Prosessit tapahtuvat bioreaktoreissa ja niihin on järjestettävä mikrobitoiminnalle, tai solujen lisääntymiselle, kullekin lajille otolliset olosuhteet. (Smith, 2009, ss. 49–50)

Bioprosessoinnin kautta voidaan lisätä hyödynnettäväksi solubiomassaa. (Smith, 2009, s. 50) Osa näistä soluista sisältää runsaasti proteiineja, ja ne soveltuvat siten esimerkiksi ravintolisäkäyttöön (Suman & ym. 2015). Tällaista solukasvatusta voidaan kutsua myös solumaataloudeksi. Hyödynnettäväksi voidaan saada myös solujen sisäisiä tuotteita, esimerkiksi erilaisia entsyymejä, tai mikrobien aineenvaihdunnan tuotteita, kuten esimerkiksi erilaisia happoja, alkoholia ja ketoniyhdisteitä. Prosessista voidaan saada myös sekundäärisiä aineenvaihduntatuotteita, kuten penisilliiniä, antibiootteja ja kasvihormoneja. (Smith, 2009, ss. 50–51)

7.2.1 Bioetanolin valmistus

Bioetanol on yksi fermentoinnin kautta saatavista tuotteista. Bioetanolia voidaan käyttää liikennepolttoaineena. Bioetanol on yksi nopeimmista ja teknisesti helpoimmista valmistettavista biovaihtoehdoista fossiilisten liikennepolttoaineiden tilalle. Se on myös vähäpäästöisempää verraten perinteisiin maaöljypohjaisiin bensiineihin. (SBE, n.d.)

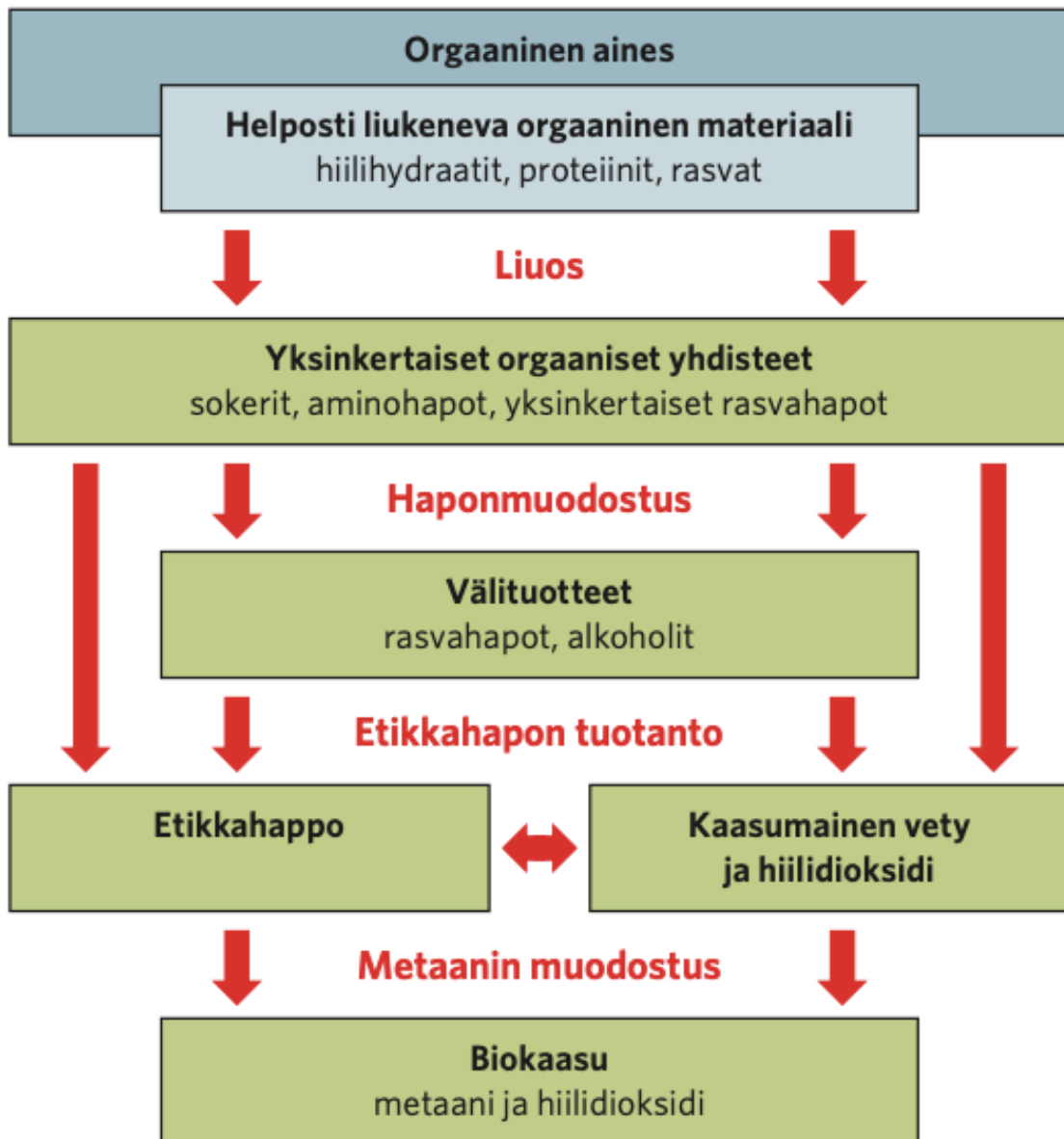
Bioetanolituotantoon käytettävän biomassan on sisällettävä hiilihydraatteja, joko suoraan sokereina, tai makromolekyyleinä, kuten tärkkelyksenä tai selluloosana. Esikäsittelyillä rikotaan materiaalin rakennetta, vapauttaen fermentointiin sopivia sokereita käyttökelpoiseen muotoon. Käsittelyihin voivat kuulua jauhminen tai murskaus, painekuuminen, entsyymikäsittely, kemiallinen tai entsyymaattinen hydrolyysi. Hydrolyysissä tärkkelyspitoiset orgaaniset yhdisteet hajotetaan liukoiksi, käymiseen sopiviksi sokereiksi, tavoitteena välttää massahäviötä tai sokereiden pilkkoutumista. Fermentoinnin jälkeen käymisliemestä voidaan erotella bioetanol tislaamalla, tai muilla erotusmenetelmillä. Raaka-aineesta riippuen, etanolivalmistuksen sivutuotteena voi muodostua rehuksi tai kompostointiin sopivaa massaa, hiilidioksidia ja ligniiniä. (Mikkonen & Kauriinoja, n.d. s.20)

7.2.2 Mädätys ja biokaasun tuotanto

Mädätys on anaerobinen, pieneliöiden avulla tapahtuva biologinen hajottamisprosessi. Mädättämisen avulla voidaan tuottaa biokaasua. Olosuhteiden on oltava oikeanlaiset prosessin onnistumiseksi.

Biokaasua voidaan tuottaa mädättämällä esimerkiksi elintarviketeollisuuden jätteitä, lietteitä, jätevesiä, tai maatalouden biomassoja (Kymäläinen & Pakarinen, 2015, s. 10). Biokaasun tuotannon prosessi on nelivaiheinen (Kuva 11). Ensin materiaali liukoistuu (hydrolyysi), sen jälkeen tapahtuu happokäyminen (asidogeneesi), sitten etikkahappokäyminen (asetogeneesi) ja lopuksi metaanin muodostuminen (metanogeneesi). Erilaisilla mikrobeilla on ratkaiseva rooli kussakin vaiheessa. Metaania tuottavat mikrobit ovat arkeoneja, joiden tiedetään olevan eräitä maapallon vanhimmista eliömuodoista. Monet arkeonit ovat tottuneet toimimaan erittäin äärimmäisissä olosuhteissa. (Motiva Oy, 2013, s. 4)

Kuva 10. Biokaasutuotannon nelivaiheinen prosessi (Motiva Oy, s. 4).



Biokaasun tuotantoprosessi ei tuota merkittävästi lämpöä, mutta nopeutuu lämmön vaikutuksesta. Lämpötilan pitämiseksi prosessiin sopivana ja mädätys säiliön mahdollisimman hapettomana on mädätys säiliöiden oltava hyvin eristettyjä ja lämmitettyjä. Märkämädätyksessä käsittely- ja siirtoprosessien helpottamiseksi massan on oltava pumpattavaa, mutta myös prosessin pieneliötoiminta vaatii kosteutta. Käsiteltävän massan kuiva-ainesmäärää on siksi rajoitettava. Kuivämädätyksessä voidaan käyttää kiinteämpää biomassaa. (Motiva Oy, 2013, s. 10)

Tuotetun kaasun määrä vaihtelee raaka-aineen mukaan. Lanta, kasvijätteet, hävikkirehu, yhdyskuntabiojäte, biodieselin sivutuotteet ja elintarviketeollisuuden jätteet ovat erinomaisia raaka-aineita prosessissa (Taulukko 2). Biokaasua voidaan käyttää energiantuottoon, yhdistettyyn energian- ja sähköntuottoon, tai puhdistuksen jälkeen liikennepolttoaineeksi. Mädätysjäännöksessä on jäljellä mädätykseen käytetyn biomassan ravinteet, joista osa muuttuu prosessissa kasveille helpommin käytettävissä oleviin liukoisiin muotoihin. Mädätysjäännös on arvokasta lannoitukseen ja maanparannukseen, joko sellaisenaan, tai jatkojalostettuna. (Kymäläinen & Pakarinen, 2015, ss. 18, 33–44, ks. myös Motiva Oy, 2013, ss. 5–10)

Taulukko 2. Metaanipitoisuus ja kaasun saanti eri raaka-aineista (Motiva Oy, 2013, s.10).

Materiaali	Biokaasuntuotanto m³ / tonnia märkäpaino	Kaasun metaani- pitoisuus %
Teurasjäte	250	70
Biojäte	150-250	65
Peltobiomassa	50-250	55
Sianlanta	25-35	65
Naudanlanta	15-25	60

7.2.3 Kompostointi

Kompostoinnissa erilaiset pieneliöt, sienet, sädesienet ja bakteerit, tai matokompostorissa lierot hajottavat orgaanista ainesta aerobisissa olosuhteissa. Kompostoinnissa tuleekin varmistaa pieneliöiden hapensaanti, sillä liian kostea biomassa ei kompostoidu, vaan siinä alkaa käymis- ja mätänemisprosesseja. Hyvässä kompostoinnissa pieneliötoiminta tuottaa lämpöä ja lämpö taas nopeuttaa hajoamisprosessia. Kompostointiprosessi vähentää biomassasta kasvitauteja, loisia, rikkaruohoja ja rikkakasvien siemenpankkia. Kompostoinnin avulla biomassasta vapautuu vettä ja ravinteita, sekä muodostuu humusaineita. (Almaraz-Sanchez & ym. 2022, s. 4) Humusaineet toimivat maassa sidosaineena, joka pidättää vettä ja

ravinteita, sitoo hiiltä, parantaa ravinteiden saatavuutta kasvien käyttöön ja vähentää nitraattitypen huuhtoutumista vesistöön, puskuroid haitallisia aineita, stimuloi maan biologista aktiivisuutta, liuottaa mineraaleja, toimii typen, fosforin, rikin ja sinkin varastojana. (Mayhew, 2004, ss. 2–3)

7.2.4 Mikrolevien kasvatusta

Mikrolevät ovat viherleviin kuuluvia mikroskooppisen pieniä, pääasiassa vesissä eläviä yksisoluisia organismeja, mutta myös maassa eläviä mikroleviä on olemassa. Erilaisiin elinolosuhteisiin sopeutuneita lajeja on runsaasti. Mikrolevät pystyvät lisääntymään sekä jakautumalla, että suvullisesti. Kasvuun ne tarvitsevat auringonvaloa, vettä ja ravinteita. Esimerkiksi makroravinteita sisältävät teollisuuden, maatalouden ja yhdyskuntien jätevedet ovat usein soveltuvia leväkasvatukseen. Mikrolevät sitovat ilman hiilidioksidia ja tuottavat noin puolet ilmakehässä esiintyvistä hapesta. (Rizwan & ym. 2018, s.394)

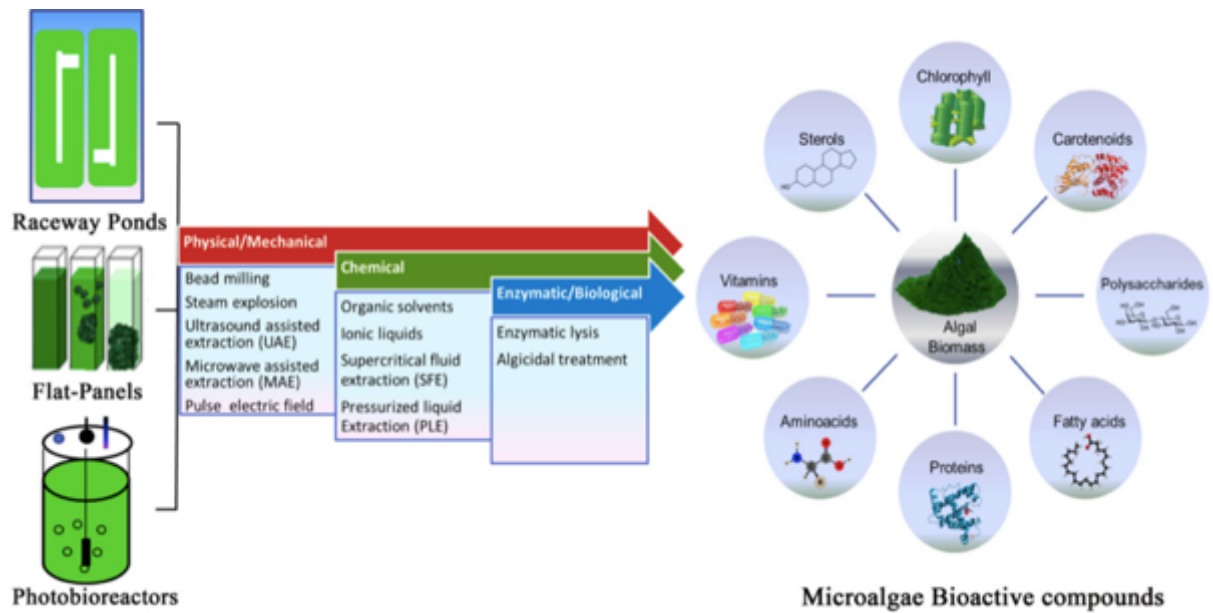
Mikrolevien vesiviljelyssä voidaan hyödyntää alueita, jotka eivät soveltuisi muuhun viljelyyn. Tärkeintä on taata kullekin levälajille oikeat olosuhteet. Niitä voidaan kasvattaa avoimissa ja suljetuissa altaissa, sekä fotobioreaktoreissa. Kasvatusaltaissa vettä sekoitetaan ravinteiden, lämmön ja auringonvalon tasaisen saannin varmistamiseksi koko kasvustolle. (Lunkka-Hytönen & ym. 2016, s.29) Kasvatuksen jälkeen on monivaiheinen leväkasvuston sadonkorjuu ja uuttaminen. (Rizwan & ym. 2018, s.395)

Mikroleviä voidaan hyödyntää kahdella tavalla, leväbiomassana, tai levien tuottamina aineenvaihduntatuotteina. Mikrolevät pystyvät tuottamaan biokemikaaleja, joita voidaan hyödyntää monilla eri teollisuudenaloilla, esimerkiksi ainesosina elintarvikkeisiin ja rehuun, kosmetiikkaan, biopoltoaineisiin, biolannoitteisiin, stabiileihin isotooppikemikaaleihin ja lääketieteeseen. Lääkkeissä, esimerkiksi mikrobi-, virus- ja syöpälääkkeiden valmistuksessa, voidaan käyttää mikrolevistä saatavia ainesosia. (Rizwan & ym. 2018, s.394)

Mikrolevien jätevesissä tuottamat biokomponentit ovat arvokkaita (Kuva 13). Niistä saatava proteiini on erittäin laadukasta, ne tuottavat esimerkiksi steroleja, antioksidantteja, karotenoideja, entsyymipolymeerejä, luonnollisia pigmenttejä, lipidejä, peptidejä, toksiineja,

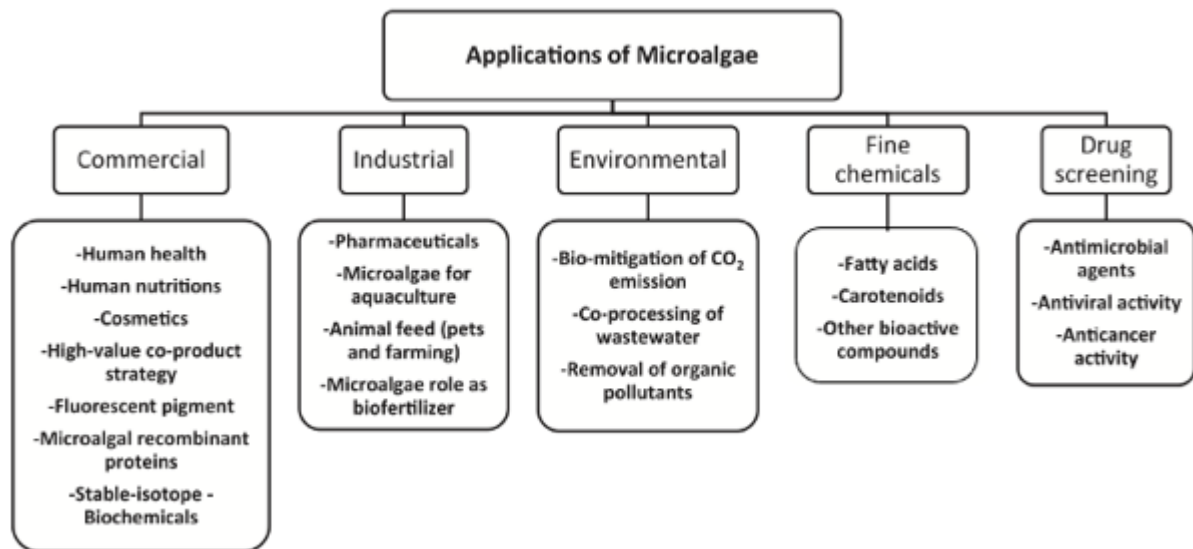
asetyylihappoja, agaria, alginaatteja, karrageeneja, monityydyttymättömiä rasvahappoja, b-vitamiineja ja luteiinia. Mikrolevistä saatavilla biokomponenteilla on viruksia tuhoavia ja niiden kasvua estäviä vaikutuksia, sekä useita neurologisia ja antimikrobisia vaikutuksia.

Kuva 11. Leväkasvattamotyyppejä, käsittelymenetelmiä ja levistä saatavia bioaktiivisia komponentteja. (Kiran & Mohan, 2021).



Tärkeimpiä ympäristövaikutuksia levien kasvatuksessa jätevesissä ovat hiilidioksidipäästöjen vähentäminen ja jätevesien käsittely (Rizwan & ym. 2018, ss. 394–395). Mikroleviä voidaan käyttää myös haitallisten aineiden seurannassa, eri yhdisteiden pitoisuuksien tai vaikutusten biomäärityksissä ja biopuhdistuksessa, eli bioremediaatiossa, mm. jäte- ja prosessivesissä. (Kuva 14).

Kuva 12. Mikrolevistä saatavien ainesosien käyttökohteita (Rizwan & ym. 2018, s. 396).



Mikrolevien korkea lipidipitoisuus tekee niistä erinomaisen raaka-aineen biopolttoaineiden valmistuksessa ja niiden triglyseridin tuotantonopeus on nopeampi, kuin kasvibiomassalla. Ne soveltuvat niin biodieselin, biokaasun, bioetanolin, kuin biopohjaisen lentopolttoaineen valmistukseen. Haasteena on laajamittaisen viljelyn toteuttaminen, korjuun tekniikoiden kehittäminen, biopolttoaineiden teollinen valmistus ja niihin siirtyminen. (Trivedi & ym. 2015, ss. 296–299)

7.2.5 Sienten kasvatus

Sienet toimivat maapallon hiilen kierrossa tärkeänä osatekijänä. Niillä on tärkeä rooli myös kasvun edistäjänä symbioosissa kasvien ja puiden kanssa ja kuolleen orgaanisen aineksen hajottamisessa. Sienet muokkaavat ravinteita käyttökelpoiseen muotoon. (Kavanagh, 2011, s.1) Sienet luokitellaan yleensä kolmeen ryhmään. Ensimmäiseen ryhmään kuuluvat mykorritsa tai symbioottiset lajit. Toinen ryhmä on saprotrofiset lajit, jotka saavat ravintoaineensa kuolleesta orgaanisesta materiaalista. Nämä lajit ovat kaupallisen sieniviljelytuotannon perusta. Kolmas ryhmä on loissienilajit. (Doroški & ym. 2022, s.1)

Erilaisia sienilajeja käytetään ruokasieninä ja niitä voidaan pitää jopa herkkuna erityisten maku- ja rakenneominaisuuksiensa vuoksi. Siinä tapauksessa hyödynnettävä osa on sienien

maanpäällinen itiöemä. Hyödyntämisessä tärkeä osa on myös sienten rihmasto-osuus. Sienet ovat arvokas organismiryhmä muutenkin, kuin ravintoarvoiltaan. Ne ovat kehittäneet lukuisia selviytymismekanismeja, koska elävät erilaisissa elinympäristöissä. Niiden on täytynyt kilpailla monien muiden sienten, bakteerien ja eläinten kanssa. Siksi arvokasta sienissä on myös niiden aineenvaihdunnan tuotteet ja bioaktiiviset komponentit, joilla on esimerkiksi antioksidanttisia, antimikrobisia, kasvainten ja virusten kasvua estäviä ja niitä tuhoavia vaikutuksia, sekä elimistön puolustusjärjestelmää muokkaavia ominaisuuksia, tai ne voivat olla esimerkiksi pigmenttiyhdisteitä. Näitä ominaisuuksia voidaan hyödyntää mm. lääke- ja kemianteollisuuden eri sovelluksissa. (Doroški & ym. 2022, s.1)

Ruokatuotannon sivuvirrat voivat olla erinomaisia sienten kasvatusalustaksi. Sienten kasvualustan tulisi olla koostumukseltaan tiheää ja kuitumaista, kosteutta pidättävää, mutta myös hyvän ilmavaihdon omaavaa. Nämä ominaisuudet takaavat rihmastolle hyvät kasvuolosuhteet. Kasvatusalustan on sisällettävä hiilen lisäksi tyypeä ja muita ravinteita, erityisesti magnesiumia, kaliumia, kalsiumia, rikkiä ja fosforia. (Grocycle, n.d.) Sieniä voidaan viljellä useilla maatalousteollisuuden, elintarvike- ja selluloosajätteillä tavallisten teollisuustuotannossa käytettyjen kasvualustojen sijasta. Näin on mahdollista tuottaa laadukasta ruokaa, tai arvokkaita bioyhdisteitä ruokajätteen avulla. (Doroški & ym. 2022, s.1) Kasvualustan sterilointi, kuumennus, tai pastöinti ovat usein ehdottomia ennen kasvatusta sen varmistamiseksi, ettei kasvualustassa kasva muita mikro-organismeja. (Grocycle, n.d.)

