
RUOKAJÄTTEEN SÄILYMINEN



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

HAMK
HÄMEEN AMMATTIKORKEAKOULU

Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö
Bio- ja elintarviketekniikan koulutusohjelma
Hämeenlinna, syksy 2014

Miro Sairio

HÄMEENLINNA

Bio- ja elintarviketekniikan ko.
Ympäristöbiotekniikka

Tekijä	Miro Sairio	Vuosi 2014
Työn nimi	Ruokajätteen säilyminen	

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyö liittyi tutkimus-hankkeeseen ”Biojätteistä ja lietteistä kestävää toimintaa” (Bioliike), jota rahoitetaan Etelä-Suomen EAKR-ohjelmasta.

Työn tarkoituksena oli selvittää ruokajätteen laadun muutoksia aerobisen ja anaerobisen säilönnän aikana. Käytännössä testattiin eri ruokajäteseoksia, jotka koostuivat mahdollisimman erityyppisistä, vaikkakin tyypillisistä erilliskerätyistä biojätteistä. Tutkittavan säilöntäajan jälkeen selvitettiin, miten erilainen säilöntätapa (hapellinen ja hapeton) vaikutti ruokajätteen massahäviöön, happamuuteen tai muihin ominaisuuksiin. Osa näytteistä oli koko säilöntäajan koskemattomina ja toisiin lisättiin päivittäin uutta jäteainesta. Lisäksi kaikkia näytteitä seisotettiin säilöntäajan jälkeen avonaisessa astiassa vielä viikon ajan, jotta nähtiin säilöntätapojen vaikutus, kun jäte joutui uudelleen tai pidemmäksi aikaa hapelle alttiiksi.

Tutkimuksessa selvitettiin säilöntätapojen vaikutuksia myös sekajätteen. Sekajätettä testattiin vastaavasti kuin biojätettä eli seisottamalla näytteitä koskemattomana sekä lisäämällä uutta jätejätettä päivittäin.

Tutkimuksessa saadut päätulokset koskivat mm. näytteiden massahäviöitä säilönnän ja seisotuksen aikana sekä monia muita ominaisuuksia, kuten pH:n muutosta, eri aineiden pitoisuuksia (esim. kokonaistypen) ja ulkonäön muutoksia. Säilöntä hapettomissa olosuhteissa oli edullista mm. jätteen laadun ja massahäviön kannalta, verrattuna avosäilöntään.

Avainsanat Ruokajäte, säilyvyys, aerobisuus, vakuumisäilöntä, avosäilöntä

Sivut 60 s. + liitteet 14 s.

HÄMEENLINNA

Degree Programme in Biotechnology and Food engineering
Environmental Technology

Author	Miro Sairio	Year 2014
Subject of Bachelor's thesis	Preservation of food waste	

ABSTRACT

This Bachelor's thesis is related EAKR (ERDF) project "Sustainable development from bio waste and sludges" (Bioliike) that began in February 2013 and is financed by South Finland EAKR program.

The purpose of the thesis was to examine factors affecting aerobic and anaerobic preservation of food waste. Different types of typical food waste mixes were tested consisting of as many different types of bio waste as possible separately collected. After a certain time of preservation time it was examined what kind of effect the different preservation methods (aerobic or anaerobic) had on the amount of food waste, its acidity or other properties. Some of the samples remained untouched during the entire preservation time and to some samples a different waste ingredient was added every day. Moreover, all samples were held in open container for a week after the preservation time to show the effects of the preservation methods when samples were exposed to oxygen again or after a longer time.

The effects of the preservation methods on mixed waste were also examined on the thesis. The mixed waste samples were also tested by holding them untouched or adding a new waste ingredient daily.

The results obtained from the study showed for example, that the samples lost mass during the preservation time. There were also changes in many other properties like changes in acidity, different chemical concentrations (like nitrogen) and changes in the appearance. Based on the results obtained conclusions were drawn to decide if the study could be useful for the future and if any follow-up research could be necessary. Preservation in oxygenless conditions was also affordable considering waste's quality or mass loss compared to open preservation.