Sieniä voidaan kasvattaa suhteellisen helposti, mikä tekee laajamittaisesta tuotannosta kannattavaa. Sienien biologisen monimuotoisuuden vuoksi niissä on uskomaton taloudellinen potentiaali löytää organismeja, joilla on uusia teollisia käyttötarkoituksia ja jotka johtavat uusiin tuotteisiin. (Hyde & ym. 2019)

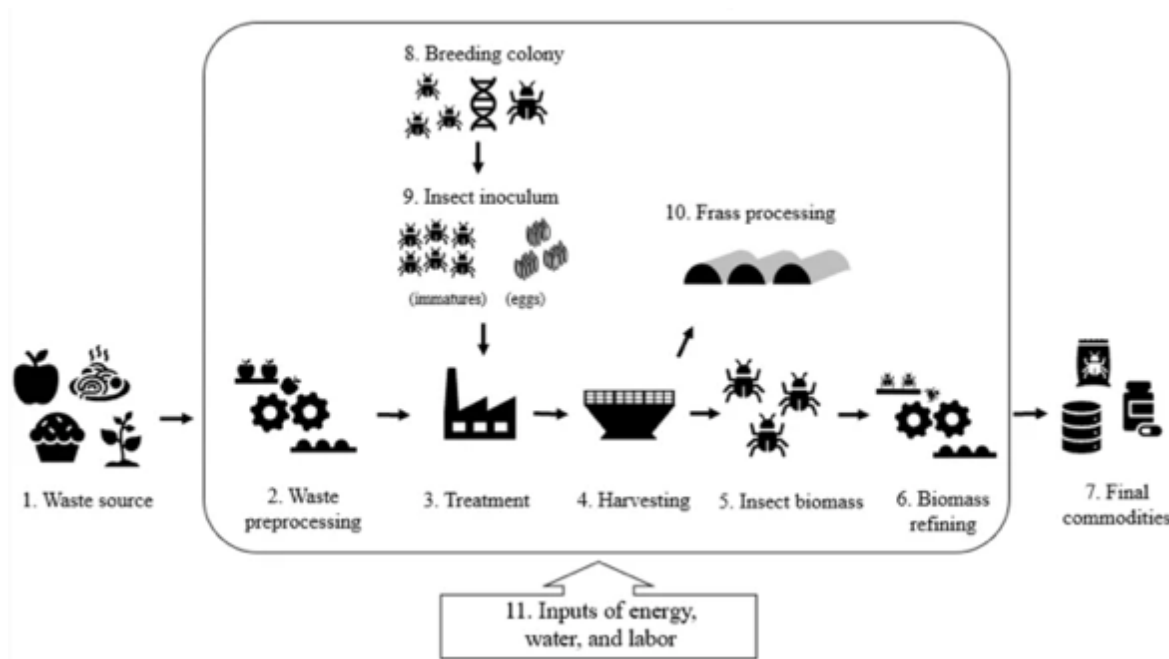
Yhdistyneiden kansakuntien ruoka ja maatalousjärjestön tietojen mukaan maailman sienten kokonaistuotanto vuonna 2020 oli 43 miljoonaa tonnia ja Euroopassa 1,3 miljoonaa tonnia. Tähän tuotantomäärään verraten ruokajätteen käyttö kasvatusalustana olisi erittäin hyvä valinta niin ympäristö, taloudellisten, kuin sosiaalistenkin seikkojen kannalta. (Doroški & ym. 2022, ss.1–2)

7.2.6 Hyönteistuotanto

Hyönteisten kasvatusta ruokatuotannon sivuvirroissa ja jätteissä pidetään yhtenä vaihtoehtona sivuvirtojen hyödyntämiselle. Hyönteisten kasvatusta ruokatuotannon sivuvirroissa ja jätteissä vähentäisi jätemääriä ja niiden tuottamista ainesosista olisi mahdollista saada raaka-aineita esimerkiksi biopolttoaineisiin, biomuoveihin ja rehuihin. (Salomone & ym. 2017)

Hyönteislajisto on erittäin monimuotoista. Jotkin lajit voivat hyödyntää tehokkaasti maatalouden ja elintarviketeollisuuden ruokajätteitä. Tätä kutsutaan hyönteispohjaiseksi "biokonversioksi" ja siten voidaan muuttaa suuria määriä ruokajätettä arvokkaiksi ainesosiksi (Kuva 15). Tällaisia arvokkaita ainesosia ovat esimerkiksi biopolttoaineiden, voiteluaineiden, ja lääketeollisuuden raaka-aineet, pigmentit, ruoan ja rehujen ainesosat, sekä lannoitteet ja maanparannusaineet. (Fowles & Nansen, 2020) Hyönteiset voivat soveltua myös ihmisravinnoksi. Ne sisältävät kaikkia ihmisen tarvitsemia aminohappoja, joista muodostuu proteiineja. Proteiini­lähteenä hyönteiset ovat erinomaisia, mutta myös hyvien rasvojen lähteenä, sisältäen usein esimerkiksi omega-3 ja joitakin omega-6 rasvahappoja. Hyönteisten toukissa voi olla runsaasti hivenaineita ja B-vitamiineja, lajista riippuen. (Nokkonen, 2017)

Kuva 13. Hyönteisbiokonversion prosesseja (Fowles & Nansen, 2020).



Hyönteislajeja ruokatuotannon sivuvirtojen tehokkaaseen hyödyntämiseen ovat esimerkiksi mustasotilaskärpänen (*Hermetia illucens*), huonekärpänen (*Musca domestica*) jauhomato (*Tenebrio molitor*) ja kotisirkka (*Acheta domesticus*). Näille soveltuvat ravintolähteet vaihtelevat lajin mukaan. Esimerkiksi kasviperäisiä ruokajätteitä voidaan syöttää sekä mustan sotilaskärpäsen toukille että jauhomadon toukille, mutta ne ovat liian alhaisia proteiinipitoisuudeltaan huonekärpäsen toukille. Lihaa sisältävät ravintola- ja keittiöjätteet sopivat hyvin huonekärpäsen ja mustasotilaskärpäsen toukille, mutta ovat liian märkiä jauhomatoille, jotka voivat saada kosteutta suoraan ilmasta ja siten kasvaa optimaalisesti kuivemmissa jätteissä. Mustasotilaskärpäsen toukat sietävät kosteampia jätteitä ja korkeampiakin lämpötiloja, joten ne voivat hyötyä useammista jätevirroista. Kärpäset eivät siedä suurta lämpötilan laskua, joten lämmitys ja valaistus on otettava huomioon kasvatustilassa. (Fowles & Nansen, 2020)

Hyönteiskasvatus on kohtalaisen helppoa, eikä vaadi suunnattomasti energiaa tai suuria tiloja. Sen avulla voidaan välttää ruokajätteen käsittelystä koituvia muita kuluja ja saada lisätuloja hyönteisten avulla saatavista ainesosista. Se antaa myös mahdollisuuden ravinteiden ja resurssien kiertoon. (Fowles & Nansen, 2020)

7.3 Lämpökäsittelyt ja termokemialliset konversiomenetelmät

Lämpökäsittelytekniikoita voivat olla kuivaaminen, sterilointi ja hygienisointi.

Termokemiallisia konversiomenetelmiä ovat esimerkiksi pyrolyysi, torrefiointi, kaasutus ja polttaminen.

7.3.1 Kuivaaminen

Biomassaa voidaan käsitellä kuivaustekniikoilla. Kuivaus poistaa massasta nestettä keventäen sitä ja vähentää jatkokäsittelyn ja kuljetuksen kustannuksia. Kuivaaminen lisää myös biomassan säilyvyyttä, sillä siinä ei ole jäljellä nestettä, jota mikrobit käyttäisivät. Kuivausmenetelmiä ja eri tekniikoiden yhdistelmiä siihen liitettynä on useita. Esimerkiksi lämminilmakuivaus, kylmäilmakuivaus, pakkaskuivaus, aurinkokuivaus, sumukuivaus

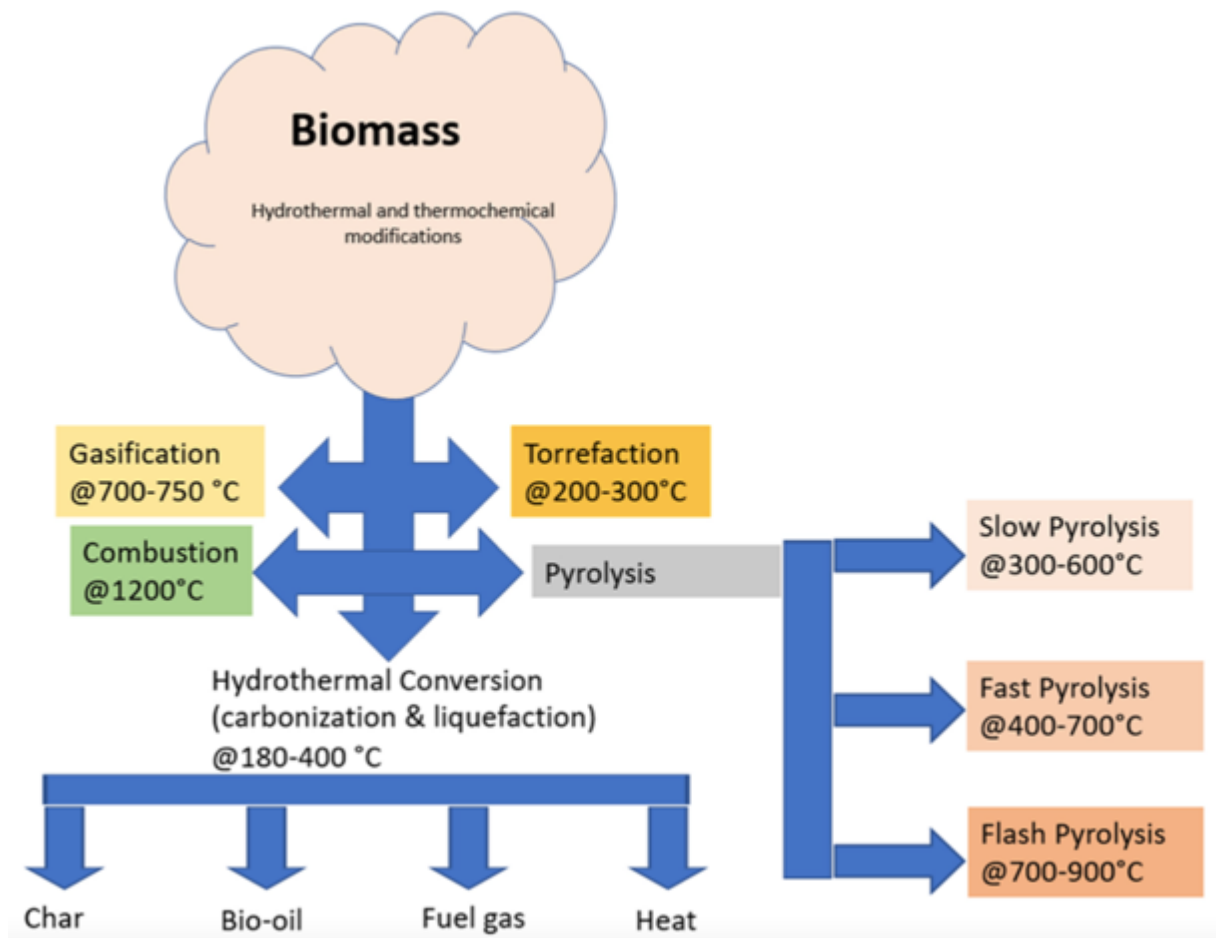
(nesteille), kuivaus yhdistettynä infrapuna-, tai mikroaaltokäsittelyyn. (EL-Mesery & El-khawaga, 2022).

Lämminilmakuivaus kuluttaa aikaa ja energiaa, sekä saattaa riippuen biomassasta vähentää joitakin ainesosia. Infrapuna- ja mikroaaltotekniikat vähentävät energian ja ajankulutusta kuivaamisessa (EL-Mesery & El-khawaga, 2022). Pakkaskuivauksella voidaan hyödyntää huippukylmää lämpötilaa, jolloin massan, tai partikkeleiden sisältämä vesi sublimoituu. Pakkaskuivaus säilyttää massan ravinteet, aromit, värin ja tuoksun. (Männistö, 2018, ss. 10–11, 23–24) Kuivaustekniikoita tutkitaan, jotta voitaisiin löytää mahdollisimman tehokkaita, kaikkea kuivauksessa itsessään muodostuvaa lämpöä, ilmakiertoa ja kaasuja hyödyntäviä menetelmiä biomassojen käsittelyssä. Kuivauksessa kannattaa käyttää riittävän isoja koneistoja, tai mahdollista hukkalämpöä.

7.3.2 Biomassan kaasutus, torrefiointi, pyrolyysi ja polttaminen

Biomassan termokemiallisissa käsittelyissä tuotoksena ovat hiili ja biohiili, tervan kaltaisia bioöljyjä, synteetikaasuja, sekä lämpöä. Näitä käsittelytekniikoita ovat kaasutus, torrefiointi, pyrolyysi ja polttaminen. (Kuva 16) (Dutta & ym. 2022).

Kuva 14. Biomassan termokemiallisia konversiomenetelmiä (Dutta & ym. 2022).



Kaasutus on ali-ilmaisissa olosuhteissa tapahtuvaa polttamista. Sen tuotoksena syntyy kaasuja, joita voidaan puhdistamisen jälkeen käyttää polttoaineena, tai voimalaitospolton kautta energian, lämmön ja sähkön tuotannossa. Biojätteiden, tai sivuvirtojen polttaminen tapahtuu hapen kanssa korkeassa lämpötilassa. Torrefiointi on biomassan paahtamista hapettomissa olosuhteissa. Pyrolyysi on polttamista ilman ulkoisen hapen lisäystä. Se voidaan jakaa lämpötilan mukaan hitaaseen, nopeaan, tai salamapyrolyysiin. Hitaammassa pyrolyysissä tuotoksena on enemmän hiiltä ja tervan kaltaisia bioöljyjä, nopeassa taas enemmän kaasuja ja tervan kaltaisia bioöljyjä. (Mikkonen & Kauriinoja, n.d., s. 14)

Kaikissa lämpökemiallisissa prosesseissa materiaalista haihtuu ensin vettä. Tämän jälkeen tapahtuu muiden kaasujen muodostumista ja nestemäisten yhdisteiden kondensoitumista. Kiinteänä aineena jää käytettäväksi hiiltä ja biohiiltä, joita voidaan käyttää maanparannusaineena. Biohiili toimii hyvänä kasvualustana maamikrobeille, parantaa maan

rakennetta ja ilmavuutta, laskee happamuutta sekä pidättää vettä ja ravinteita kasveille käyttökelpoisessa muodossa. Se toimii haitallisten aineiden suodattimena ja sitojana, sekä sitoo hiiltä. Biohiiltä voidaan käyttää myös kosmetiikassa ja hajun poistamisessa. (EBC, European Biochar Certification, n.d.)

7.4 Aineensiirrolliset erotusmenetelmät

Aineensiirrollisia erotusmenetelmiä voidaan käyttää biomassojen prosessoinnissa monipuolisesti. Niiden avulla voidaan esikäsitellä materiaaleja niin, että ne ovat soveltuvampia muihin prosesseihin. Niillä voidaan erotella arvokkaita ainesosia tai puhdistaa haitallisia ainesosia pois. Tällaisia erotusmenetelmiä yleisessä käytössä ovat esimerkiksi uuttaminen ja tislauk.

7.4.1 Uuttaminen

Uuttaminen on aineiden erotusmenetelmä, joka perustuu eri liukoisuusominaisuuksiin. Neste-nesteuutossa käytetään kahta toisiinsa liukenematonta nestettä, jossa toisessa on eroteltava ainesosa. Voimakas sekoitus irrottaa ainesosan liuottimena toimivaan nesteosaan ja painovoima erottaa nesteet osasineen erilleen. Kiintoaine-nesteuutossa kiintoaineen komponentti siirretään uutossa nesteeseen liuotinaineen avulla. Neste-kiintoaineuuttoa kutsutaan myös suodatukseksi. Näiden lisäksi ovat myös kaasu-nesteuutto tai nestekaasu-uutto, eli tislauk. Uuttamista voidaan tehostaa ultraäänellä, mikroaalloilla, paineen lisäyksellä, lämpötilan nostamisella, tai entsyymeillä. (Lizárraga-Velázquez & ym. 2020, ss. 5–13)

Uuttamalla voidaan erotella sivuvirroista arvokomponentteja, esimerkiksi proteiineja, polysakkarideja, kuituja, makuyhdisteitä ja fytokemikaaleja (esim. antioksidantit), polyfenolit, karotenoidit, sterolit, tokoferolit, terpeenit, vitamiinit, bioaktiiviset peptidit ja tanniinit (Kuva 17). (Kumar & ym. 2017)

Kuva 15. Uttamistekniikoilla saatavia ainesosia (Kumar & ym. 2017).



7.4.2 Tislaus

Tislaus on tehokas aineiden erotusmenetelmä perustuen valikoivaan haihtumiseen ja kondensaatioon. Tislauksessa kuluu paljon energiaa nesteen lämmittämiseen. Pienennetty paine laskee nesteiden kiehumis- ja sitä kautta höyrystymispistettä. Kun komponenttien kiehumispisteet ovat lähekkäin, voidaan seokseen lisätä kolmas komponentti, jonka avulla aineiden kiehumispistettä saadaan muokattua kauemmas toisistaan ja ne saadaan helpommin eroteltavaan muotoon. (Kemppainen 2018, ss. 1–3)

7.5 Biodieselin valmistus

Biodieseliä voidaan varmistaa eri tavoin. Niin kutsuttuja ensimmäisen sukupolven biodieseleitä valmistetaan vaihto-, eli transesteröinnin kautta. Valmistusmäärät ovat kuitenkin melko pieniä. Toisen sukupolven biodieseliä voidaan valmistaa kaasutuksen kautta ja Neste Oil valmistaa uusiutuvaa dieseliä vedytyksen kautta.

7.5.1 Ensimmäisen sukupolven biodieselin valmistus

Biodieseliä voidaan valmistaa kasvi- ja eläinperäisistä öljyistä ja rasvoista, tai termokemiallisissa prosesseissa syntyvistä bioöljyistä. Ensimmäisen sukupolven biodieselissä käytetään vaihtoesteröintiä, eli transesteröintiä metanolilla tai etanolilla. Se on kolmivaiheinen valmistusmenetelmä, jossa triglyseridi muuttuu ensin diglyseridiksi, sitten monoglyseridiksi ja lopuksi glyseroliksi. Glyseroli on biodieselin sivutuote ja sitä voidaan käyttää edelleen lääketeollisuudessa, kosmetiikassa, tekstiilivalmistuksessa ja elintarviketeollisuudessa. Valmistusprosessi vaatii katalyyttinä alkoholia, vähintään kolminkertaisen määrän triglyseridin moolimäärään verrattuna, mutta suhteessa 6:1 on päästy jopa 98 % saantoihin. Biodieseliä voidaan valmistaa myös pyrolyysin tai kaasutuksen kautta. (Nest, 2018, ss. 4–9)

Biodieseliä voidaan käyttää polttoaineena sellaisenaan tai sekoitettuna fossiilisista öljyistä valmistetun dieselin kanssa. Etuutena biodieselissä perinteisiin dieseleihin on biohajoavuus, pienemmät päästöt (CO₂, CO, SO₂), pienemmät hiukkas- ja hiilivetyypäästöt, korkeampi leimahduspiste, alhainen toksisuus, turvallisempi käsittely ja erinomaiset voiteluominaisuudet. Käytössä on huomioitava myös joitakin heikkouksia perinteiseen dieseliin verrattaessa. Sellaisia voivat olla alemmat lämpöarvot, alempi hyötykapasiteetti, korkeampi viskositeetti ja hapettumiskesto, kuparia ja messinkiä syövyttävät ominaisuudet, korkeampi same- ja jähmepiste, luonnonkumitiivisteiden ja -letkujen heikentyminen, sekä mahdollinen moottoria kuluttavampi vaikutus. (Mäihäniemi, 2008, ss. 35–39)

7.5.2 Toisen sukupolven biodieselin valmistus

Niin kutsutun toisen sukupolven biodieselin valmistusmenetelmänä on tuottaminen kaasutuksen kautta biomassoista. Kaasutus on termokemiallinen konversiomenetelmä, jonka tuotoksena saadaan raakakaasua. Raakakaasu puhdistetaan ja prosessoidaan synteetikaasuksi. Synteetikaasusta prosessoidaan bioraakaöljyä, josta jalostetaan biodieseliä. Tällä menetelmällä valmistetusta biodieselista käytetään lyhennettä Btl (Biomass to Liquid) ja sitä kutsutaan myös ns. toisen sukupolven biodieseliksi. (Dimitriou & ym. 2018)

7.5.3 Uusiutuvan dieselin valmistus

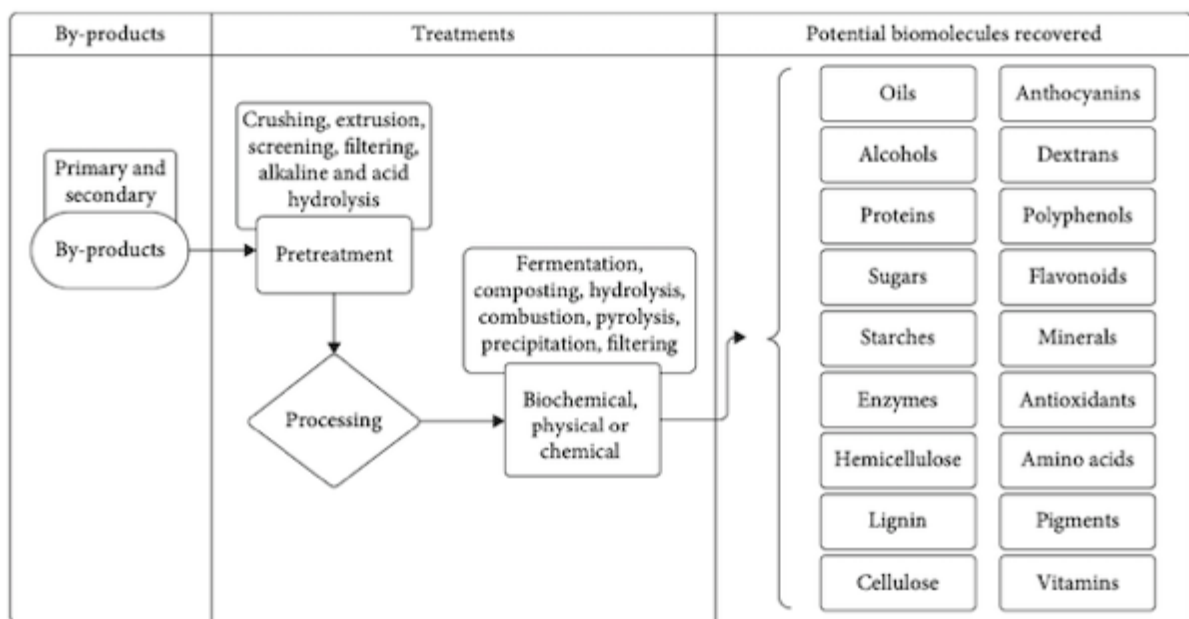
Neste Oil on kehittänyt oman menetelmän lyhenteellä NEXBTL (Next Generation Biomass to Liquid) kutsutun toisen sukupolven uusiutuvan dieselin valmistuksessa. Sen valmistamisessa käytetään raaka-aineena kasvis- ja eläinrasvoja. Esimerkiksi elintarviketeollisuuden kasvi- tai eläinperäisiä jäteöljyjä ja -rasvoja. Esikäsittelyssä raaka-aineet puhdistetaan fosforihapon, natriumhydroksidin ja veden seoksella. Tässä prosessissa raaka-aineen rasvat muuttuvat rasvahapoiksi. Rasvahapot käsitellään vedyllä korkeassa, jopa 450 °C, lämpötilassa hydraulisen paineen alla. Tämän jälkeen seos muunnetaan isomeroinnin avulla, stabiloidaan ja lopuksi erotellaan uusiutuva diesel ja muut komponentit seoksesta. Isomeroinnin yhteydessä voidaan säätää samepistettä jopa -34 °C asti, joten talvikäyttö ja kylmävarastointi eivät muodostu ongelmaksi. Prosessissa syntyy jäteveettä, joka voidaan käsitellä ja kierrättää edelleen ja kiinteää jätettä, jota voidaan kuivauksen jälkeen käyttää energiatuotannossa. (Saavalainen, 2014, ss. 5–7, ks. myös Neste, n.d.)

Uusiutuvaa dieseliä voidaan käyttää polttoaineena sellaisenaan, tai sekoitettuna perinteisen dieselin kanssa. Etuutena uusiutuvassa dieselissä perinteisiin dieselihin verrattuna on biohajoavuus ja pienemmät päästöt, esimerkiksi Nesteen uusiutuvassa dieselissä ei ole lainkaan rikkiä tai aromaattisia hiilivetyjä. Myös hiukkaspäästöt ja typenoksidipäästöt ovat huomattavasti alhaisemmat. Setaaniluku on korkea, joten polttoaine syttyy moottorissa nopeasti ja helpottaa kylmäkäynnistystä. Nesteen uusiutuvan dieselin säilyvyys on hyvä, joten varastointiaika voi olla jopa yhtä pitkä kuin perinteisellä dieselillä. (Neste, n.d.)

8 Biomassoista saatavia biokomponentteja

Ruokatuotannon sivuvirtojen biomassasta on mahdollista saada käsittelytekniikoilla erotettua useita arvojakeiksi luokiteltuja biokomponentteja (Kuva 18). Näitä ovat esimerkiksi ravintokuitu, aromiaineet (terpeenit), antioksidantit, oligosakkaridit, vitamiinit, pektiini, entsyymit, pigmentit ja orgaaniset hapot.

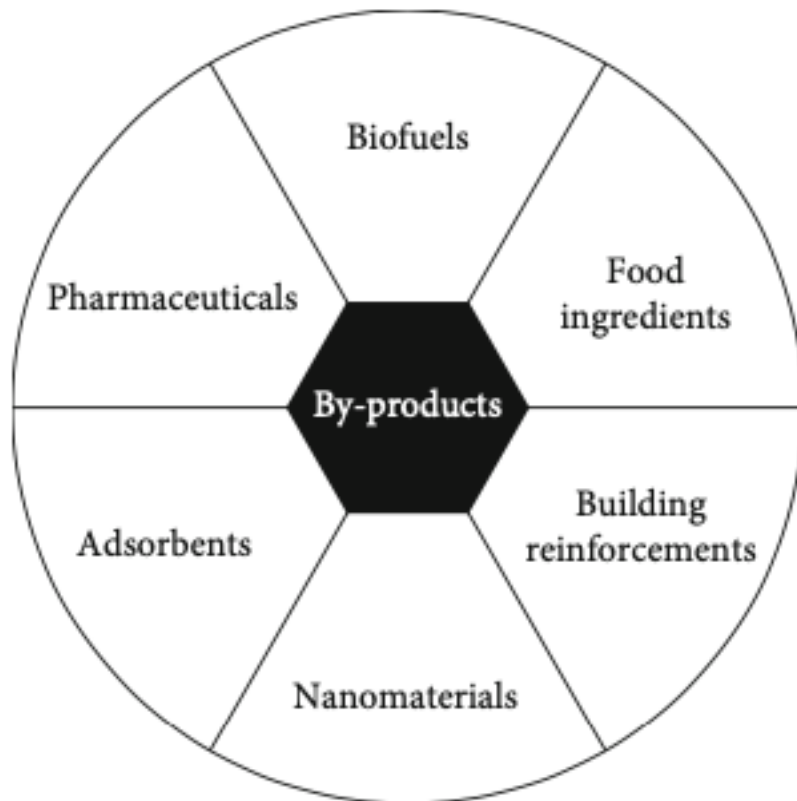
Kuva 16. Ruokatuotannon sivuvirroista saatavia biokomponentteja (Almaraz-Sánchez & ym. 2022, s. 3).



Ruokatuotannon sivuvirroista saatavien arvojakeiden ja ainesosien käyttökohteita on monilla eri teollisuudenaloilla. Niitä voidaan käyttää esimerkiksi lääketeollisuudessa, kosmetiikassa, biopolttoaineiden valmistuksessa, elintarvikkeiden lisä- ja raaka-aineina, nanomateriaalien ainesosina ja biomuovien ja muiden biomateriaalien valmistuksessa (Kuva 19).

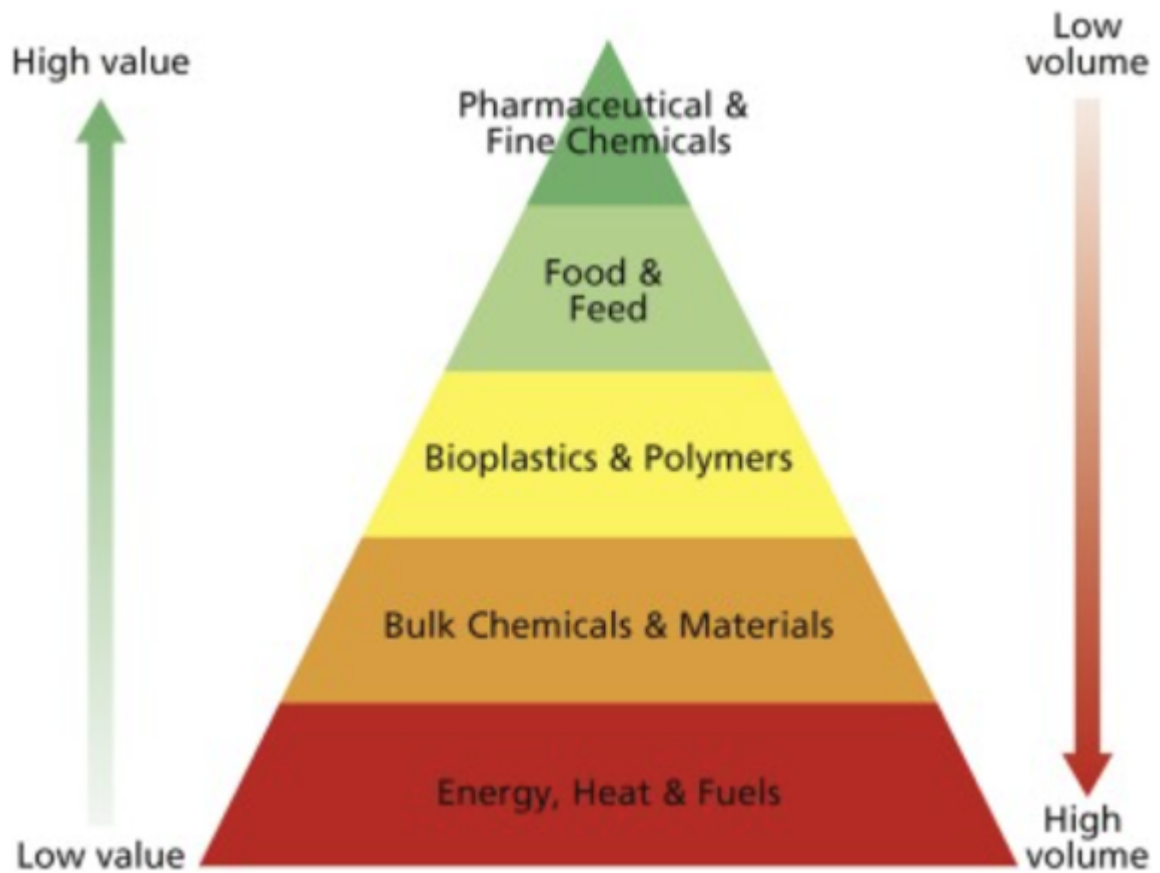
Ruokatuotannon jätteen ja sivuvirtojen käytön uusia mahdollisuuksia ja niiden käytöstä koituvia etuja tuotteissa ja materiaaleissa tutkitaan jatkuvasti.

Kuva 17. Ruokatuotannon sivuvirroista saatavien biokomponenttien käyttökohteita (Almaraz-Sánchez & ym. 2022, s. 3).



Biomassojen hyödyntämisessä saatavien biokomponenttien arvoa ja toisaalta hyödynnettävien biomassojen määrää kuvaa osuvasti arvopyramidi (Kuva 20). Olisi erittäin tärkeää, että biomassoista eroteltaisiin tarkkaan ensin arvokkaimmat biokomponentit, ennen muuta hyödyntämistä. Biomassoja on mahdollista käsitellä useilla menetelmillä, arvopyramidin huipulta alas päin, ennen lopullista hyödyntämistä bioenergiana, tai kompostoinnissa. Arvokomponenttien erottelun menetelmät ja niistä aiheutuvat kustannukset saattavat vaikuttaa biomassan käsittelyyn. Arvokomponenteista saatava taloudellinen-, ympäristö- ja ilmastohyöty, tai rajallisesti saatavilla olevien ainesosasten erottelu ja kierrätys voivat kuitenkin tuottaa sellaista arvoa, jonka vuoksi eri menetelmiin panostaminen kannattaa.

Kuva 18. Biomassojen hyödyntämisen arvopyramidi (Stegmann, Londo & Junginger, 2020).



9 Haasteita sivuvirtojen hyödyntämisessä

Sivuvirtojen hyödyntämisessä on vielä useita voitettavia haasteita. Biomassojen epätasainen muodostuminen maantieteellisesti aiheuttaa logistiikkaongelmaa. Toisaalla saattaisi olla tarvetta esimerkiksi lisätä maan pieneliöstötoimintaa, sekä ravinnepitoisuutta, joka olisi toteutettavissa säädösten mukaisella lantamassojen levityksellä. Mikäli lähitienoolla ei ole tuotantoeläintiloja, lannan kuljetus tuottaa kuluja, jotka ovat polttoaineiden hinnan nousun vuoksi entistä korkeampia. Eläintuotantoon keskittyneillä alueilla taas saattaa olla liikakuormitusta ravinteista. Kyseessä siinä tapauksessa ympäristön kannalta ongelmallinen tilanne, liika ravinnekuorma saattaa johtaa ongelmiin kasvussa, tuholaisten tai kasvitautien esiintymisessä, sekä riskiä vesistön rehevöitymiseen valumavesien vuoksi. Esimerkkinä Luonnonvarakeskuksen biomassa-atlas on suunniteltu lähialueiden biomassojen kartoitukseen ja sitä kautta niiden parempaan hyödyntämiseen.

Nousseet energiakustannukset nostavat biomassan käsittelyn kustannuksia. Tarvittavan käsittelytekniikan hankintahinnan lisäksi käyttökustannukset voivat nostaa käsittelyn kokonaispanosta niin korkeaksi, että lopullinen tuote ei kata kustannuksia riittävästi. Yhteistyö käsittelylaitosten ja lähialueen jalostustuotannon kanssa voi johtaa hedelmälliseen yhteistyöhön, joka hyödyttää kaikkia osapuolia.

Erityisesti alkutuotannon yrityksissä ei välttämättä ole resursseja niin ajallisesti, kuin taloudellisestikaan biomassojen tehokkaamman käytön suunnitteluun. Tiukka taloudellinen tilanne on ajanut maatalouden yrityksiä niin ahtaalle, että riittävän toimeentulon saamisessa ja toiminnan jatkumisessa on riittävästi huolta kannettavaksi, eikä kiinnostusta riitä toiminnan muutoksille tai uusien menetelmien ja yhteistyöprosessien käynnistämiseksi. Yritysten jätehuollon ja kiertotalouden suunnittelun alalla onkin varmasti tulevaisuudessa työtä ja siihen olisi saatava myös panoksia.

Ruokatuotannossa ei kaikilla toimijoilla ole tietotaitoa sivuvirtojen valorisoinnin mahdollisuuksista, vaatimuksista, eikä tekniikoista. Yhteistyötä, koulutusta ja kursseja tarvitaan tiedon ja taidon jakamiseksi. Hyvien käytänteiden ja säädösten tunteminen auttavat turvallisen ja kannattavan toiminnan eri vaihtoehtojen vertailemisessa ja valinnassa. Case-esimerkit voivat antaa innostusta ja ideoita uusille toimijoille. Ruokatuotannon kannattavuuden lisäämiseksi olisi kaiken kaikkiaan lisättävä kaikilla tasoilla yhteistyötä ja sysätä sivuun turhat kilpailuasetelmat, mikäli yhteistyö voisi johtaa uudelle tasolle liiketoiminnan kannattavuuden ja kestävyuden kannalta. Hyvän yhteistyökumppanin kanssa tuotteiden kehittäminen, myynti ja markkinointi voi käydä helpommin.

10 Oppimisen prosessista

Opiskelun avulla saatavat tiedot ja taidot voivat parhaimmillaan herättää uteliaisuutta, luovuutta ja rohkeutta, sekä ymmärrystä ja arvostusta niin muita kanssakulkijoita, kuin ympäristöäkin kohtaan. Näitä taitoja tarvitaan läpi elämän ja ne auttavat löytämään uusia ratkaisuja hankalissakin tilanteissa ja puskuroimaan muuttuvia olosuhteita. (Salmela-Aro, 2018, ss. 9–10)

10.1 Haasteita opiskelussa

Viime aikojen suuret muutokset, erityisesti koronapandemiasta johtuneet suuret murrokset opiskelussa, ovat vaikuttaneet merkittävästi opiskelun käytäntöihin. Opiskelijat ovat kokeneet lisääntyvää yksinäisyyttä, stressiä ja ahdistusta (Helin & Hyytiä, 2021, s. 47). Pitkäkestoinen stressi ja uupumuksen tunteet voivat aiheuttaa opiskelijalle merkityksettömyyden tunnetta niin itseään kohtaan opiskelijana, kuin koko opiskelua kohtaan. Tätä tilannetta käsitellään opiskelu-uupumuksena. Sen ehkäisy onkin ollut viime aikoina polttavana puheenaiheena. Opiskeluissa pyritään löytämään keinoja tukea opiskelijoiden kokonaisvaltaista hyvinvointia ja nostamaan opiskeluintoa. Opiskeluinto voi lisätä tyytyväisyyttä ja innokkuutta muillakin elämän osa-alueilla. (Salmela-Aro, 2018, ss. 26–27)

Henkilökohtaisiin opiskelemiseen vaikuttaviin ominaisuuksiin voivat olla syynä aiemmat opiskelukokemukset, niistä saatu palaute ja tuntemukset (Salmela-Aro, 2018, s.114). Aiemmat opiskelun suuntaviivat ovat voineet värittää opiskelumailmaa kohtalaisen ankeaksi. Esimerkiksi Madsen & Egidius ohjasivat kirjassaan ”Oppiminen ja Motivaatio” vuodelta 1974 seuraavasti (s. 59): ”Ulkoinen tuloksesta annettu tieto sisältää kiitosta ja moitetta, niin että oppilaiden omille suorituksille asettamista vaatimuksista tulee sopivan korkeita. Virheitä ja ansioita koskevat huomautukset kuuluvat myös tähän kohtaan.” Riittävästi moitetta ja huomautuksia aikanaan saaneilla saattaa opiskelemiseen yhdistettävät ajatukset ja tunteet olla melko negatiivisia. Positiivista opiskelumotivaatiota voidaan herätellä mm. mahdollistamalla onnistumisia, lisäämällä osaamisen tunnetta ja hyvää mieltä, herättämällä uteliaisuutta. (Päivänsalo, 2020, s. 266)

10.2 Opiskelumotivaation nostaminen

Opiskeluintoa voidaan nostaa monin eri tavoin. Siihen vaikuttavat kunkin henkilökohtaiset ominaisuudet, intoa nostattava ja tukea antava ympäristö ja hyvä sosiaalinen verkosto. Läheiset voivat tukea, kaveriporukka innostaa ja koulun puolelta kaikki saatava tukiverkko kannustaa eteenpäin opiskeluissa. Koulun osuus on siis vain yksi osatekijä, tosin merkittävä tekijä, opiskeluinnotuksen ja – motivaation ylläpitäjänä. Onnistumisen ja osaamisen

tunteita tulisi pyrkiä saamaan kaikkien opiskelijoiden ulottuville, tukemalla kunkin omia vahvuuksia. (Salmela-Aro, 2018, s. 31) Verkossa tapahtuvalla opiskelulla motivaatiolla on valtava merkitys, sillä opiskeleminen vaatii itseohjautuvuutta ja opintojen hyväksi tehtävää työtä, mahdollisesti ilman opiskelulle säädettyä aloitusaikaa (Vainionpää, 2006, s. 51)

Opiskelumotivaation lisäämiseksi olisi hyvä saada kiteytettyä opiskeltavan asian merkityksellisyys ja hyöty käytännön elämään. (Salmela-Aro, 2018, s. 114) Uusia tietoja ja taitoja tulisi saada yhdistettyä jo opittuihin asioihin ja omiin arvoihin, jotta ne voisivat johtaa ilmiöiden parempaan ymmärtämiseen, tai jonkun taidon kehittymiseen. Kokonaisuuksien ymmärtäminen ja muistaminen helpottuu, eikä opiskeleminen ole silloin vain pintapuolista yksittäisten tietomurujen noukkimista. (Päivänsalo, 2020, s. 124)

10.3 Oppimateriaalin osuus motivaatiossa

Opiskeluintoa ja positiivisia opiskelukokemuksia ei saavuteta niin helpolla aineistolla, että se ei haasta opiskelijaa millään tasolla. Toisaalta liian suuret haasteet voivat lannistaa. Opiskelijoiden eritasoiset lähtökohdat asettavatkin riman hankalaksi asetettavaksi niin opetustavan, kuin siihen laadittavan materiaalin suhteen. Näiden tulisi ottaa huomioon opiskelijan mahdollisuuksia valita: ”perehdyinkö vain perusaineistoon, vai haluanko aiheeseen omien vankkojen pohjatietojeni lisäksi syvempää näkemystä?”. Silloin kun opiskelijan omat taidot, opetustapojen ja -materiaalin sopivat haasteet ja niihin yhdistetty kiinnostavuus, yllättävyys, tai merkityksellisyys ovat hyvässä tasapainossa, oppimisen prosessi voi olla erityisen antoisaa. (Salmela-Aro, 2018, ss. 29–30)

Oppimateriaali voi alkuun herättää kiinnostusta, esimerkiksi innostavuudella, hauskuudella tai yllätyksellisyydellä (Salmela-Aro, 2018, s.200). Liian yksitoikkoinen tai virikeköyhä oppimisympäristö voi saada keskittymiskyvyn herpaantumaan, välitavoitteiden asettaminen ja niiden saavuttamisesta saatava hyvä palaute taas kannustavat (Päivänsalo, 2020, s. 91). Oppimateriaalissa voidaan käyttää avoimia kysymyksiä, tai ongelmatilanteiden ratkaisemista opiskelun aktiivisuutta ja tiedon muokkaamista ohjaavina keinoina (Päivänsalo, 2020, s. 93). Kiinnostuksen ylläpitämisessä tarvitaan opiskeltavan asian merkityksellisyyden avaamista ja ymmärtämistä opiskelijalle itselleen. Kun opiskeltava aihe koetaan tärkeäksi, voi se lisätä

henkilökohtaista kiinnostusta, jolloin opiskeltavat asiat aletaan kokea positiivisena ja niihin liittyvää tietoa halutaan etsiä aktiivisemmin. Kunkin yksilön omat mielenkiinnon kohteet tai tavoitteet vaikuttavat siihen, mitkä opiskeluaiheet lopulta sytyttävät, ei olekaan realistista ajatella kaikkien olevan kiinnostuneita samoista opiskelukokonaisuuksista. (Salmela-Aro, 2018, ss. 201–203)

Opiskelijaa saattaa helpottaa oppimateriaalista löytyvä joustavuus, esimerkiksi tehtävä, jonka aiheen opiskelija voi valita, joko vapaasti, tai ennalta annetulta listalta. Toisaalta oppimisen hyödyn voi liittää tehtävänantoon, jossa kerrotaan mitä oivalluksia voi saada, tai mitä käsitteitä ymmärtää paremmin tehtävän tehtyään. (Päivänsalo, 2020, ss. 112–114)

Oppimateriaalin selkeys varmistaa, että opiskelijan on mahdollista keskittyä olennaisiin asioihin (Päivänsalo, 2020, s. 277) Verkko-opiskelussa selkeys on erityisen tärkeää, sillä sähköisestä materiaalista saatava tieto saattaa olla ainoana tietolähteenä (Vainionpää, 2006, s. 51) Kuvat voivat selventää, avata, havainnollistaa ja piristää aineistoa (Vainionpää, 2006, s. 84) Kysymyksillä herätellään ajattelua ja niiden kautta voidaan huomata, miksi tieto on tarpeellista ja mihin sitä voidaan käyttää, miten soveltaa käytäntöön (Päivänsalo 2020, s. 125). Oppimisen rutineja voi helpottaa valmiiksi saatujen kokonaisuuksien ja etenemisen seurannan mahdollisuus (Päivänsalo, 2020, s. 118). Harjoittelu, asioiden toistaminen, tavoitteellisuus ja taidon oppimisen tavoitteet kehittävät opiskeluissa (Päivänsalo, 2020, ss. 238,239).