Keywords Food waste, preservation, aerobic, vacuum preservation, anaerobic

Pages 60 p. + appendices 14 p.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	YLEISTÄ BIOJÄTTEESTÄ.....	2
3	BIOJÄTTEEN KERÄYS JA SÄILYVYYS	3
3.1	Biojätteen keräyskäytäntö ja lainsäädäntö	3
3.2	Biojätteen hajoamiseen vaikuttavia tekijöitä ja hajoamisympäristö	4
3.3	Biojätteen säilyvyyttä parantavia toimenpiteitä	5
3.4	Kalan happosäilöntä	5
4	BIOJÄTTEEN HYÖDYNTÄMINEN	6
4.1	Biojätteen kompostointi mullaksi.....	6
4.2	Biokaasun tuotto biojätteestä anaerobisissa oloissa	7
4.3	Etanolin tuotto biojätteestä.....	8
4.4	Biodieselin tuotto biojätteestä	9
4.5	Biojätteen poltto	10
4.6	Biovedyn tuottaminen biojätteestä	10
4.7	Biojätteen hyödyntäminen ravinteena	11
5	SÄILÖMISEN PERIAATE.....	12
5.1	Säilymiseen vaikuttavat tekijät.....	12
5.2	Rehunsäilöntä ja sen mikrobiologia	13
5.3	Elintarvike- ja jätesovellukset	14
5.3.1	Yleiset elintarvikesovellukset.....	14
5.3.2	Kaasujen käyttö ja muut säilöntätavat	14
5.3.3	Biojätteiden säilöntä	15
6	KOKEELLINEN OSIO	15
6.1	Biojäteseokset ja niiden valmistus	15
6.2	Sekajäteseokset.....	16
6.3	Ruokajätteelle suoritettut analyysit ja koejärjestelyt.....	17
6.4	Työssä käytetyt materiaalit ja menetelmät	17
6.5	Säilöntäkoet	18
6.5.1	Avosäilytys	19
6.5.2	Vakuumisäilytys	19
6.5.3	Jätelisäyksen vaikutus säilyvyyteen	20
6.5.4	Sekajätēsäilöntä	20
6.5.5	Näytteiden seisotus	21
6.6	Työssä käytetyt analyysit	21
6.6.1	Aistinvarainen havainnointi.....	21
6.6.2	PH:n määrittäminen	21
6.6.3	Kuiva-aines ja orgaaninen aines	22
6.6.4	Ammoniumtyppi (NH ₄ ⁺)	22
6.6.5	Kokonaistyyppi.....	23
6.6.6	Haihtuvat rasvahapot (VFA)	23
6.6.7	Hiilihydraattien ja ligniinin määrittäminen.....	24

6.6.8	Sokerimääritys	25
6.6.9	Massahäviölaskenta	26
7	TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU	27
7.1	Biojäteseoksen alkuominaisuudet	27
7.2	Avosäilöntä.....	28
7.2.1	Avosäilöntänäytteiden aistinvaraiset havainnot	28
7.2.2	Avosäilöntänäytteiden ominaisuudet.....	29
7.2.3	Avosäilöntänäytteiden massahäviöt	30
7.3	Vakuuminäytteet	31
7.3.1	Aistinvaraiset havainnot	31
7.3.2	Ominaisuudet.....	32
7.3.3	Massahäviöt.....	33
7.4	40 °C:ssa säilytetyt vakuuminäytteet.....	34
7.4.1	Aistinvaraiset havainnot	34
7.4.2	Näytteiden ominaisuudet	35
7.4.3	Näytteiden massahäviöt.....	36
7.5	22 °C:ssa + 40 °C:ssa säilytetyt näytteet	37
7.5.1	Aistinvaraiset havainnot	37
7.5.2	Näytteiden ominaisuudet	37
7.5.3	Näytteiden massahäviöt.....	38
7.6	Lisäysvakuuminäytteiden lisäys- ja pH-tiedot	39
7.7	Sekajätenäytteet.....	41
7.7.1	Aistinvaraiset havainnot	42
7.7.2	Sekajätenäytteiden massahäviöt	42
7.7.3	Lisäys sekajätenäytteiden pH-muutokset	44
7.8	Muutokset massassa	45
7.9	Muutokset happamuudessa säilönnän ja seisotuksen aikana	46
7.10	Muutokset kemiallisessa laadussa.....	47
7.10.1	TS- ja VS-arvot.....	48
7.10.2	Haihtuvat rasvahapot (VFA)	48
7.10.3	Ammoniumtyppi.....	49
7.10.4	Kokonaistyyppi.....	51
7.10.5	Hiilihydraattien ja ligniinin määrittäminen.....	52
7.10.6	Hiilihydraatit.....	54
7.10.7	Liukoiset sokerit	54
7.11	Pilaantuminen ja haju	55
7.12	Rakenne.....	56
8	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	56
	LÄHTEET	58