Kysymyksiä voi kohdentaa tietoa soveltaviksi: Miksi, miten asia olisi erilainen, jos, millä perusteella, entä jos, oletetaan että, mitä varten, mikä muuttuisi jos? (Päivänsalo, 2020, s. 138). tai uteliaisuutta herättäväksi, tietoa kartoittamaan, tärkeyttä, mieleen palauttamista ja epätietoisuuden ilmi tuomista (Päivänsalo, 2020, ss. 141–146). Esimerkit tai tarinat havainnollistavat tietoa (päivänsalo, 2020, ss. 168–170). Muistiin painamisen apuna voi käyttää seuraavia menetelmiä: Lyhyet soveltavat tehtävät, oppimispäiväkirjan kirjoittaminen, essee, asian selittäminen tosille, kolmen tärkeimmän asian kirjoittaminen muistiin, käsitekartan tekeminen, oppimiskerran sisällön kertaus väitteiden tai monivalintatehtävien avulla, harjoituskoe, ryhmätyö ja esitys, koe (Päivänsalo, 2020, ss. 207–211)

Ymmärtämisen askeleita (Päivänsalo, 2020, s. 126)

- 1) Kysy: Mikä ihmetyttää? Mitä haluat tietää?
- 2) Havainnoi: Katso tarkasti, mitä huomaat?
- 3) Liitä: Miten liittyy siihen mitä jo tiedetään?
- 4) Perustele: Miksi olet tätä mieltä, mikä tukee väitettä?
- 5) Vaihda näkökulmaa: Miten asiaa voi tarkastella toisella tavalla?
- 6) Syvennä: Mitä pinnan alla moniulotteisena ja kiinnostavana?
- 7) Tee johtopäätöksiä: Milloin asian ytimessä ja mitä siitä seuraa?

Oppimateriaalia voidaan muokata ja kehittää saatavien palautteiden mukaan, mutta myös tietojen muuttumisen, tai ajan kulumisen vuoksi. Materiaalia laadittaessa kannattaa sen muokattavuutta miettiä valmiiksi. Tietojen ajankohtaisuus ja luotettavuus on ylläpidettävää aineistoa. (Vainionpää, 2006, s.99)

10.4 Vuorovaikutus ja verkko-opiskelu

Opiskelussa vuorovaikutus niin opettajan, kuin muiden opiskelijoiden kanssa voi avata uusia ajatuksia, lisätä yhteenkuuluvuutta ja toimia opiskelumotivaation hyvänä kohottajana (Salmela-Aro, 2018, s. 191). Kannustus ja rohkaisu pitää yllä myönteistä ilmapiiriä. Opettajan innostus opettamastaan asiasta, jopa hänen hyväntuulisuuksensa, välittyy opiskelijoille, joiden motivaatio ja kiinnostus nousee tämän ansiosta. (Päivänsalo, 2020, ss. 287, 303)

Opetuksen ja opettajan myönteinen suhtautuminen ja mieliala koetaan opetuksen laatua nostavana. Myönteistä, opiskeluintoa ylläpitävää ilmapiiriä voi opiskelijoiden mukaan nostaa seuraavat seikat:

- 1) Riittävä määrä esimerkkejä
- 2) Selkeät ja kattavat selitykset asioista ja ilmiöistä
- 3) Opetettavan aiheen linkittäminen arkielämästä löytyviin asioihin ja esimerkkeihin
- 4) Opettajan innostus

Opiskelussa ryhmän tuki voi olla opiskelupaineita helpottava puskuri. Ryhmän yhteenkuuluvuus ja sen kesken jaetut opiskelun ilot ja paineet voivat helpottaa opiskelun kuormitusta ja palautumista opiskelun kiireisimmistä periodeista. (Päivänsalo, 2020, s. 315) Pari-, tai ryhmätyöt paitsi opettavat yhteistyötaitoja, myös avaavat uusia näkökulmia asioista toisen näkemyksen ja kokemuksen mukaan jaettuna. (Päivänsalo, 2020, s. 327) Verkko-opiskelun haasteena onkin, miten välittää ryhmän tuki ja opettajan innostus oppimateriaaliin. Vuorovaikutus on kuitenkin mahdollista myös verkko-opiskelussa, vaikkakin se on usein viiveellä tapahtuvaa, verkossa käytävää keskustelua, kommentointia, tai palautteen antamista. Viestinnän ja ohjauksen verkosto on luotava ja sen ylläpidosta on huolehdittava. (Vainionpää 2006, ss. 50–51)

10.5 Palautteen antaminen opiskelijalle

Säännöllinen palaute, antaa sen sitten opettaja, tai tekninen oppimateriaalisältö, antaa opiskelijalle arvokasta tietoa edistymisestä. Verkossa tapahtuvassa opiskelussa täytyy automaattisesta palautteesta huolimatta seurata opiskelijoiden edistymistä opinnoissaan, ja tavoitteiden saavuttamista. (Vainionpää, 2006, s. 51) Näin seuraten voi saada nopeasti kiinni myös siitä, onko materiaali toimivaa ja innostavaa, viestintä selkeää ja tavoitteet saavutettavissa. Lämmin, ymmärtävä ja yksilöä kunnioittava palaute ja ohjaaminen tukee opiskelijan motivaatiota jatkaa opiskelua ja syventää tietojään (Päivänsalo, 2020, ss. 277–278).

Riittävä pohjatieto antaa suuntaa syvempien tietojen ja taitojen sisäistämiseksi ja kokonaisuuksien hahmottamiselle. Sopivan tasoiset harjoitukset auttavat kehittymään asteittain seuraavalle tasolle. Uusien tietojen linkittäminen asiayhteyksiinsä, olemassa olevaan tietoon tai uuteen tietoon perustuviin uusiin ajatus- ja toimintamalleihin johtaa kokonaisuuksien näkemiseen uudessa valossa. Omista virheistä, heikoista päätelmistä ja toiminnan arvioinnista voi saada arvokasta pohjaa siihen, mitä asioita kannattaa vielä harjoitella, mihin panostaa. Opetusmateriaalikin voi antaa palautetta, muistaen, että kaikki työ on harjoitusta, missään asioissa ei voi tulla täysin valmiiksi, eivätkä yksittäiset suoritukset määritä koko työn arvoa. (Päivänsalo, 2020, ss. 243, 245–248). Palautteen tulisikin keskittyä enemmän onnistumisiin, sillä uuden edessä virheitä tehdään niin ajattelun, kuin käytännön

tasolla. Silloin, kun onnistumisia juhlitaan äänekkäämmin, on virheisiin helpompi suhtautua neutraalimmin, oppimisen kannalta matkan varrella osuvina mutkina. (Päivänsalo, 2020, ss. 292–293)

Verkko-opiskelussa opiskelujen arvioimisessa suunnitellaan ja määritellään tarkasti arviointikriteerit. Arvioinnin työkaluja voidaan linkittää materiaaliin. Tehtäviä voidaan laatia sellaisiksi, että ne on suoritettava järjestyksessä läpäisten vaiheet, tai palasina opiskelijan saaden välittömän palautteen suoriutumisesta. Itsearviointi ja opiskelun etenemisen seuranta auttavat havaitsemaan omien tietojen ja taitojen ymmärtämistä suhteessa tavoitteisiin. Vertaisarviointi voi olla hyvä menetelmä esimerkiksi ryhmätehtävien arvioinnin menetelmänä. (Vainionpää, 2006, ss. 52.53)

11 Oppimateriaalin suunnittelu ja toteutus

Hankkeeseen tuotettavaa oppimateriaalia alettiin kokoamaan heti, kun perustietoja oli kerrytetty riittävästi. Ideana oli tehdä ensin suuntaa antavia esitysdioja, materiaaliin liittyviä tehtäviä ja koota tarvittavaa lisäaineistoa. Perusmenetelmistä kerrottiin hankkeen palaverissa ja keskusteltiin yhteisistä linjauksista oppimateriaalin kokoamisen suhteen. Hankkeen osapuolilla oli toivomus saada mukaan vielä enemmän tekstiaineistoa kustakin opinto-osuudesta, sen perustiedoista ja -lähtökohdista, jota opiskelija voisi hyödyntää.

11.1 Materiaalin välipilotointi

Laaditun esitysmateriaalin avulla pidettiin pilottitunnit niin päivä-, kuin monimuoto-opetuksessakin ensimmäisen vuoden AMK- opiskelijoille. Alkutuotannon sivuvirrat jätettiin tästä oppimateriaalista (**Liite 1**) sivuun ja keskityttiin elintarviketuotannon sivuvirtoihin. Pilottitunneilta saatiin opiskelijapalautetta materiaalin hyödyllisyyden ja sen kiinnostavuuden puolesta. Opiskelijat antoivat palautetta myös siihen, saivatko he tuntien aikana uutta tietoa sivuvirtojen hyödyntämisestä. Lisäksi opiskelijoilla oli mahdollisuus antaa vapaata palautetta materiaalista, tunnista, tai opetuksesta. Tunnin yhteydessä pidettiin lyhyt monivalintatesti, jonka avulla saatiin tietoa opetuksen selkeydestä ja tiedon välityksen onnistumisesta. Päiväopiskelijoiden monivalintatestissä (**Liite 2**) oli 6 kysymystä tai väitettä

ja monimuoto-opiskelijoiden sähköisessä monivalintatestissä (**Liite 3**) 12 kysymystä tai väitettä. Monivalintatestien arvosana ei vaikuttanut opintojen arvosanaan, vaan sen avulla pyrittiin saamaan suuntaa oppimateriaalin selkeydestä ja kiinnostavuudesta.

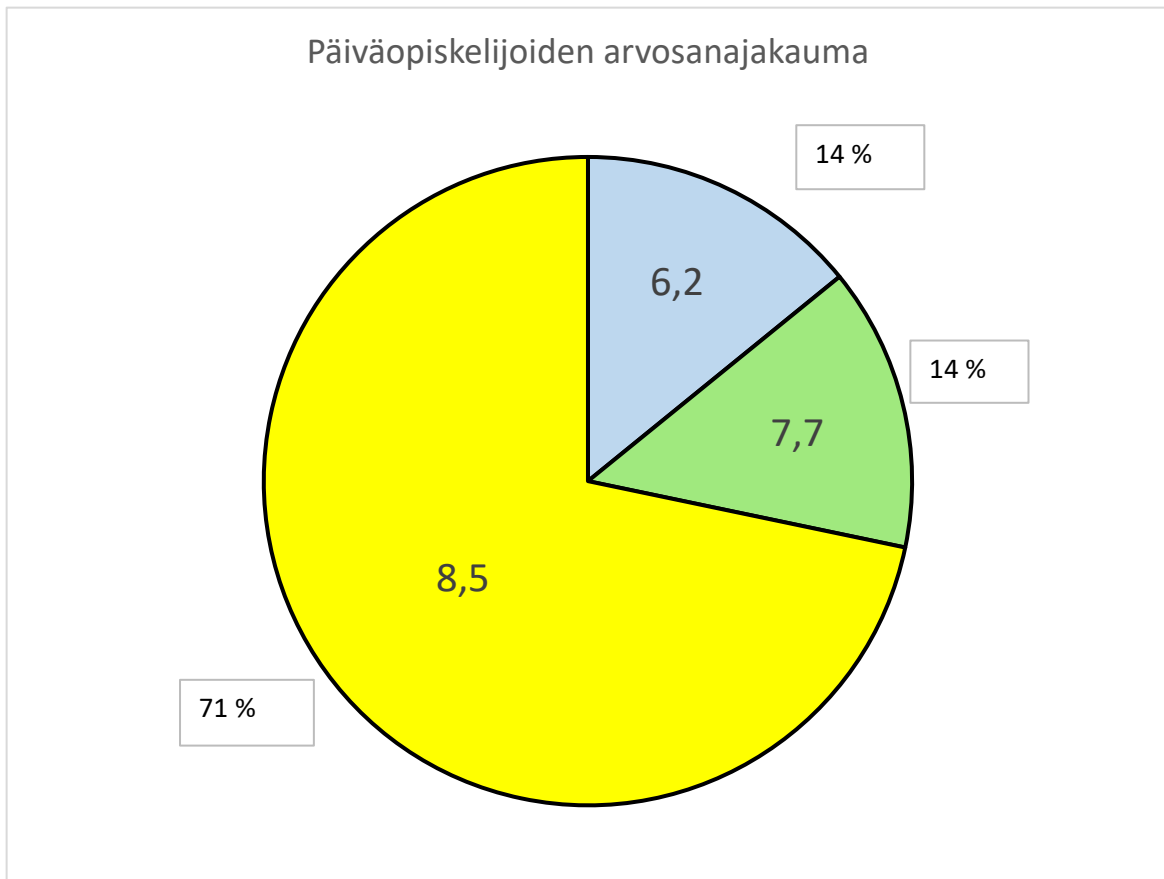
11.2 Välipilotoinnin tuloksia päiväopiskelijoilta

Päiväopiskelijoille pidettiin hieman vajaan kolmen tunnin luento, jonka puolivälissä käytiin keskustelua ryhmissä mieltien vastauksia kysymykseen: ”Miten sivuvirtojen määrää voi vähentää?”. Opiskelijat esittivät luennon lomassa muutamia tarkentavia kysymyksiä. Keskustelua käytiin muutaman opiskelijan kanssa myös tauon yhteydessä. Joillakin opiskelijoilla oli omakohtaisia kokemuksia joidenkin sivuvirtojen käsittelystä työnsä puolesta.

Päiväopiskelijoille laadittu lyhyt monivalintatesti tehtiin heti tuntien päätteeksi.

Testituloksen keskiarvoksi muodostui 8,03 / 10,00. Arvosanjakauma kokonaisuudessaan kuvassa 21. Aiheen laajuuden ja sen käsittelyyn käytetyn ajan huomioiden, yhdistettynä lähitunnin ajankohtaan, joka oli perjantaiamuna, voidaan testin tuloksia ja arvosanoja pitää hyvänä. Monet opiskelijat kokivat käsiteltyjen asioiden olevan ainakin jossakin määrin uutta tietoa.

Kuva 19. Päiväopiskelijoiden monivalintatestin arvosanjakauma (Voimanen, 2023).



Opiskeliijoista 60 % vastasi oikein 85 % kysymyksistä. 71 % opiskeliijoista valitsi kysymyksen ”Mitkä seikat pitävät paikkansa koskien eläinperäisiä sivuvirtoja” virheellisen väittämän ”Riskiluokitus on jaettu viiteen kategoriaan”. 43 % opiskeliijoista valitsi kysymyksen ”Miten biokemialliset käsittelyt vaikuttavat virheellisen väittämän ”Kompostointi hajottaa orgaanista ainesta hapettomissa olosuhteissa. Eläinperäisten sivuvirtojen käsittelyä koskevia lakeja ja asetuksia oli liitetty esitysaineistoon hyperlinkkeinä ja niihin kannustettiin tutustumaan paremmin omalla ajalla, joten opiskelijoiden on mahdollista syventyä paremmin niihin vielä itsenäisesti. Kompostoinnin ja mädätyksen sekoittaminen saattoi johtaa siihen, että kompostoinnin ajateltiin tapahtuvan hapettomissa olosuhteissa. Jätelain muutosten myötä kompostoinnin käytänteet saattavat tulla tutummaksi kotitalousjätteen kompostoinnin myötä opiskeliijoillekin.

Oikeista väittämistä valitsematta jäi eniten kysymyksen ” Mitkä seikat pitävät paikkansa koskien eläinperäisiä sivuvirtoja” väittäjä ”Kategoria 1 koskee suurimman riskin tuotteita”.

57 % opiskelijoista jätti valitsematta väittämän. 43 % opiskelijoista jätti valitsematta oikeat väittämät kysymyksen ”Mitä etuja ruokasienten kasvatuksessa elintarvikebiomassoissa on?” väittämiin ”Se on helppoa” ja ” Sienten avulla voidaan tuottaa arvokkaita yhdisteitä muille tuotantoaloille”. Muissa vastaamatta jätetyissä oikeissa väittämissä ei ollut näin merkittäviä yhtenäisiä osumia samoihin väittämiin. Eläinperäisten sivuvirtojen käsittelyyn liittyvässä kysymyksessä oli haastetta myös oikeiden väittämien suhteen. Mahdollisesti esityksessä on kiinnittynyt huomio enemmän riskin syihin, jotka ovat eläinperäiset infektiot ja zoonoosit, kuin riskiluokitukseen. Sienten kasvattaminen elintarvikebiomassoissa on mahdollisesti ollut uutta tietoa opiskelijoille. Siksi kasvatuksen helppous ei ehkä ole ollut helppoa sisäistää. Joillakin saattaa olla sienten ruokakäyttöä kohtaan myös ennakkoluuloja, jotka voivat vaikuttaa niiden näkemiseen arvokkaina organismeina.