Liite 1	Kuvia näytteistä seisotuksen viimeisenä päivänä (14 vrk aloituksesta)
Liite 2	Tulosten raakadata
Liite 3	Eri näytteille tehtävät analyysit

1 JOHDANTO

Biojätettä syntyy kotitalouksissa, teollisuudessa, kaupanalalla ja ravintoloissa päivittäin. Biojäte on helposti hajoavaa ja pilaantuvaa, joten sen asianmukainen säilyttäminen ja riittävän nopea kuljettaminen käsittelypaikoille on tärkeää. Biojätettä kerätään jo paljon erillään, mutta myös sekajäte sisältää yhä runsaasti biohajoavaa jätettä. Biojäte koostuu kaikenlaisesta maativasta orgaanisesta jätteestä. Yleisimpänä on juuri ruokajäte, joka koostuu ruoantähteistä, valmistuksessa syntyneistä jätteistä (perkausjätteet, kuoret ym.) tai kahvinporoista ja niiden suodatinpusseista. Muita biojätteitä voivat olla puutarha- tai kasvijäte sekä teollisuuden orgaaninen jäte.

Ruokajätteen syntymistä tulee aina ensisijaisesti vähentää mm. kiinnittämällä huomiota kulutuskäyttäytymiseen, prosesseihin ja suunnitteluun. Osa biojätteen synnystä on kuitenkin väistämätöntä (perkuujätteet, kuoret, puutarhajäte ym.). Erilliskerätty biojäte on arvokasta raaka-ainetta hyödynnettäväksi mm. biopolttoaineiden valmistukseen ja näin sen keräämistä tulee yhä kehittää. Pilaantumista ja materiaalin hajoamista tulisi siis estää, jotta energia-arvo säilyy ja hyödyntäminen maksimoituu. Samalla olisi huolehdittava, että biojäte ei aiheuta hygieniaongelmia ja hajuhaittoja.

Nykykäytäntö biojätteen keräyksessä voi riippua maasta sekä jäteyrityksestä, mutta usein Suomessa yritykset järjestävät erilliskeräyksen biojätteelle omaan astiaansa. Tähän päätökseen vaikuttavat kiinteistön asukasmäärä sekä asukkaiden tuottaman biojätteen määrä tietyllä aikavälillä. Keräykseen liittyy myös biojätteen kuljetus jätteenkäsittelyyn ja sieltä sitä hyödyntäviin laitoksiin. Kuitenkin biojätettä voi myös joissain kiinteistöissä päätyä sekajätteen sekaan. Valistus, tiedottaminen sekä käytännöllisten toimintatapojen kehittäminen lisäävät jätteiden lajittelua ja biojätteen laa-
tua.

Tässä työssä tutkittiin ruokajätteen säilyvyyttä ja koostumuksen muutoksia hapettomissa olosuhteissa. Testattavaa menetelmää verrattiin nykykäytäntöön. Hapettomissa olosuhteissa syntyy maitohappobakteerin tuottamana maitohappoa, joka hapattaa orgaanisen materiaalin ja estää näin haitallisten mikrobien ja homeiden kasvua. Tätä tekniikkaa on yleisesti käytetty säilöntärehun valmistuksessa. (Parihar, 2008, 108.)

Säilöttyjen jätejakeiden rakenteen ja koostumuksen sekä massahäviön että pH:n muutoksia seurattiin säilömisajan aikana. Muutoksia seurattiin lisäksi sen jälkeen, kun jäte joutui uudelleen kosketuksiin hapen kanssa. Tutkitavista näytteistä osa oli nk. lisäysnäytteitä, joihin lisättiin päivittäin uutta ruokajätettä vanhan sekaan. Toinen koesarja säilytettiin koskemattomana. Tutkimuksessa pyrittiin myös selvittämään säilöntälämpötilan ja jätemassan kosteuden vaikutuksia säilyvyyteen. Lisäksi selvitettiin anaerobi- ja aerobisäilötyn sekajätteen käyttäytymistä seisotettaessa ja pieninä määrinä lisätynä. Myös eri tekijöiden vaikutusta ruokajätteeseen on ollut tutkinnan aiheena koskien lämpötilaa, kosteutta, aerobisuutta, anaerobisuutta sekä vakuumi-että avosäilönnässä. Tutkittavat bio- ja sekajätejakeet on valittu

yleisimpien, aiemmin tutkittujen, bio- ja sekajätteiden jakauman mukaisesti.

Kirjallisuudessa on selvitetty tietoa liittyen bio- ja ruokajätteen säilymiseen, hajoamiseen ja niiden hyödyntämismahdollisuuksiin. Kirjallisuudessa katsastettiin myös nykyistä biojätteiden käsittelyä sekä siihen liittyvää lainsäädäntöä.

Opinnäytetyö liittyy helmikuussa 2013 alkaneeseen EAKR-hankkeeseen ”Biojätteistä ja lietteistä kestävää toimintaa” (Bioliike), jota rahoitetaan Etelä-Suomen EAKR-ohjelmasta. Hanketoteuttajina ovat Hämeen ammattikorkeakoulu (HAMK), Lahden ammattikorkeakoulu (LAMK) ja Laurea-ammattikorkeakoulu, ja hankkeessa on mukana jäte- ja vesihuoltoalan yrityksiä ja biopolttoainetuottajia. Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja oli HAMK. Työn suoritus tapahtui pääosin kesän ja syksyn 2014 aikana.

2 YLEISTÄ BIOJÄTTEESTÄ

Termillä biojäte voidaan tarkoittaa kaikenlaista biohajoavaa ja kompostoituvaa materiaalia, kuten ruokajätettä, puutarha- ja maatalouskasvijätettä, teollisuuden sivuvirtoja, lietteitä, pilaantuneita elintarvikkeita, talouspaperia tai muunlaista maatuvaan orgaanista jätettä. Maataloudessa esiintyvän biojätteen koostumus voi käsittää oljet, lehdet, oljenkorret viljan jalostamisen jäljiltä tai muun maataloustoiminnassa syntyneen jätteen. Näistä jättejakeista käytetään yleensä nimitystä maatalouden sivutuotteet. Ruokajäte koostuu mm. poisheitetyistä elintarvikkeista, ruoan valmistamisessa syntyneistä jätteistä (perkausjätteistä, kuorista, jne.) tai syömättä jääneistä ruoantähteistä. Yleisimpiä biojätteiden tuottajia ovat kotitaloudet, ravintolat, koulut tai kaupat, elintarviketeollisuus ja maatalous. Biojätteet ovat välttämätön, ihmisen toiminnan takia syntyvä ilmiö, joiden syntyä ei voi välttää täysin.

Edellä mainituissa lähteissä biojätteen määrään vaikuttaa mm. kotitalouksien asukkaiden määrä suurihenkisen perheen tuottaessa enemmän biojätettä verrattuna vaikka yksinasuvaan henkilöön. Myös kulutustottumukset vaikuttavat syntyvän biojätteen määrään. Myös maailman jatkuvasti kasvava väkiluku lisää syntyvän biojätteen määrää entisestään ja monet perinteiset jätteenkäsittelymenetelmät eivät ole enää riittäviä ratkaisemaan syntyvän jätteen määrää. Toisaalta biojätteet ovat arvokas raaka-aine mm. biopolttoaineiden tuotantoon ja niiden sisältämät kivennäis- ja hivenaineet olisi tärkeää saada takaisin kiertoon. Näin ollen niiden keräämistä ja hyödyntämistä tulisi kehittää polttamisen sijaan.