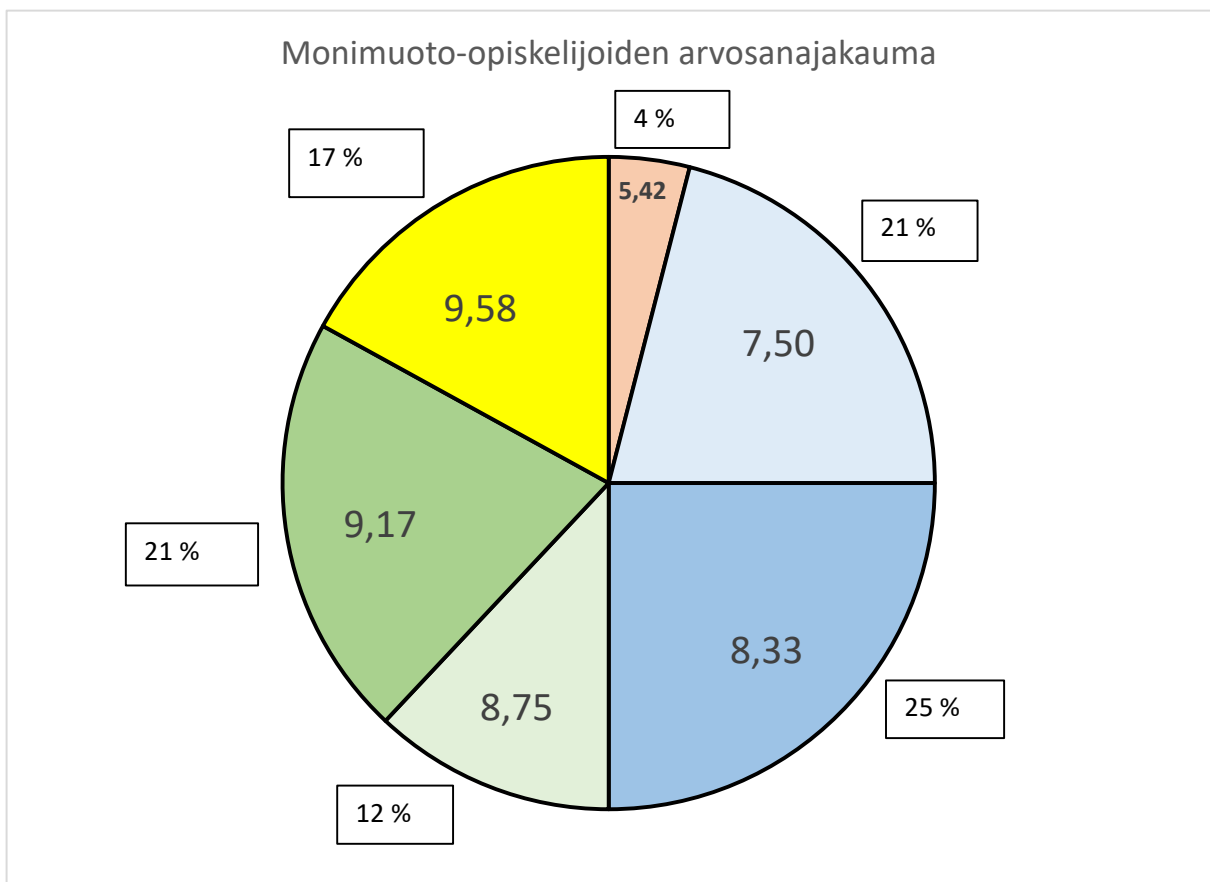
Kaikki päiväopetukseen osallistuneet kokivat tuntien aineiston hyödyllisenä. 43 % opiskelijoista mainitsi vielä erikseen aineiston olleen kiinnostava ja mielenkiintoinen. Kaikki kokivat saaneensa uutta tietoa. Erikseen uutena tietona mainittiin käsitellyt sivuvirrat, niiden käsittelyprosessit ja erityisesti bioprosessit. Mielenkiintoisimpia aiheita tiedusteltaessa hajontaa oli enemmän. Tuloksena voidaan pitää, että jokainen opiskelija koki jonkun käsitellyistä asioista mielenkiintoisena ja kaikki toivat esille mielipiteensä kysymykseen avoimesti. Vapaassa palautteessa tuotiin esille esimerkiksi seuraavia seikkoja: ”materiaali selkeä, monipuolinen ja mielenkiintoinen”, kiinnostavaa kuunneltavaa, mukava seurata”, ”paljon asiaa, mutta tuotu hyvin esille”, ”kalvot ja esitys herättivät mielenkiinnon opiskella ja kuulla lisää”. Kaikki päiväopiskelijoiden vapaa palaute ja kommentointi oli positiivista.

11.3 Välipilotoinnin tuloksia monimuoto-opiskelijoilta

Monimuoto-opiskelijoille varattiin mahdollisuus kuunnella luento sähköisenä Moodle-oppimisolustan kautta. Lyhyessä, tunnin mittaisessa etätapaamisessa käytiin luentomateriaali kuitenkin läpi pääpiirteittäin. Opiskelijoille annettiin mahdollisuus suorittaa sähköinen monivalintatentti heti etätapaamisen jälkeen valitsemanaan ajankohtana. Monimuoto-opiskelijoilta pyydettiin myös sähköinen palaute samoin kysymyksiin, kuin päiväopetukseen osallistuneilta opiskelijoilta.

Monimuoto-opiskelijoiden sähköisen monivalintatestin tulosten keskiarvoksi tuli 8,47 / 10,00. Keskiarvo laskettiin ensimmäisen suorituskerran tuloksista. Arvosanjakauma kuvassa 22. Sähköisen testin suorituskertoja ei rajattu, joten uusimalla testiä, tulosta oli mahdollista nostaa helposti täysiin pisteisiin. Arvosanojen hajontaa sähköisen testin suorittaneilla oli huomattavasti enemmän kuin päiväopiskelijoilla. Sähköistä testiä on saatettu kokeilla ilman minkäänlaista valmistautumista ja siksi keskiarvon hajontakin on isompaa.

Kuva 20. Monimuoto-opiskelijoiden monivalintatestin arvosanjakauma (Voimanen, 2023).



Kaikki monimuoto- opiskelijat kokivat aineiston hyödylliseksi. 83 % opiskelijoista koki saaneensa uutta tietoa. 8 % jonkin verran uutta tietoa ja 8 % koki saaneensa vahvistusta jo aiempiin tietoihinsa. Mielenkiintoisimpia asioita tiedusteltaessa 8 % ei vastannut tähän kysymykseen, mutta muiden vastauksista tuli ilmi, että opiskelijoita kiinnostivat useat erilaiset aineistossa olleet tiedot. Vapaan palautteen osalta saatiin esimerkiksi seuraavia kommentteja: ”kiva, että monimuoto-opiskelijoille oli järjestetty luento hetki”, ”hyödyllinen ja mielenkiintoinen aihe”, ”olis in toivonut asioiden perusteellisempaa läpikäymistä tunnilla,

onneksi tallenne ja diat kuitenkin käytössä”, ”kysymyksiä oli, mutta niihin vastattiinkin jo seuraavalla dialla”, ”selkeä ja hyvä kokonaisuus”, ”olisipa aikaa perehtyä paremmin”.

Monimuoto-opiskelijoilla eniten väriä väittämiä valittiin kysymyksen ”Mitä eri ainesosia voidaan saada käsittelemällä biomassoja pyrolyysissä?” väittämään ”Humusaineita” ja kysymyksen ”Mitä ainesosia voidaan saada jätevesisivuvirroissa kasvatettavista mikrolevistä” väittämään ”L-vitamiinia”. Molemmissa tapauksissa väärän väittämän valitsi 25 % opiskelijoista. 21 % opiskelijoista valitsi virheellisesti kysymyksen ”Millä perusteella haluttu ainesosa voidaan erotella liuoksesta uuttamalla?” vastaukseksi ”Eri haihtuvuusominaisuuksien perusteella”. Muissa virheellisissä osumissa ei opiskelijoiden valintoja osunut samoihin väittämiin merkittäviä määriä. Sivuvirtojen käsittelyprosesseja ja -tekniikoita käsittelevät tiedot ovat lyhyessä ajassa vaikeita sisäistettäviä. Niiden läpikäymiseen onkin varattu lopullisessa oppimateriaalissa selkeästi enemmän aikaa, kuin minkään muun osa-alueen käsittelemiseen.

Oikeista väittämistä monimuoto-opiskelijoilla jäi eniten vastaamatta kysymyksen ”Miksi biokaasusäiliöiden on oltava mahdollisimman tiiviitä ja eristettyjä?” väittämään ”Prosessi nopeutuu lämmössä”. Oikea väittäjä jäi valitsematta 38 % opiskelijoista. Seuraavaksi eniten, 33 % opiskelijoista, jätti valitsematta kysymyksen ”Mitä eri ainesosia voidaan saada käsittelemällä biomassoja pyrolyysissä?” oikean väittämän ”Tervan kaltaisia bioöljyjä” ja kysymyksen ”Mitä etuja on sienten kasvatuksessa elintarvikebiomassoissa?” oikean väittämän ”Kasvatettavien sienten avulla voidaan tuottaa arvokkaita yhdisteitä muille tuotantoaloille”. 29 % opiskelijoista jätti vastaamatta oikeat väittämät, kysymyksen ”Mitä etuja on sienten kasvatuksessa elintarvikebiomassoissa?” väittämän ”Siten voidaan hyödyntää biomassojen ravinteita kasvatuksessa” ja kysymyksen ”Mitkä seikat pitävät paikkansa biodieselistä” väittämän ”Sen voitelluominaisuudet ovat todella hyvät”. 25 % opiskelijoista jätti valitsematta oikeat väittämät, kysymyksen ”Mitä ainesosia voidaan saada jätevesisivuvirroissa kasvatettavista mikrolevistä” väittämän ”Pigmenttiaineita” ja kysymyksen ”Mitä etuja on sienten kasvatuksessa elintarvikebiomassoissa?” väittämän ”Se on kohtalaisen helppoa. 17 % opiskelijoista jättivät valitsematta oikeat väittämät kysymyksen ”Miten biokemialliset käsittelyt vaikuttavat?” väittämän ”Mädätys voi tuottaa biokaasua” ja kysymyksen ”Mitkä seikat vaikuttavat sivuvirtojen määrään?” väittämän

”Raaka-aineiden esikäsittelyn taso” ja kysymyksen ”Millä perusteella haluttu ainesosa voidaan erotella liuoksesta uuttamalla?” väittämän ”Eri liukoisuusominaisuuksien perusteella”. Muissa valitsematta jätetyissä oikeissa väittämissä ei ollut näin merkittäviä määriä samaan väittämään kohdistuneita osumia. Pääosa valitsematta jätetyistä oikeista väittämistä koski käsittelyprosesseja ja tekniikoita, joten niihin panostaminen, niin ajallisesti, kuin selkeän materiaalinkin puolesta, on ehdottoman tärkeää.

12 Johtopäätökset ja pohdintaa

Ruokatuotannon sivuvirtojen hyötykäyttö on aihe, joka kiinnostaa niin maailmanlaajuisesti, kuin paikallisesti. Tietoa sivuvirroista, niiden muodostumiseen ja määrään vaikuttavista seikoista, niiden arvoa nostavista valorisaatiotekniikoista ja siten saatavista arvokomponenteista kannattaa ehdottomasti tutkia lisää ja viedä eteenpäin.

Pilotoitu oppimateriaali, josta opiskelijat saattoivat löytää useita itseään kiinnostavia seikkoja, juontui osaltaan aiheen ajankohtaisuudesta. Selitettäessä opiskelijoille sivuvirtojen hyödyntämisen tärkeyttä ja sen merkitystä, kokonaisuuden kannalta ja jokaiselle henkilökohtaisesti, on mahdollista herätellä ajatuksia ja motivaatiota opiskella lisää aiheesta, mutta myös havaita omassa ympäristössään mahdollisuuksia sivuvirtojen hyödyntämiseen. Lähiruokatuotanto koetaan tärkeäksi, paitsi luotettavan ja turvallisen ruoan tuottamisen kannalta, myös huoltovarmuuden kannalta maailman tilanteiden kärjistyttyä. Erasmus+ -hankkeen ”By-products for Development” (<http://byp4dev.eu>) yhteistyötahoille on miellyttävää viedä viestiä, että ruokatuotannon sivuvirtojen ja sivutuotteiden valorisaatio koetaan ajankohtaisena ja kiinnostavana aiheena ja siitä halutaan oppia lisää.

Pilottituntien aineiston laajuuden ja sen läpikäymiseen käytetyn ajan huomioiden on ymmärrettävää, ettei kaikkia yksityiskohtia opiskelijoiden monivalintatesteissä osattu heti yhdistää oikein. Moni opiskelijoista koki opettajien asioiden olleen täysin uutta tietoa, eikä uuden omaksumista voida jättää kertaluennon varaan. Erityisesti sivuvirtojen käsittelyyn käytettävien tekniikoiden, niiden avulla saatavien arvokomponenttien ja uusien tuotteiden eri valmistusprosessien hahmottaminen vaatii opiskelijalta enemmän aikaa ja asiaan

perehtymistä. Pilottitunnin päätarkoituksena olikin saada palautetta aineistosta ja herättää mielenkiintoa aihetta kohtaan ja näissä kohdissa onnistuttiin hyvin.

Oppimateriaalin pilotointivaiheessa ei ollut mahdollista aikataulun ja teknisten haasteiden vuoksi käyttää hyödyksi opiskelijalle annettavaa erityistä kannustavaa palautetta heti suorituksen jälkeen. Hankkeessa jatketaan kuitenkin oppimateriaalin kehittämistä yhteisten linjauksien mukaisesti. Lopullisessa oppimateriaalissa tullaan käyttämään ohjelmistoja ja tekniikkaa, jotka lisäävät sen monipuolisuutta, kannustavuutta ja värikkyttä. Tuleviin materiaaleihin liitetään esitysmateriaalien lisäksi tekstiosuus, joka auttaa saamaan luettuna perustiedot kustakin moduulista ja osiosta. Lisäaineistoa voidaan liittää materiaaleihin, erityisesti heitä ajatellen, jotka haluavat syvempää tietoa aiheista. Sopivat aktivoivat tehtävät, tietovisat, testit ja tentit auttavat varmistamaan, että opiskelija on ymmärtänyt ja omaksunut opetettavia asioita riittävällä tasolla. Kunkin moduulin osioissa kuljetetaan edistyvästi case-esimerkkitapauksia, joista voidaan oppia tehokkaita käytänteitä, mutta myös mitä haasteita kunkin esimerkkiyrityksen kohdalla sivuvirtojen hyödyntämisessä on saattanut olla. Opiskelijalla on mahdollista seurata ja kirjata omaa edistymistään. Edistymistä ja eri etappien saavuttamista juhlistetaan virtuaalisesti. Kaikki nämä seikat varmistavat positiivista oppimisen kokemusta ja halua kaivautua yhä syvemmälle kurssin aineistoon.

Oppimateriaali tulee rakentumaan englanninkieliseksi verkkokurssiksi MOOC - verkkoympäristössä, mutta sitä, tai sen osia voidaan muokata myös muulla tavalla suoritettavaksi. Esitysmateriaalia, tai tekstejä (Kuva 21) voidaan valita aiheittain eri ryhmille Ruokatuotannon parissa työskentelee monia eri ammattiryhmiä, jotka voisivat hyötyä aineistosta. Suomen kielelle käännettynä aineistoa voisi käyttää esimerkiksi erilaisten sidosryhmien koulutuksissa, tai tilaisuuksissa, eri ammattiryhmille järjestettävien maksuttomien, tai maksullisten kurssien pohjana, yhteistyöverkoston kehittämisessä ja alueellisissa kehityshankkeissa. Hyvin monen eri alan opiskelijatkin voivat hyötyä kurssista, tai sen osista. Valmis aineisto tulee käsittelemään laajasti esimerkiksi ympäristöasioita, tekniikkaa, taloutta, tuotantoprosessointia, elintarviketeollisuutta, maataloutta ja puutarhatuotantoa. Kurssin tietoja kannattaakin päivittää ja muokata niin, että se tuottaisi hyötyä mahdollisimman ajantasaisin tiedoin pitkään.

Lähteet

Ahokas, J. (n.d.). *Energian säästömahdollisuudet maataloilla*. Helsingin yliopisto. Energia akatemia. Pro Agria.

https://www.proagria.fi/uploads/archive/attachment/energian_saastomahdollisuus_maataloilla_ja.pdf

Almaraz-Sánchez, I., Amaro-Reyes, A., Acosta-Gallegos, J. A., & Mendoza-Sánchez, M. (2022). Processing Agroindustry By-Products for Obtaining Value-Added Products and Reducing Environmental Impact. *Journal of Chemistry*, 2022.

https://web.archive.org/web/20220504084040id_/https://downloads.hindawi.com/journals/jchem/2022/3656932.pdf

Arce, C., & Kratky, L. (2022). Mechanical pretreatment of lignocellulosic biomass towards enzymatic/fermentative valorization. *Iscience*, 104610.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589004222008823>

Berg, J. (1.11.2016). *ETL: n jäte- ja sivuvirtaselvitys 2016*. Elintarviketeollisuusliitto ETL.

https://www.etl.fi/media/aineistot/raportit-ja-katsaukset/etl-jate_ja_sivuvirtaselvitys_2016.pdf

biomassa-atlas. (n.d.a). *Pelto: Missä toiminnoissa peltobiomassaa syntyy?*

<https://projects.luke.fi/biomassa-atlas/biomassojen-kuvaukset/pelto/>

biomassa-atlas. (n.d.b). *Puutarhakasvit: Mitä biomassoja puutarhatuotannossa syntyy?*

<https://projects.luke.fi/biomassa-atlas/biomassojen-kuvaukset/puutarhakasvit/>

biomassa-atlas. (n.d.c). *Lanta: Missä toiminnoissa lantabiomassaa syntyy?*

<https://projects.luke.fi/biomassa-atlas/biomassojen-kuvaukset/lanta/>

Dimitriou, I., Goldingay, H., & Bridgwater, A. V. (2018). Techno-economic and uncertainty analysis of Biomass to Liquid (BTL) systems for transport fuel production. *Renewable and sustainable energy reviews*, 88, 160–175.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032118300492>

Doroški, A., Klaus, A., Režek Jambrak, A., & Djekic, I. (2022). Food Waste Originated Material as an Alternative Substrate Used for the Cultivation of Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*): A Review. *Sustainability*, 14(19), 12509.

Dutta, N., Usman, M., Luo, G., & Zhang, S. (2022). An insight into valorization of lignocellulosic biomass by optimization with the combination of hydrothermal (HT) and biological techniques: A review. *Sustainable Chemistry*, 3(1), 35-55.

<https://www.mdpi.com/2673-4079/3/1/3>

EBC, European Biochar Certification. (n.d.). https://www.european-biochar.org/media/doc/2/positivlist_en_2022_1_v10_1.pdf

Eduskunta. (7.12.2022). *Hallitus vastasi opposition välikysymykseen maatalouden kriisistä*. Eduskunta, Tiedotteet. <https://www.eduskunta.fi/FI/tiedotteet/Sivut/Hallitus-vastasi-opposition-valikysymykseen-maatalouden-kriisista-.aspx>

Elintarvikealan materiaalitehokkuuden sitoumus 2022–2026. (n.d.)

https://www.motiva.fi/files/20756/Elintarvikealan_materiaalitehokkuuden_sitoumus_2022-2026.pdf

EL-Mesery, H. S., & El-khawaga, S. E. (2022). Drying process on biomass: Evaluation of the drying performance and energy analysis of different dryers. *Case Studies in Thermal Engineering*, 33, 101953.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214157X2200199X>

Essayah, S., Purra, R., Heikkinen, J., Harkimo, H., Laukkanen, A., Räsänen, P., Tanus, S., Östman, P., Antikainen, S., Eerola, J., Elomaa, R., Halla-aho, J., Huru, P., Immonen, O., Junnila, V., Juuso, K., Juvonen, A., Kankaanniemi, T., Koponen, A, ..., Zyskowicz, B. (22.11.2022) *Välikysymys 5/2022 vp: Välikysymys suomalaisen maatalouden kriisistä ja kotimaisen ruoantuotannon turvaamisesta tulevaisuudessa*.

https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Kysymys/Sivut/VK_5+2022.aspx

- ETL. (19.8.2021) *Maukasta ja hyvää – vaivattomasti valmisruokaa*. Elintarviketeollisuusliitto
ETL. <https://www.etl.fi/ajankohtaista/artikkelit/2021/maukasta-ja-hyvaa-vaivattomasti-valmisruokaa.html>
- Elintarviketeollisuusliitto (ETL). (12.12.2022). *Elintarviketeollisuuden talouskatsaus / Joulukuu 2022*. Elintarviketeollisuusliitto ETL.
<https://www.etl.fi/ajankohtaista/artikkelit/2022/elintarviketeollisuuden-talouskatsaus-joulukuu-2022.html>
- EU Platform on Food Losses and Food Waste. (2019). *Recommendations for Action in Food Waste Prevention*. https://food.ec.europa.eu/system/files/2021-05/fs_eu_actions_action_platform_key-rcmnd_en.pdf
- Euroopan komissio. (2020). *Uusi kiertotalouden toimintasuunnitelma Puhtaamman ja kilpailukykyisemmän Euroopan puolesta*. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0021.02/DOC_1&format=PDF
- Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1969/2009. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:02009R1069-20191214&from=FI>
- European Commission. (n.d.) *A European Green Deal*.
https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
- Forbes, H., Quested, T., O’Connor, C. (2021). *UNEP Food Waste Index Report 2021*. UN Environment Programme. <https://www.unep.org/resources/report/unep-food-waste-index-report-2021>
- Fowles, T. M., & Nansen, C. (2020). Insect-based bioconversion: value from food waste. *Food Waste Management: Solving the Wicked Problem*, 321–346.
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-20561-4_12

- Galali, Y., Omar, Z. A., & Sajadi, S. M. (2020). Biologically active components in by-products of food processing. *Food Science & Nutrition*, 8(7), 3004-3022.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/fsn3.1665>
- Gjauber, J., Hernandez, M., Laborde, D., Martin, W., Rice, B., & Vos, R. (27.10.2022). *Not end in sight yet for the global food price chrisis*. IFPRI Blog: Issue Post. International Food Policy Research Institute. <https://www.ifpri.org/blog/no-end-sight-yet-global-food-price-crisis>
- Grocycle (n.d.) <https://grocycle.com/mushroom-substrate/>
- Hagman, A., & Piškur, J. (2015). A study on the fundamental mechanism and the evolutionary driving forces behind aerobic fermentation in yeast. *PLoS One*, 10(1), e0116942. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0116942>
- Hallikainen, T. (2021). *Biomassan esikäsitellyprosessit ennen polttoa voimalaitoksella*. Kandidaattityö. Lappeenrannan-- Lahden teknillinen yliopisto.
https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/163166/Kandidaatintyo_Hallikainen_Tiia.pdf?sequence=1
- Heinzle, E., Biber, A. P., & Cooney, C. L. (2007). *Development of sustainable bioprocesses: modeling and assessment*. John Wiley & Sons.
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/61541209/epdf.pub_development-of-sustainable-bioprocesses-modeling-a20191217-6885-j9jxf9-libre.pdf?1576596061=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDevelopment+of+Sustainable+Bioprocesses.pdf&Expires=1681149794&Signature=XRydIYKlw9ovINSJ9odIKv5u9PafLzKwTsqLTm4qcbRAiE1QlrMD-3dnrCF9MxFrX3iVTUiHHWE3na2t8AbRn-crlg1ztJtgeOVokKwnSG2xZqt9uiwjJAcfPPkw6Imr~qz03F5YN8VTb2BUINZZS23ys008FdsRwVSsGpkdihPrPga0FvAVSfP3Ljd5EdNRZey0rS8xQ6-9uNTKECPrIMrBfe65tnTXrCcbd~v5xLDCtbe05KlnryHsgVTVz32KF34QUPEicF9Mgs~XnIJ0WUdso15ex2uhtrKM4wztljFXbSS241MtJyEuPSs4P47FQYT2wXyDOv-c04MfC~xpXQ_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

- Helin, E. & Hyytiä, M. (30.9.2021). *Kysely nuorille opiskelusta, työstä, toimeentulosta ja koronakriisin vaikutuksista 2021*. STTK ry. Haettu 19.1.2023 osoitteesta:
<https://www.sttk.fi/materiaalit/kysely-nuorille-opiskelusta-tyosta-toimeentulosta-ja-koronakriisin-vaikutuksista-2021/>
- Hyde, K. D., Xu, J., Rapior, S., Jeewon, R., Lumyong, S., Niego, A. G. T., ... & Stadler, M. (2019). The amazing potential of fungi: 50 ways we can exploit fungi industrially. *Fungal Diversity*, 97, 1-136. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13225-019-00430-9>
- Jäntti, M. (15.9.2017). *Naudan sappikivet 10 000 € kilolta – näin tarkkaan tuotantoeläimet hyödynnetään*. Yle Uutiset. <https://yle.fi/a/3-9828580>
- Jätelaki 646/2011 5 a §. Sivutuotteet. 714/2021
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110646>
- Kavanagh, K. (2011) Fungi: biology and applications. <https://ebookcentral-proquest-com.ezproxy.hamk.fi/lib/hamk-ebooks/detail.action?docID=819268>
- Kemppainen, A. (2018). Aineensiirtoprosessit kemianteollisuudessa. Insinööriyö. Metropolia ammattikorkeakoulu.
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/140181/Kemppainen_Anssi.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Kiran, B. R., & Venkata Mohan, S. (2021). Microalgal cell biofactory—therapeutic, nutraceutical and functional food applications. *Plants*, 10(5), 836.
<https://www.mdpi.com/2223-7747/10/5/836>
- Komission asetus (EU) N:o 142/2011. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011R0142&from=FI>
- Kumar, K., Yadav, A. N., Kumar, V., Vyas, P., & Dhaliwal, H. S. (2017). Food waste: A potential bioresource for extraction of nutraceuticals and bioactive compounds. *Bioresources and Bioprocessing*, 4, 1–14. <https://link.springer.com/article/10.1186/s40643-017-0148-6>

- Kymäläinen, M. & Pakarinen, O. (2015). *Biokaasuteknologia. Raaka-aineet, prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen*. Suomen biokaasuyhdistys. Hämeen ammattikorkeakoulu.
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/104180/HAMK_Biokaasun_tuotanto_2015_ekirja.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Kähkönen, E. (10.1.2022) *Mielekkäät harrastukset hoitavat aivoterveyttä*. Aivoliitto.
<https://www.aivoliitto.fi/aivoterveys/artikkelit/mielekkaat-harrastukset-hoitavat-aivoterveutta/#f44b7643>
- Laki eläimistä saatavista sivutuotteista 517/2015
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2015/20150517>
- Lehto, M., Salminen, P., Valtari, H., Venelampi, O. (2015). *Opas pienteurastamon sivutuotteidenhyödyntämisestä ja hävittämisestä*. Ruokavirasto.
<https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tietoa-meista/asiointi/oppaat-ja-lomakkeet/yritykset/elainala/sivutuotteiden-lomakkeet/pienteurastamo-opas.pdf>
- Lehto, M., Rinne, M., Järvenpää, E., Kahala, M., Salo, T., Siljander-Rasi, H., Suojala-Ahlfors, T. (2018). *Kasvissivutuotteiden hyödyntäminen rehuna ja maanparannusaineena*. Luke Luonnonvarakeskus. https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/541635/luke-luobio_14_2018.pdf?sequence=1
- Lehto, M., Erkamo, E., Kuisma, R., Mäki, M., Hikonen, T., Jallinoja, M. & Kymäläinen H-R. (2021) *Elintarviketuotannon sivujakeiden hyödyntäminen: Liha-, kala- ja kasvistuotannon sivujakeet*. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 68/2021. Luke Luonnonvarakeskus. Helda Helsingin yliopisto.
https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/334660/luke_luobio_68_2021.pdf?sequence=1
- Lizárraga-Velázquez, C. E., Leyva-López, N., Hernández, C., Gutiérrez-Grijalva, E. P., Salazar-Leyva, J. A., Osuna-Ruiz, I., ... & Ávalos-Soriano, A. (2020). Antioxidant molecules from plant waste: Extraction techniques and biological properties. *Processes*, 8(12), 1566.

Luke (4.5.2022a). *Maatalous ja puutarhayritysten lukumäärä muuttujina ELY-keskus, Tuotantosuunta ja Vuosi*. Luke Luonnonvarakeskus. Tilastotietokanta.

https://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE_02%20Maatalous_02%20Rakenne_02%20Maatalous-%20ja%20puutarhayritysten%20rakenne/03_Maatalous_ja_puutarhayrit_lkm_tuotantos_ELY.px/table/tableViewLayout1/?loadedQueryId=b878619d-270f-4a36-897f-618fdbf7822b&timeType=from&timeValue=2010

Luke. (17.2.2022b). *Sato ja luomusato 2021*. Luonnonvarakeskus.

<https://www.luke.fi/fi/tilastot/satotilasto/sato-ja-luomusato-2021>

Luke. (24.11.2022c) *Sato ja viljasadon laatu 2022 ja luomusato, ennakko*. Luke

Luonnonvarakeskus. Tilastotietokanta. <https://www.luke.fi/fi/tilastot/satotilasto/sato-ja-viljasadon-laatu-2022-ja-luomusato-ennakko>

Luke. (2022d). *Avomaatuotanto syötävät, muuttujina ELY-keskus, laji, tieto ja vuosi*. Luke Luonnonvarakeskus. Tilastotietokanta.

https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE_02%20Maatalous_04%20Tuotanto_20%20Puutarhatilastot/03a_Avomaatuotanto_sytavat.px/table/tableViewLayout2/?loadedQueryId=2a033d3c-6f11-4fd3-aada-1a9cd56f86f9&timeType=from&timeValue=2020

Luke. (14.4.2022e). *Kotieläinten lukumäärät keväällä 2021*. Luke Luonnonvarakeskus.

Tilastot. <https://www.luke.fi/fi/tilastot/kotielainten-lukumaara/kotielainten-lukumaarat-kevaalla-2021>

Luke. (21.2.2022f) *Maidontuotanto 2021*. [https://www.luke.fi/fi/tilastot/maito-ja-](https://www.luke.fi/fi/tilastot/maito-ja-maitotuotetilasto/maidontuotanto-2021)

[maitotuotetilasto/maidontuotanto-2021](https://www.luke.fi/fi/tilastot/maito-ja-maitotuotetilasto/maidontuotanto-2021)

Luke. (4.1.2023) *Taloustohtori. Maatalouden kokonaislaskenta. Kustannuserittely*.

Luonnonvarakeskus.

<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/taloustohtori/kokonaislaskenta/aikasarja/kustannuserittely/>

Lunkka-Hytönen, M., Lohtander-Buckbee, K. ja Ruohonen-Lehto, M. (2016). *Levät ja biotalous biotekniikan näkökulmasta*. Suomen ympäristökeskus.

https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/160093/SYKEra_4_2016.pdf?sequence=1

Maa- ja metsätalousministeriö. (2021) *Lähiuokaa – tottakai! Lähiuokaohjelma ja lähiuokasektorin kehittämisen tavoitteet vuoteen 2025*. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 2021:8.

https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163173/MMM_2021_8.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Madsen, K.B. & Egidius H. (1974). *Oppiminen ja motivaatio*. Kirjayhtymä.

Maicas, S. (2020). The role of yeasts in fermentation processes. *Microorganisms*, 8(8), 1142.)

Mayhew, L. (2004). Humic substances in biological agriculture. *Acres*, 34, 54-61.

<https://hightestag.com/wp-content/uploads/2019/05/HumicSubstancesDr.Mayhew.pdf>

Mikkonen, L., Kauriinoja, A. (n.d.) *Energiaa biomassasta ja jätteistä*. Micro Energy fir Waste-hankkeen raportti. Haettu 8.1.2023 osoitteesta:

http://nortech oulu.fi/MicE_files/MicE_W2E_FIN.pdf

Motiva Oy. (2013). *Biokaasun tuotanto maatilalla*.

https://www.motiva.fi/files/6958/Biokaasun_tuotanto_maatilalla.pdf

Mustajoki, A. (2017). *Tutkimuksen yhteiskunnallisen vaikuttavuuden eettisiä kysymyksiä*.

Tieteessä tapahtuu, Vuosikerta 35, Nro 5. Helda.

https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/270788/65823_Artikkelin_teksti_78080_1_10_20170920.pdf?sequence=1

Mäihäniemi, M. (2008). *Biodieselin valmistusmenetelmät*. Tutkintotyö. Tampereen ammattikorkeakoulu.

<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/8579/MÄ%3FihÄ%3Fniemi.Maija.pdf?sequence=2>

Männistö, K. (2018). *Puutarhasivuvirtojen hyödyntäminen kuivaustekniikoilla*. Opinnäytetyö, Hämeen ammattikorkeakoulu.

<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/159649/Mannisto%20Kristiina.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Nest, N. (2018). *Biodieselin valmistusmenetelmät ja niiden kannattavuus*. Kandidaatintyö. Tampereen teknillinen yliopisto.

<https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/26230/nest.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Neste (n.d.) *Biodiesel ja uusiutuva diesel – Mitä eroa?*

<https://www.neste.fi/artikkeli/biodiesel-ja-uusiutuva-diesel-mita-eroa>

Nokkonen, S. (2017). *Tietokortit: Tulevaisuuden valkuaisinnovaatiot. Hyönteiset*. Hämeen ammattikorkeakoulu. [https://www.hamk.fi/wp-](https://www.hamk.fi/wp-content/uploads/2018/08/Tietokortit_Hyönteiset.pdf)

[content/uploads/2018/08/Tietokortit_Hyönteiset.pdf](https://www.hamk.fi/wp-content/uploads/2018/08/Tietokortit_Hyönteiset.pdf)

Oreopoulou, V., & Tzia, C. (2007). Utilization of plant by-products for the recovery of proteins, dietary fibers, antioxidants, and colorants. In *Utilization of by-products and treatment of waste in the food industry* (pp. 209-232). Springer US.

https://www.researchgate.net/profile/Constantina-Tzia/publication/227178417_Utilization_of_Plant_By-Products_for_the_Recovery_of_Proteins_Dietary_Fibers_Antioxidants_and_Colorants/links/57015e3c08aee995dde8d94a/Utilization-of-Plant-By-Products-for-the-Recovery-of-Proteins-Dietary-Fibers-Antioxidants-and-Colorants.pdf

Pandey, A. (2003). Solid-state fermentation. *Biochemical engineering journal*, 13(2-3), 81-84.

https://www.davidmoore.org.uk/21st_Century_Guidebook_to_Fungi_PLATINUM/REPRINT_collection/Pandy_solid-state-fermentn2003.pdf

Pantsar, M., & Herlevi, K. (2016). *Kierrolla kärkeen-Suomen tiekartta kiertotalouteen 2016–2025*. <https://www.sitra.fi/app/uploads/2017/02/Selvityksia117-3.pdf>

Piwowarek, K., Lipińska, E., Hać-Szymańczuk, E., Kieliszek, M., & Ścibisz, I. (2018).

Propionibacterium spp.—source of propionic acid, vitamin B12, and other metabolites important for the industry. *Applied microbiology and biotechnology*, 102, 515–538.

<https://link.springer.com/article/10.1007/s00253-017-8616-7>

Postemsky, P. D., Bidegain, M. A., González-Matute, R. A. M. I. R. O., Figlas, N. D., & Cubitto, M. A. (2017). Pilot-scale bioconversion of rice and sunflower agro-residues into medicinal mushrooms and laccase enzymes through solid-state fermentation with *Ganoderma lucidum*. *Bioresource technology*, 231, 85–93.

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/53756489/Ganoderma_Laccases_BITE_2017-libre.pdf?1499179319=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DPilot_scale_bioconversion_of_rice_and_su.pdf&Expires=1683293478&Signature=QXHDJrVXaoYME4hFbimXVojmTj4BEEib1Oc-TbHN2nOogIc-RR7doVRaDK3NV1ZQxapg4dK0smfj~VPcVCBbE8gIFczEczeDykoM207Uh-DTSWODxBv5uZq0SXjvekxnI7LfcC9eUNfHdpbcPM0SWMIHnv3W5S4mF~awaxa6xfsbWKJ6KOIBeg52wjrcnvfSqRdS2AuH4MLiTMhCdZKwScJxigH2epXVY70bvUVKxSZYoN6EQA1c9criwc2hlqfRIFEYc2PS4of4TfYayxuNB12bptFt3q-52siYWR-D3JdjZszBrZthKJHTzy98Fdu~NnlucMXzZc9UT71aAgPQ_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

Päivänsalo, T.-M. (2020). *Oppimiskoodi. Kuinka oppiminen onnistuu*. PS-kustannus. Jyväskylä. Otavan Kirjapaino Oy. Keuruu.

Päällysaho, J. (2008). *Biomassan kaasutusteknologi*. Kandidaatintyö, Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/42543/Bio_kaasutus.muok.pdf?sequence=1

Rizwan, M., Mujtaba, G., Memon, S. A., Lee, K., & Rashid, N. (2018). Exploring the potential of microalgae for new biotechnology applications and beyond: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 92, 394–404. https://www.researchgate.net/profile/Ghulam-Mujtaba-17/publication/325193566_Exploring_the_potential_of_microalgae_for_new_biotechnology_applications_and_beyond_A_review/links/5afd2538a6fdcc3a5a275269/Exploring-the-potential-of-microalgae-for-new-biotechnology-applications-and-beyond-A-review.pdf

Rodriguez-Lopez, A. D., Melgar, B., Conidi, C., Barros, L., Ferreira, I. C., Cassano, A., & Garcia-Castello, E. M. (2020). Food industry by-products valorization and new ingredients: Cases

of study. In *Sustainability of the Food System* (pp. 71–99). Academic Press.

<https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/23438/1/1.pdf>

Ruokatieto. (2022) *Tietohaarukka. Koostetut herkut 2022*. Ruokatieto yhdistys ry.

https://www.ruokatieto.fi/sites/default/files/media/flash/tietohaarukka_koostetutherkut_2022.pdf

Ruokavirasto. (4.10.2021) Sivutuotteiden luokittelu.

<https://www.ruokavirasto.fi/elaimet/elaimista-saatavat-sivutuotteet-ja-kuolleet-elaimet/elaimista-saatavat-sivutuotteet/sivutuotteiden-luokittelu/>

Saarioinen, (13.11.2017). *Elintarviketehtailla laitettiin hukkalämpö kuriin*. Saarioinen,

uutishuone. <https://www.saarioinen.fi/uutishuone/uutinen/elintarviketehtaalla-laitettiin-hukkalampo-kuriin/>

Saavalainen, J. (2014). *Biopolttoaineet ja niiden ympäristövaikutukset*. Opinnäytetyö.

Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/80484/Valmis.pdf>

Salmela-Aro, K. (toim.). (2018) *Motivaatio ja oppiminen*. PS-kustannus. Otavan kirjapaino Oy, Keuruu.

Salomone, R., Saija, G., Mondello, G., Giannetto, A., Fasulo, S., & Savastano, D. (2017).

Environmental impact of food waste bioconversion by insects: application of life cycle assessment to process using *Hermetia illucens*. *Journal of Cleaner Production*, 140, 890-905. <https://www.savastano.eu/wp-content/uploads/2022/03/Environmental2017.pdf>

SBE (n.d.) *Bioetanolin käyttö*. Suomen bioetanoli Oy.

https://www.sbe.fi/SBE/Bioetanolin_kaytto.html

Seppänen, A. M., Laakso, J., & Luostarinen, S. (2018). Sivuvirrasta väkilannoitteen

korvaajaksi: Mädätysjäännöksen jalostusteknologioiden nykytila, tarpeet ja tulevaisuuden mahdollisuudet Suomessa. https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/542095/luke-luobio_31_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sitra. (n.d.). *Tulevaisuussanasto*. <https://www.sitra.fi/tulevaisuussanasto/sivuvirta/>

Sitran selvityksiä 117, Kierrolla kärkeen – Suomen tiekartta kiertotalouteen 2016-2025

(<https://www.sitra.fi/app/uploads/2017/02/Selvityksia117-2.pdf>).

Smith, J. E. (2009). *Biotechnology*. Retrieved from <https://ebookcentral-proquest-com.ezproxy.hamk.fi>. Direct link: <https://ebookcentral-proquest-com.ezproxy.hamk.fi/lib/hamk-ebooks/detail.action?docID=410158>

Stegmann, P., Londo, M., & Junginger, M. (2020). The circular bioeconomy: Its elements and role in European bioeconomy clusters. *Resources, Conservation & Recycling*: X, 6, 100029. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590289X1930026X>

Suman, G., Nupur, M., Anuradha, S., & Pradeep, B. (2015). Single cell protein production: a review. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 4(9), 251–262. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/51307793/Gour_Suman_et_al-libre.pdf?1484173030=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DSingle_Cell_Protein_Production_A_Review.pdf&Expires=1683293667&Signature=YxElwKhJ5oszIFF7pF85~07QidtSibvi9NkaRQFMTTnRLbv~WIX~cIYkuytGG05ALlepXillO6GiRAEY09dlQTxoY2RnVyAUzU5O~j7ozA~ZcsWuTZDALWtkzOAd4jxcfMGpScRDbl~yYk592-PjGs7fURWotl~FMuphOExAQK9PZb-blYR~jmDTvvQNGydrBeUjM0ZxTJ~gdy5ww5Psf0UhyTlr8K-siLM4kQf3D8B8tIK7pRG7aYrGorSx3cR~34YGY5g-RQN-XehcKQcgzN4ilRnWOV7Lm4xU5C-KELwOSM1y1br6wlv3J-tSEnhIP1bTT7jb901OXOLnZQ-zpQ_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

Tiwari, A., & Khawas, R. (2021). Food waste and agro by-products: A step towards food sustainability. In *Innovation in the food sector through the valorization of food and agro-food by-products*. IntechOpen.

Trivedi, J., Aila, M., Bangwal, D. P., Kaul, S., & Garg, M. O. (2015). Algae based biorefinery—how to make sense?. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 47, 295-307. https://www.researchgate.net/profile/Jayati-Trivedi-2/publication/274838165_Algae_based_biorefinery-How_to_make_sense/links/5ed641e792851c9c5e726b7b/Algae-based-biorefinery-How-to-make-sense.pdf

Törmä, K. & Aalto, H. (2018). *Elintarviketeollisuuden sivuvirrat ja niiden hyödyntäminen Suomessa*. Opinnäytetyö. Seinäjoen ammattikorkeakoulu.

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/160546/Aalto_Hanna.pdf?sequence=1

Unesco. (17.6.2022) *Learn for our planet: What you need to know*.

https://www.unesco.org/en/articles/learn-our-planet-what-you-need-know?TSPD_101_R0=080713870fab20000247ff9ab1df65409cbb6720c8100a04379133808f515e990ba805e6d0050dcf080620a06c143000c5309d224b724351cffdff558895f105cd1ac6f7c8ef10e78d522a24634272ec636576805cf4aa136a423b1e4116be28

United Nations. (n.d.a) *Sustainable development goals. Goal 12: Ensure sustainable consumption and production patterns*.

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-consumption-production/>

United Nations (n.d.b) *Sustainable development goals. Goal 2: Zero hunger*.

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/hunger/>

Vainionpää, J. (2006). *Erilaiset oppijat ja oppimateriaalit verkko-opiskelussa*. Painettu Akateeminen väitöskirja. Tampereen yliopisto. Opettajankoulutuslaitos. Tampereen Yliopistopaino Oy – Juvenes Print.

Valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta 1250/2014. Liite 1. Lantavarastojen vähimmäistilavuudet.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20141250>

Valvira. (2018). *Omavalvontaohje alkoholijuomien valmistajille*.

https://www.valvira.fi/documents/14444/3722005/Omavalvontaohje_alkoholijuomien_valmistajille.pdf/16b5e83d-bde2-94d8-04c5-c4a7857e1184

Vera, I., Bowman, M. & Mevhielsen, M. (2022). No time to waste. Why the EU needs to adopt ambitious legally binding food waste reduction targets. Feedback EU.

<https://feedbackglobal.org/wp-content/uploads/2022/09/Feedback-EU-2022-No-Time-To-Waste-report-1.pdf>

Vilja-alan yhteistyöryhmä (VYR). (n.d.) *Rypsin ja rapsin viljelyopas, Laatumääräyt.*

<https://www.vyr.fi/rypsin-ja-rapsin-viljelyopas/laatumääräyt/>

Xia, A., Jacob, A., Tabassum, M. R., Herrmann, C., & Murphy, J. D. (2016). Production of hydrogen, ethanol and volatile fatty acids through co-fermentation of macro-and micro-algae. *Bioresource technology*, 205, 118–125.

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/57983226/xia2016-libre.pdf?1544669172=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DProduction+of+hydrogen+ethanol+and+volat.pdf&Expires=1683124106&Signature=SUx7cJgUnY6bFG~61moZTHYoJwtfFNPB0ajD2OfdGDOS2oTU9B0DLnN~0WI2~DlsN0UFbIxY2hnNySk0GzQfmjIVw0k9R93agBmCVlowJjj~KyjzbPOziVtDK4aoKz9M~gJGQHyM09B4eyGt7PEQmBArsMdHFXVD33ZnW2921zxbZ-D~~zbwz-soM4rfr8X9HBqJjDpSfeod8hh57jCtUFs3aqDnUZABkrsZRYaKW5lf-TRs2CrvGwvn2WNFn1ng~XkLpNzjN7p1w0guN8vgeDfbizpYFqNSPZGaKUCZjvZceTVYeQ~RGzhylgLoN~rMKWK~3dc0xlp0pw~x6IHYeA_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

Liite 1: Pilottituntien esitysmateriaali

13.4.2023



BYP₄DEV
BY-PRODUCT FOR DEVELOPMENT





ELINTARVIKetuotannon sivuvirrat ja niiden hyödyntäminen

- 1) Miksi sivuvirtoja muodostuu ja mitkä seikat vaikuttavat niiden määrään?
- 2) Sivuvirtoja koskevia lakeja ja asetuksia
- 3) Elintarviketuotannon sivuvirtoja
- 4) Käsittelytekniikoista
- 5) Esimerkkejä sivuvirrasta saatavista biokomponenteista

Erasmus+ By Product for Development – ByP4Dev
Erasmus+ Cooperation partnerships in vocational education and training
- 2021-1-ES01-KA220-VET-000025177 Co-funded by the European Union

1

ELINTARVIKetuotannon sivuvirrat ja niiden hyödyntäminen




Oppimistavoitteet. Opiskelija:

- ymmärtää miksi sivuvirtaa syntyy elintarviketuotannossa ja mitkä seikat voivat vaikuttaa sen määrään
- ymmärtää pääpiirteet lakien ja säädösten vaikutuksesta ruokajätteiden ja elintarvikesivuvirtojen käsittelyssä
- tietää minkälaisia sivuvirtoja elintarviketeollisuuden eri toimialoilla voi muodostua
- oppii perustasolla millä tekniikoilla sivuvirtoja voidaan käsitellä ja mitä komponentteja niiden avulla voidaan sivuvirrasta erotella

Erasmus+ Co-funded by the European Union

2

13.4.2023





SIVUVIRTA TAI SIVUTUOTE

”Aine tai esine ei ole jäte, vaan sivutuote, jos se syntyy sellaisessa tuotantoprosessissa, jonka ensisijaisena tarkoituksena ei ole tämän aineen tai esineen valmistaminen, ja:

- 1) aineen tai esineen jatkokäytöstä on varmuus;
- 2) ainetta tai esinettä voidaan käyttää suoraan sellaisenaan tai sen jälkeen, kun sitä on muunnettu enintään tavanomaisen teollisen käytännön mukaisesti;
- 3) aine tai esine syntyy tuotantoprosessin olennaisena osana; sekä
- 4) aine tai esine täyttää sen suunniteltuun käyttöön liittyvät tuotetta sekä ympäristön- ja terveysuojelua koskevat vaatimukset eikä sen käyttö kokonaisuutena arvioiden aiheuta vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle.”



[Jätelaki 646/2011 5 a §](#)

3

MIKSI SIVUVIRTAA MUODOSTUU?


- **Hygieniavaatimusten vuoksi**
 - Jätevesi ja hukkalämpö, pesut, huuhtelut ja jäähdytyslaitteistot
- **Valmistusmenetelmästä**
 - Kuoret, puristejätteet, käymishiiva, hera, yms. eivät kuulu tuotteeseen
- **Ruokakulttuurin muutokset**
 - Esim. ruhonosat, joita ennen käytettiin eivät kiinnosta kuluttajia
- **Virheet prosesseissa aiheuttavat laatupoikkeamia**
- **Muutokset tuotantoprosessissa aiheuttavat poikkeamaa tuotteiden laadussa ja tuotesisällössä**
 - Esim. tuote-erien viimeiset ja ensimmäiset voivat sisältää toisen erän aineksia
- **Markkinahäiriöiden vuoksi**
- **Takaisin veto tai hävittäminen viranomais määräyksen vuoksi**



4

13.4.2023

**MITKÄ SEIKAT VAIKUTTAVAT
ELINTARVIKETUOTANTOYKSIKÖN JÄTE- JA
SIVUVIRTAMÄÄRIIN?**




- Yksikön koko, mutta ei aina!
- Tuotannon suunnittelun ja organisoinnin taso merkittävä seikka
- Valmistettava tuote ja valmistustapa
- Raaka-aineiden esikäsittelyn taso
- Raaka-aineiden laadun ja koostumuksen vaihtelu
- Tuotantoprosessin monimutkaisuus / yksinkertaisuus
- Useiden eri tuotteiden valmistaminen samalla tuotantolinjalla



5

**RUOKAJÄTETTÄ KOSKEVIA LAKEJA JA
SÄÄDÖKSIÄ**



- **Jätelainsäädännön tavoitteena on aina:**
- Edistää kiertotaloutta
- Edistää luonnonvarojen kestävästä käyttöä
- Vähentää jätemäärää ja sen haitallisia vaikutuksia
- Estää vaaran ja vahingon aiheuttamista terveydelle ja ympäristölle
- Direktiivi (EU) 2018/851 muistuttaa, että kaiken ruokajätteen määrä tulisi saada puolitettyä vuoteen 2030 mennessä globaalisti
- Jäsenvaltioiden on tehtävä kaikkensa vähentääkseen ruokajätettä ja niiden tulisi kannustaa myymättä jääneiden ruokatarvikkeiden turvallista jakamista esim. hyväntekeväisyysjärjestöjen kautta

[Direktiivi 2018/851](#)

6

13.4.2023

ELÄINPERÄISET SIVUVIRRAT



- Kaikkea eläinperäisten sivuvirtojen keräilyä, varastointia, käsittelyä, kuljetusta, prosessointia ja hävittämistä on säätelevät lait ja asetukset
- Euroopan Parlamentin ja Neuvoston Asetus N:o 1069/2009 ja Komission asetus N:o 142/2011)



[Asetus N:o 1069/2009](#)


 Erasmus+

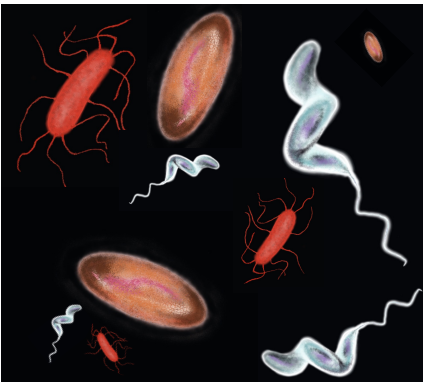
[Asetus N:o 142/2011](#)

 Co-funded by the European Union

7


ELÄINPERÄISET SIVUVIRRAT






- Kansallinen lainsäädäntö
 - Elintarvikehygienia-, ympäristö-, eläinlääkintä-, rehu- ja lannoitelainsäädännöt
- Riskinä eläinperäiset infektiot ja zoonoosit
- Riskikategoria jaettu kolmeen luokkaan
- 1- luokan sivutuotteet aiheuttavat vakavimman riskin

[Erasmus+](#)

 Erasmus+

[Co-funded by the European Union](#)

 Co-funded by the European Union

8

13.4.2023

SIVUVIRRAT TEURASTAMOILTA JA LIHAJALOSTUKSESTA

- Ruhonosat, joita ei käytetä ihmisravintona
- Pää, vatsan ja suoliston sisältö, nahka, luut, selkäranka, mahat, suolisto, vatsa- ja muut rasvat, veri, sorkat, utareet, keuhkot, perna, ruoka- ja henkitorvi, sarvet ja villa. Siipikarjalla sisäelinten, pään, jalkojen, suoliston veren ja kaulan lisäksi höyhenet.










9

SIVUVIRRAT TEURASTAMOILTA JA LIHAJALOSTUKSESTA





- **Keskimääräinen sivutuoteosuus eläintä kohti:**
- Nauta: 50 %
- Sika: 40 %
- Lammas: jopa 70 %
- Koko sivutuotteen osuus tuotannossa vaihtelee eläimen lajin, kasvatussyklin ja tuotantoyksikön koon mukaan




10

13.4.2023

MEIJERIEN JA JUUSTOLOIDEN SIVUVIRRAT

- Antibioottimaito (bioenergiaksi), maitohuuhde, kirnupiimä, kirnumaito, hera, tuotejämmät
- Tuotteiden sekoittuminen tuotevaihdon yhteydessä
- Myyntiin kelpaamattomien tuote-erien poisto laatuviikojen, tuotannon virheiden, vierasaineiden tai esineiden vuoksi









11

SIVUVIRRAT MYLLYISTÄ JA LEIPOMOISTA

- Myllyistä viljan kuoria, leseitä ja lajittelumassaa
- Tärkkelystuotannosta solunestettä ja kuorimassaa
- Leipomoissa ylijäämätaikina, tuotelinjaston puhdistukseen käytetty taikina, leivänpalat, myymättä jääneet tuotteet, huuhtelu- ja jätevesi

- Tuotevaihtojen ja konesäätöjen vuoksi, tai koe-erän laadultaan myyntiin kelpaamattomat tuotteet
- Tuotteiden poisto niihin joutuneiden vierasaineiden, tai -esineiden vuoksi









12

13.4.2023

SIVUVIRTOJA JUOMA- JA ALKOHOLIJUOMATUOTANNOSSA



- Hedelmien ja vihannesten kuoret ja ytimet, puristejäät, rankista, mäskistä, ylijäämähiivasta ja hukkanesteestä tuotevaihtojen yhteydessä
- Laatuvirheet valmistuksessa tai varastoinnissa tapahtuneiden virheiden vuoksi
- Virheet maussa, tuoksussa tai tuotteen kirkkaudessa huonon tai epätasaisen raaka-aineiden laadun vuoksi
- Tuotannossa käytetyn veden laatu vaihtelee
- Virheet lisäainemäärässä tai koostumuksessa
- Vierasesineet tuotteessa






13

SIVUTUOTTEITA RUOKAÖLJY JA LEVITETUOTANNOSSA



- Puristemassat, siemenet, kuoret
- Vierasaineet tuotteessa, jäät raaka-aineessa
- Laatuvirheet raaka-aineiden laatu vaihtelun, tai prosessivirheiden vuoksi
- Virheet varastoinnissa johtavat tuotteen eltaantumiseen
- Jätevesi huuhtelu- ja puhdistusprosesseista






14

13.4.2023

VALMISRUOKATUOTANNON SIVUVIRTOJA



- Valmisruokatuotannossa sivuvirtojen määrä riippuu tuotantolaitoksen koosta ja siitä, mitä tuotetta valmistetaan.
- Sivuvirtaa voi syntyä tuotevaihtojen yhteydessä, laatuvirheiden vuoksi, tai valmistusprosessien vuoksi tuotteesta poistettavien aineiden muodossa.
- Linjaston yllättävät tuoteviat, tai sinne kuulumattomat aineet, materiaalit, tai tuotteet saattavat johtaa koko tuote-erän poistoon.
- Erien ensimmäisissä tai viimeisissä annoksissa saattaa olla vajausta, tai laitesäädöistä johtuvaa epätasaisuutta.
- Poikkeamat tuotesisällöstä johtavat tuote-erän poistoon
- Linjaston huuhteluissa ja pesuissa syntyy jätevesiä ja hukkalämpöä valmistusprosessissa, esimerkiksi höyrykattiloista ja kylmälaitoksista












15

BIOMATERIAALIN ESIKÄSITTELY



- Materiaalin epäpuhtauksien ja vierasaineiden /-partikkelien poisto
- Hygienisointi
- Massan tasalaatuisuuden varmistaminen prosessointeihin
- Partikkelikoon yhtenäistäminen
- Käsittelyn ja kuljetuksen helpottaminen
- Säilyvyyden parantaminen
- Esimerkiksi pesu, huuhtelut, hienontaminen, sekoitus, kuumennus tai kuivaus
- Valinta materiaalin ominaisuuksien, käytettävän tekniikan ja toivottavan lopputuotteen mukaan





16

13.4.2023

MEKAANISEET TEKNIIKAT

- Leikkaaminen, puristaminen, jauhaminen, linkous
- Käytetään myös esikäsittelyyn biomassan prosessoinnin helpottamiseksi ja koostumuksen muokkaamiseksi

Figure 2. Illustration of the different size reduction mechanisms (A-E) (A) cutting, (B) shearing, (C) compression, (D) tearing, and (E) breaking.

Kuva: Arce, C., & Kratky, L. (2022). Mechanical pretreatment of lignocellulosic biomass towards enzymatic/fermentative valorization. *Iscience*, 104610. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589004222008823>

17

BIOKEMIAALLISET KÄSITTELYT

- Mikro-organismit muuttavat biomassan koostumusta kemiallisin reaktioin
- Massa käsittelyssä käyttökelpoisempaan muotoon kasveille, eliöille, eläimille ja ihmisille
- Kompostointi, fermentointi, mädätys


18

13.4.2023

KOMPOSTOINTI




- Pieneliöt, sienet, sädesienet ja bakteerit, tai matokompostorissa lierot hajottavat orgaanista ainesta
- Aerobiset olosuhteet edellytys, muuten muuttuu käymis- tai mätänemisprosessiksi
- Pieneliötoiminta tuottaa lämpöä, joka nopeuttaa prosessia
- Biomassoille otollinen loppusijoituspaikka kaikkien muiden käsittelyiden jälkeen
- Biomassasta vapautuu vettä ja ravinteita, sekä muodostuu humusaineita
- Humusaineet maassa sidosaineena, joka pidättää vettä ja ravinteita, sitoo hiiltä, parantaa ravinteiden saatavuutta kasvien käyttöön ja vähentää nitraattityypen huuhtoutumista vesistöön, puskuroi haitallisia aineita, stimuloi maan biologista aktiivisuutta, liuottaa mineraaleja, toimii typen, fosforin, rikin ja sinkin varastojana.

19

FERMENTOINTI

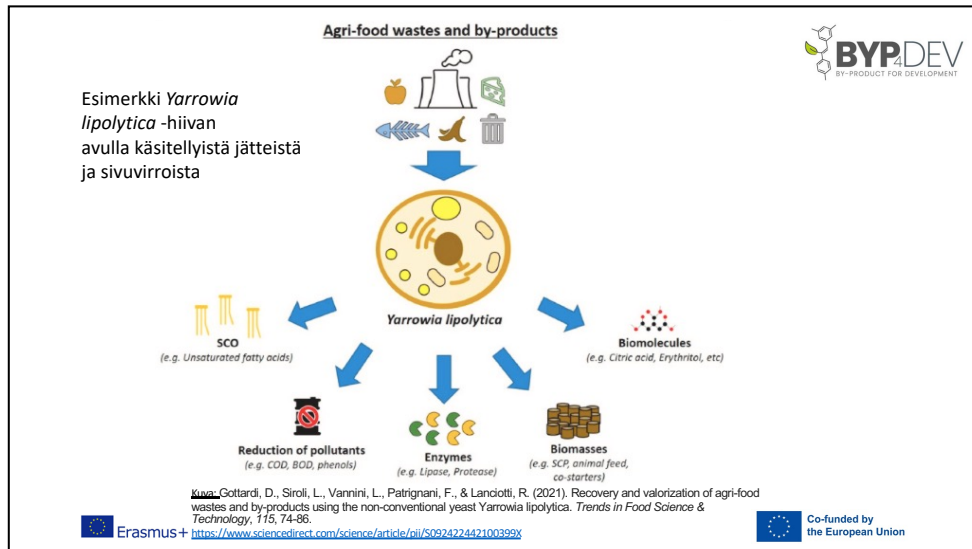


- Mikrobit, eli sienet, bakteerit ja hiivat muuttavat hiilihydraatteja ja sokereita eri yhdisteiksi, esimerkiksi propionihapoiksi, etikkahapoiksi, maitohapoiksi, voihapsiksi, rihmasieniksi, hiivaksi ja alkoholeiksi
- Yhdisteet teollisuuden käytössä olevia merkittäviä kemikaaleja
- Alentaa pH-tasoa, vähentää haitallisten bakteerien kasvua, parantaa säilyvyyttä nettoravintohävikin pysyessä alhaisena
- Propionihappoa ja sen suoloja käytetään säilöntäaineena elintarvikkeissa ja rehussa
- Merkittävä ainesosa selluloosakuidun, farmaseuttisten tuotteiden, ihonhoidon tuotteiden, hajusteiden, sekä rikkakasvien torjunta-aineiden valmistuksessa
- Elintarvikkeista fermentointiprosessin avulla valmistetaan mm. piimä, viili, jogurtit (myös kasvipohjaiset), juustoja, hapankaali ja kombucha

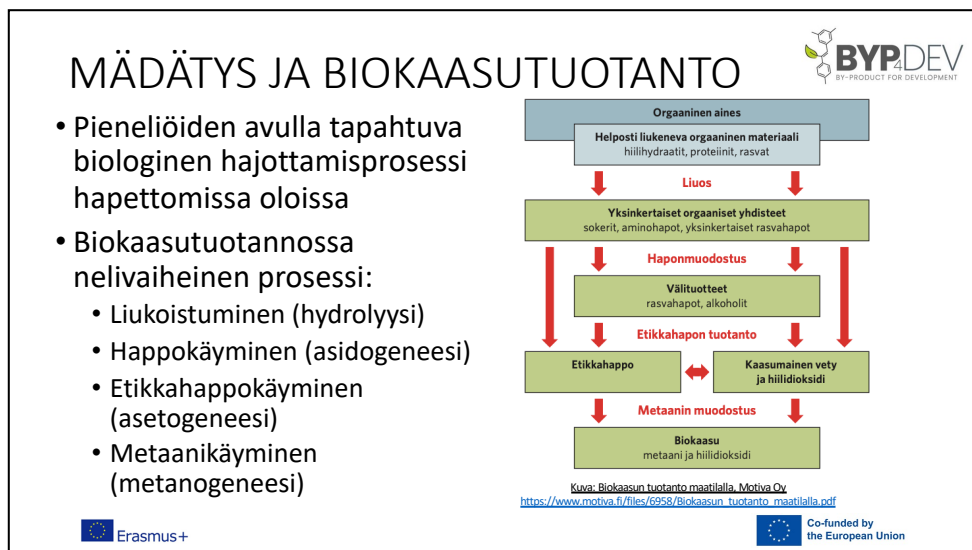



20

13.4.2023




21



22

13.4.2023



MÄDÄTYS JA BIOKAASUTUOTANTO



- Prosessi ei tuota merkittävästi lämpöä, mutta nopeutuu lämmön vaikutuksesta
- Määdätyskäytöiden oltava eristettyjä ja lämmitettyjä
- Käsitteily- ja siirtoprosessien helpottamiseksi massan oltava pumpattavaa, myös prosessin pieneliötoiminta vaatii kosteutta
- Kuiva-ainemäärää rajoitettava
- Tuotetun kaasun määrä vaihtelee raaka-aineen mukaan
- Biojäte, biodieselin sivutuotteet ja elintarviketeollisuuden jätteet erinomaisia raaka-aineita prosessissa
- Biokaasu energiantuottoon, yhdistettyyn energian- ja sähköntuottoon, tai pudistuksen jälkeen liikennepolttoaineeksi
- Määdätysjännös arvokasta lannoitukseen ja maanparannukseen


Materiaali	Biokaasuntuotanto m ³ / tonnia märkäpaino	Kaasun metaanipitoisuus %
Teurasjäte	250	70
Biojäte	150-250	65
Peltobiomassa	50-250	55
Sianlanta	25-35	65
Naudanlanta	15-25	60

Kuva: Biokaasun tuotanto maatilalla, Motiva Oy
https://www.motiva.fi/files/6958/biokaasun_tuotanto_maatilalla.pdf






23

ALKOHOLIKÄYMINEN, HYDROLYYSI JA BIOETANOLITUOTANTO



- Sokereita sisältävästä biomateriaalista fermentoinnin eli käymisen kautta tapahtuva prosessi
- Esikäsitteilyllä rikotaan materiaalin rakennetta, vapauttaen fermentointiin sopivia sokereita käyttökelpoiseen muotoon
- Jauhaminen tai murskaus, painekuuminen, entsyymikäsitteily, kemiallinen tai entsyymaattinen hydrolyysi
- Hydrolyysissä tärkkelyspitoiset orgaaniset yhdisteet hajotetaan liukoiksi, käymiseen sopiviksi sokereiksi, tavoitteena välttää massahäviötä tai sokereiden pilkkoutumista
- Fermentoinnin jälkeen puhdistus ja etanolin talteenotto käymisliemestä tislamalla
- Etanolivalmistuksen sivutuotteena rehuksi tai kompostointiin sopivaa massaa, hiilidioksidia, furfuraalia, ligniiniä

24

13.4.2023

LÄMPÖKÄSITTELYT JA TERMOKEMIAALLISET TEKNIIKAT

- **Kuivaaminen**
- Nesteen poisto materiaalista helpottaa käsittelyä ja kuljetusta
- Lisää säilyvyyttä, ei nestealustaa mikrobeille
- Kuluttaa energiaa
- Menetelmästä riippuen vähentää joitakin ainesosia

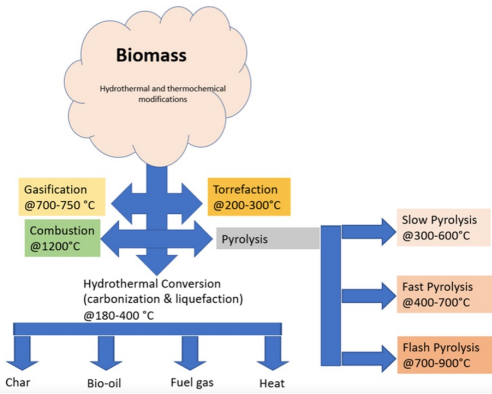


Kuva: Cabinet dryer Iso Orakas 5600 (Orakas Tuotteet Oy) <https://www.orakas.fi/virtviksille>






25

LÄMPÖKÄSITTELYT JA TERMOKEMIAALLISET TEKNIIKAT



- **Torrefiointi, kaasutus, pyrolyysi ja polttaminen**
- Tuotoksena hiiltä ja biohiiltä, tervan kaltaisia bioöljyjä, hiilidioksidia, hiilimonoksidia, vetykaasua, metanolia, etikkahappoa
- Biohiili sitoo jätemassojen hiiltä
- Kasvualustaan lisättyä sitoo kosteutta, lisää ravinteita, vähentää happamuutta ja edistää maamikrobipopulaatioiden syntymistä

Kuva: Dutta, N., Usman, M., Luo, G., & Zhang, S. (2022). An insight into valorization of lignocellulosic biomass by optimization with the combination of hydrothermal (HT) and biological techniques: A review. *Sustainable Chemistry*, 3(1), 35-55. <https://www.mdpi.com/2673-4079/3/1/3>

26

13.4.2023

UUTTAMINEN

- Aineiden erotusmenetelmä, joka perustuu eri liukoisuusominaisuuksiin
- Neste-nesteuutossa käytetään kahta toisiinsa liukenematonta nestettä, jossa toisessa eroteltava ainesosa
- Voimakas sekoitus irrottaa ainesosan liuottimena toimivaan nesteeseen ja painovoima erottaa nesteet osasiineen erilleen
- Kiintoaine-nesteuutossa kiintoaineen komponentti siirretään uutossa nesteeseen liuotinaineen avulla
- Neste-kiintoaineuuttoa kutsutaan myös suodatukseksi
- Näiden lisäksi kaasunesteuutto tai nestekaasu-uutto, eli tisläus

Extraction technique	Extracted compounds
Solvent extraction	Anthocyanin, Carotenoids, Lycopene, Polyphenols
Supercritical fluid extraction	Catechin, Epigallocatechin, Flavonoids, Polyphenols, Procyanidines, Tocopherols
Subcritical water extraction	Caffeic acid, Chlorogenic acid, Coumaric, Folic acid, Gallic acid, Mangiferin
Microwave assisted extraction	Catechins, Mangiferin, Phenolic compounds, Polyphenols, Saponins
Extraction using ultrasound	Anthocyanin, Catechin, Polyphenols, Saponins, Flavonoid, β -glucan
Enzyme assisted extraction	Alkaloids, Flavonoids, Flavonols, Lectins, Lycopene, Polyphenols, Terpenoids

Kuva: Kumar, K., Yadav, A. N., Kumar, V., Vyas, P., & Dhaliwal, H. S. (2017). Food waste: A potential bioresource for extraction of nutraceuticals and bioactive compounds. *Bioresources and Bioprocessing*, 4, 1-14. <https://link.springer.com/article/10.1186/s40643-017-0148-6>

Co-funded by the European Union

27

TISLAUS

- Tehokas aineiden erottelumenetelmä perustuen valikoivaan haihtumiseen ja kondensointiin
- Vaatii paljon energiaa nesteen lämmittämiseen
- Pienennetty paine laskee nesteiden kiehumis- ja sitä kautta höyrystymispistettä
- Kun komponenttien kiehumispiste lähekkäin, voidaan seokseen lisätä kolmas komponentti, jonka avulla aineet helpommin eroteltavaan muotoon


- Voidaan käyttää haitallisten tai ylimääräisten ainesosien poistamiseen ja sitä kautta puhdistamiseen (esim. jätevedet), tai arvokkaampien ainesosien erottamiseen

Co-funded by the European Union


28


13.4.2023

BIODIESELIN VALMISTUS



- Valmistetaan kasvi- ja eläinperäisistä öljyistä ja rasvoista
- Vaihtoesteröinti, eli transesteröinti metanolilla tai etanolilla on kolmivaiheinen valmistusmenetelmä, jossa triglyseridi muuttuu ensin diglyseridi, sitten monoglyseridiksi ja lopuksi glyseroliksi
- Glyseroli on biodieselin sivutuote ja sitä voidaan käyttää edelleen lääketeollisuudessa, kosmetiikassa, tekstiilivalmistuksessa ja elintarviketeollisuudessa
- Valmistusprosessi vaatii katalyyttinä alkoholia, vähintään kolminkertaisen määrän triglyseridin moolimäärään verrattuna, mutta suhteessa 6:1 on päästy jopa 98% saantoihin
- Voidaan käyttää polttoaineena sellaisenaan tai sekoitettuna fossiilisista öljyistä valmistetun dieselin kanssa
- Etuutena biohajoavuus, pienemmät päästöt (CO₂, CO, SO₂), hiukkas- ja hiilivety päästöt, korkeampi leimahduspiste, alhainen toksisuus, turvallisempaa käsitellä, erinomaiset voiteluominaisuudet
- Alemmat lämpöarvot, hyötykapasiteetti, korkeampi viskositeetti ja hapettumiskesto, syövyttää kuparia ja messinkiä, korkeampi same- ja jähmepiste, luonnonkumiivisteiden ja –letkujen heikentymistä, kuluttaa moottoria





29

BIOPROSESSIT



- **Ruokasienten kasvat**
- Kasvatusalustana voidaan käyttää hiilipitoisia puu-, pelto-, tai elintarvikebiomassoja
- Kasvatusalustan omattava hyvä ilmanvaihto, jotta rihmastolla mahdollisuus lisääntyä ja levitä alustaan
- Kasvatusalustan sisällettävä 1–2 % typpeä ja muina ravinteina erityisesti magnesiumia, kaliumia, kalsiumia, rikkiä ja fosforia
- Kasvatusalustan kannalta on oleellista, ettei siinä kasva muita mikro-organismeja, ja tämän varmistamiseksi sen sterilointi on usein ehdotonta







30

13.4.2023

BIOPROSESSIT

Ruokasienten kasvatus

- Sienten luonnollinen elinympäristö monimuotoinen, siksi niillä on poikkeuksellisia selviytymismekanismeja kasveja, eläimiä ja bakteereita vastaan.
- Näiden mekanismien avulla voidaan tuottaa suuri valikoima erilaisia yhdisteitä, joita hyödynnetään elintarvike-, lääke-, biopolttoaine-, tekstiili-, rehu-, pakkaus-, rakenne- ja kemianteollisuudessa
- Sienten potentiaalia lisäävät niiden tehokas aineenvaihdunta, biologinen aktiivisuus ja monimuotoinen rakenne
- Kasvattaminen melko helppoa









31

BIOPROSESSIT

Mikrolevät

- Potentiaali biotekniikan sovelluksissa perustuu yksinkertaisiin kasvuvaatimuksiin, korkeaan fotosynteesitehokkuuteen ja kykyyn sitoa epäorgaanista hiiltä.
- Mikroleviä voidaan viljellä monipuolisesti alueilla, jotka eivät sovi maatalouskasveille.
- Kasvatuksessa voidaan hyödyntää maatalouden, teollisuuden sekä yhdyskuntien jätevesiä, joiden sisältämiä makroravinteita levät voivat käyttää ravintonaan.
- Mikroleväsovellukset voidaan jakaa kahteen osaan: leväbiomassaa raaka-aineena käyttäviin sovelluksiin ja mikrolevän aineenvaihduntatuotteisiin perustuviin sovelluksiin




32

13.4.2023

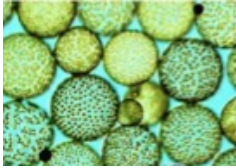
BIOPROSESSIT

Mikrolevät



- Elintarvikkeiden ja ravintolisien lisäksi mikroleviä voidaan käyttää eläinten ruokavaliossa joko rehun raaka- tai -lisäaineena.
- Voivat syntetisoida energiaa sisältävien ravintoaineiden lisäksi monia arvokkaita kemiallisia yhdisteitä, kuten pigmenttejä ja antioksidantteja.
- Sisältävät muiden fotosynteettisten eliöiden tapaan erityisesti rasvaliukoisia karotenoideja ja klorofyllejä, jotka luokitellaan fotosynteettisiksi pigmenteiksi.
- Syanobakteerit ja eräät punaiset levälajit kykenevät lisäksi tuottamaan punaisen tai sinisen värisiä fluoresenssiominaisuuksia omaavia fykobiliinejä, joita käytetään elintarvike- ja kosmetiikkaväriaineina sekä kemiallisina tunnistina biokemian sovelluksissa.



- Karotenoidiyhdisteet astaksantiini, fukoksantiini, luteiini, kantaksantiini ja β -karoteeni omaavat antioksidanttisia ominaisuuksia.
- Antioksidantit eli hapettumisenestoaineet ovat molekyyliä, jotka poistavat vapaiden radikaalien, kuten reaktiivisten happi- tai typpiyhdisteiden haitallisia vaikutuksia



Kuva: Grönroos, M. (2012)





33

BIOPROSESSIT

Hyönteiset

- Hyönteisiä voidaan kasvattaa sivuvirroissa, kuten komposti- tai kasvibiojättemateriaalilla.
- Hyönteislajeista esimerkiksi mustasotilaskärpänen (*Hermetia illucens*), huonekärpänen (*Musca domestica*) ja jauhomato (*Tenebrio molitor*) ovat tehokkaita muuntamaan orgaanista materiaalia hyönteisproteiiniksi.
- Monet hyönteiset ovat hyviä ravinnonlähteitä, sillä ne sisältävät runsaasti proteiinia, hyviä rasvoja, rautaa ja sinkkiä. Lisäksi hyönteiset sisältävät ihmiselle tärkeitä B-ryhmän vitamiineja
- Soveltuvat rehukäyttöön, mutta potentiaalia myös biodieselin, biomuovien, biohiilen ja kosmetiikan raaka-aineeksi, toukkien jäte maanparannusaineeksi
- Kasvatus helppoa, eikä vaadi suuria investointeja








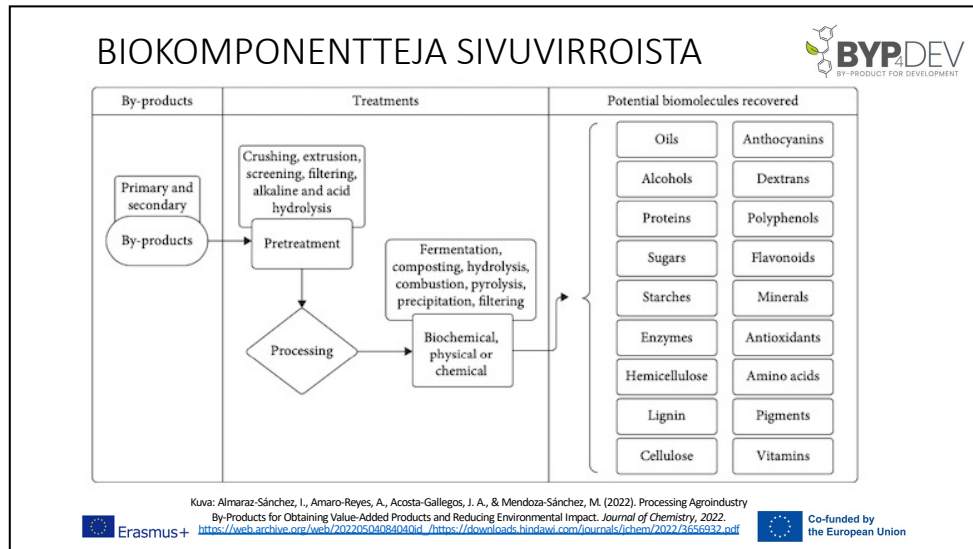
Kuva: Descouens, D. (2013) <https://fi.wikipedia.org/wiki/Mustasotilaskärpänen>

Kuva: Kress, D. (2010) <https://fi.wikipedia.org/wiki/Mustasotilaskärpänen>

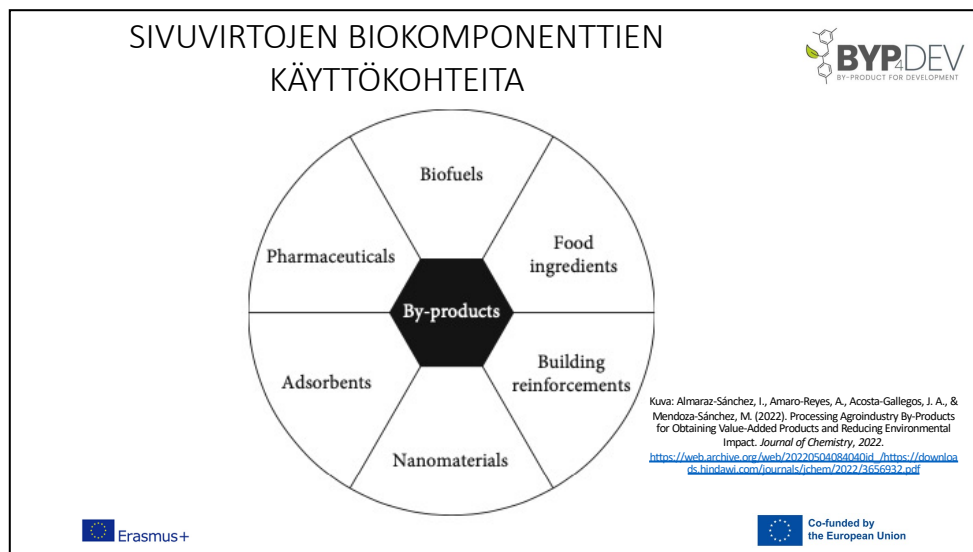



34

13.4.2023



35



36

13.4.2023

MIETITTÄVÄKSI

Miten elintarviketuotannon sivuvirtojen ja jätteiden määrää on mahdollista vähentää?

Mitä asioita on huomioitava eläinperäisten sivuvirtojen käsittelyssä?

Millä eri tavoilla sivuvirtoja voidaan hyödyntää?



Liite 2: Päivöpskelijoiden monivalintatesti- ja palautelomake

MONIVALINTATEHTÄVÄ	VÄITE	OIKEAVASTAUS
MITÄ SIVUVIRTA TARKOITTAAN?	TUOTTEIDEN LISÄAINEITA	
	TUOTANNOSSA SYNTYVIÄ AINEITA TAI ESINEITÄ, JOTKA EIVÄT PÄÄDY TUOTTEESEEN	X
	KAIKKEA RISKEJÄ JA VAARAA AIHEUTTAVIA AINESOSIA	
MITKÄ SEIKAT PITÄVÄT PAIKKANSA KOSKIEN ELÄINPERÄISIÄ SIVUVIRTOJA	RISILUOKITUS ON JAEITU VIITEEN KATEGORIAAN	
	KATEGORIA 1 KOSKEE DUURIMMAN RISKIN TUOTTEITA	X
	ELÄINPERÄISIÄ SIVUVIRTOJA EI OLE MAHDOLLISTA HYÖDYNTÄÄ	
MITEN BIOKEMIAALLISET KÄSITTELYT VAIKUTTAVAT?	KOMPOSTOINTI HAJOTTAA ORGANAANISTA AINESTA HAPETTOMISSA OLOSUHTEISSA	
	FERMENTOINTI ALENTAA pH-TASOA ja parantaa säilyvyyttä	X
	MÄDÄTYS VOI TUOTTAA BIOKAASUA	X
MITEN BIOHILI VAIKUTTA MAAPERÄSSÄ?	SITOO HIILTÄ	X
	ESTÄÄ MIKROBIPOPULAATION MUODOSTUMISTA	
	VÄHENTÄÄ HAPPAMUUTTA	X
MITÄ ETUJA RUOKASIENTEN KASVATUKSESSA ELINTARVIKEBIOMASSOISSA ON?	VOIDAAN HYÖDYNTÄÄ BIOMASSOJEN RAVINTEITA SIENILLE	X
	SE ON HELPPOA	X
	SIENIEN AVULLA VOIDAAN TUOTTAA ARVOKKAITA YHDISTEITÄ MUILLE TUOTANTOALOILLE	X
MIKSI SIVUVIRTOJA KANNATTAA HYÖDYNTÄÄ?	SITEN VOI LISÄTÄ JÄTEMÄÄRIÄ	
	SITEN VOI EDISTÄÄ KIERTOTALOUTTA	X
	SIVUVIRRAT VOIVAT SISÄLTÄÄ ARVOKKAITA YHDISTEITÄ	X
	NIIN VOI VÄHENTÄÄ RUOKAJÄTTEESTÄ MUODOSTUVIA KASVIHUONEKAASUJA	X
	HYÖDYNTÄMÄLLÄ VOI LISÄTÄ ELINTARVIKETUOTANNON KANNATTAVUUTTA	X
OLIKO TUNTIEN AINEISTO HYÖDYLLINEN?		YHT. 13
SAITKO UUTTA TIETOA?		
MITKÄ ASIAT OLIVAT MIELENKIINTOISIMPIA?		
VAPAA PALAUTE JA KOMMENTOINTI MATERIAALISTA, TUNNISTA TAI OPETUKSESTA:		

Liite 3 Monimuoto-opiskelijoiden sähköisen monivalintatestin sisältö

MONIVALINTATEHTÄVÄ	VÄITE	OIKEA VASTAUS
MITÄ SIVUVIRTA TARKOITTAAN?	TUOTANNOSSA SYNTYVIÄ AINEITA TAI ESINEITÄ, JOTKA EIVÄT PÄÄDY TUOTTEESEEN TUOTTEEN MAUJUTEITA	X
MITKÄ SEIKAT VAIKUTTAVAT SIVUVIRTOJEN MÄÄRÄÄN?	KAIKKEA RISKIÄ JA VAARAA AIHEUTTAVIA AINESOSIA AINOSTAAN TUOTANTOLAITOKSEN KOKO VALMISTETTAVA TUOTE JA SEN VALMISTUSMENETELMÄ	X
MIKSI ELÄINPERÄISEN SIVUVIRTOJEN KÄSITTELYÄ SÄÄDELÄÄN LAEILLA?	RAAKA-AINEIDEN ESİKÄSITTELYN TÄSÖ KÄSIVIPERÄISTEN INFЕКTORISKIEN VUOKSI KOSKA NIITÄ EI KANNATA HYÖDYNTÄÄ	X
MIKSI SIVUVIRRRAT SAATTAVAT VAATIA ESİKÄSITTELYÄ ENNEN PROSESSOINTIA?	TURVALIUSEN KÄSITTELYN TAKAAMISEKSI NIISSÄ VOI OLLA LIKAA, TAI ROSSIA, JOTKA ON POISTETTAVA NIDEN SÄILYYYS VOI OLLA HEIKKOA ILMAN KÄSITTELYÄ	X
MITEN BIOKEMIAALLISET KÄSITTELYT VAIKUTTAVAT?	NIDEN RAKENNE EI EHKÄ SOVELLU PROSESSEIHIN ILMAN ESİKÄSITTELYÄ KOMPOSTOINNISSA HAJOTETAAN ORGaanista aineista HAPETTOMISSA OLOSUHTEISSA FERMENTOINTI NOSTAA pH-TASOA	X
MIKSI BIOKAASUSÄILIÖIDEN ON OLTAVA MAHOOLLISIMMAN TIIVIITÄ JA ERISTETTYÄ?	MÄDÄTYS VOI TUOTTAA BIOKAASUA PROSESSISSA TYÖSKENTELEVÄT MIKROBIT EIVÄT SIEDÄ HAPPEA PROSESSISSA KUUMENNETAAN SEOS KIEHUVAN KUUMAKSI	X
MITÄ ERI AINESOSIA VOIDAAN SAADA KÄSITTELEMÄLLÄ BIOMASSOJA PYROLYYSISSÄ?	PROSESSI NOPEUTUU LÄMMÖSSÄ TERVAN KALTAISIA BIOÖLJYJÄ HUMUSAINEITA	X
MILLÄ PERUSTEELLA HALUTTU AINESOSA VOIDAAN EROTELLA LIIUKSESTA UUUTTAMALLA?	BIOHILTÄ ERI HAIHTUVUUSOMINAISUUKSIEN PERUSTEELLA ERI LIUKOISUUSOMINAISUUKSIEN PERUSTEELLA	X
MITÄ SEIKAT PITÄVÄT PAIKKANSA BIODIESELISTÄ?	ERI TUOTANTOMÄÄRIEN PERUSTEELLA SEN VOITELUOMINAISUUDET OVAT TODELLA HUONOT SEN VOITELUOMINAISUUDET OVAT TODELLA HVVÄT	X
MITÄ AINESOSIA VOIDAAN SAADA JÄTEVESIVIVIRROISSA KASVATETTAVISTA MIKROLEIVISTÄ?	SE VOI AIHEUTTAA JOILLEKIN MATERIAALEILLE HEIKENTYMIÄ ANTIOKSIDANTTEJA L-VITAMIINEJA	X
MITÄ ETUJA ON SIENIEN KASVATUKSESSA ELINTARVIKEBIOMASSOISSA?	PIGMENTTIAINEITA SITEN VOIDAAN HYÖDYNTÄÄ BIOMASSOJEN RAVINTEITA KASVATUKSESSA SE ON KOHTALAISEN HELPPOA	X
MIKSI ELINTARVIKETUOTANON SIVUVIRTOJA KANNATTAA HYÖDYNTÄÄ?	KASVATETTAVIEN SIENIEN AVULLA VOIDAAN TUOTTAA ARVOKKAITA YHDISTEITÄ MUJILLE TUOTANTOALOILLE SIVUVIRRRAT VOIVAT SISÄLTÄÄ ARVOKKAITA YHDISTEITÄ SITEN VOI EDISTÄÄ KIERTOTALOUTTA	X
	HYÖDYNTÄMÄLLÄ SIVUVIRTOJA VOI LISÄTÄ ELINTARVIKETUOTANNON KANNATTAVUUTTA	X
	SITEN VOIDAAN VÄHENTÄÄ RUOKAJÄTTEIDEN MÄÄRÄÄ	X
	YHTEENSÄ 24	

Liite 4. Kuvagallerian kuvia