Arviolta 80 % kunnallisesta jätteestä on orgaanista materiaalia, joka määritellään biohajoavaksi kotitalousjätteeksi, piharoskaksi tai ihmisten ja eläinten jätöksiksi. (Okonko, Ogun, Shittu & Ogunnusi, 2009, 839.)

3 BIOJÄTTEEN KERÄYS JA SÄILYVYYS

Kiinteän biojätteen erilliskeräyksessä sekä säilytyksen ja kuljetuksen kehittämisesä on tarkoitus edistää materiaalikierrätystä, jätteen hyötykäyttöä sekä välttää pilaantuvan biojätteen aiheuttamia haju- ja hygieniahaittoja.

3.1 Biojätteen keräyskäytäntö ja lainsäädäntö

Jätehuoltoon ja esim. biojäteastian tyhjennykseen liittyvä lainsäädäntö on usein maakohtainen. Jätehuollossa biojätteen erilliskeräämiselle on oma astiansa. Keräyskäytäntö kattaa niin biojätteen keräämisen, kuljetuksen ja sijoittamisen. Keräyskäytäntö voi hieman vaihdella, riippuen jäteyhtiöstä.

Biojäte on yksi hankalimmista jätetyypeistä ja tämä johtuu sen aiheuttamista hygieni- ja hajuongelmista. Useimmissa kotitalouksissa (esim. yli 10 henkeä sisältävät) on ohjeistettu, että biojäte on kerättävä kompostoituvasta materiaalista koostuvaan pakkaukseen ja vietävä omaan jäteastiaansa. Joidenkin jätekäsittelijöiden alueella myös muovipussit ovat sallittuja.

Jätteiden lajitteluun liittyen lajitteluohjeet ovat usein aluekohtaisia riippuen laitoksesta. Esimerkiksi joissakin laitoksissa kielletään talouspaperin, biohajoavien muovipussien tai kasvijätteen laittamisen muun biojätteen sekaan. Biojätteiden erilliskeräily on aloitettu Suomessa asteittain 1990-luvun alusta alkaen. Mikäli biojäte lajitellaan jo syntypaikalla, niin se on tärkeää sen hyödyntämisen kannalta mm. biopolttoaineen valmistamisessa. (Ajanko-Laurikko, 2007.)

Mikäli biojätettä tuottavissa kiinteistöissä on vähintään 10 henkeä tai biojätettä tuotetaan viikossa 20–50 kg, on biojäte kerättävä erilliseen astiaan, joka voi olla mm. paperipussi tai biohajoava muovipussi. Tosin voi olla, etteivät jotkin jätehuoltoyritykset hyväksy biohajoavan muovipussin käyttöä. Keräyksessä saa käyttää tilavuudeltaan enintään 240 l kannellisia jäteastioita tai maahan upotettavia syväkeräysastioita. (Jäteasiat, 2013.)

Biojätteiden kerääminen voidaan joko hoitaa erilliskeräyksenä tai samaan aikaan sekajätteen kanssa. Käsitteilyn suhteen koskien hyödyntämistä se voi vaihdella eri laitosten mukaan eli miten biojäte hoidetaan hyödyntämisen suhteen. (Ahtiainen ym. 2014, 7–8.)

Tulevaisuudessa jätteiden käsittelyä tullaan ohjailemaan enemmän EU:n jätehierarkian mukaisen ensisijaisuusjärjestyksen mukaan. Orgaanisen jätteen kannalta kaatopaikkakielto astuu voimaan vuonna 2016. Biohajoavan jätteen lisäksi tämä tarkoittaisi myös polttokelpoisten jätteiden, kuten puupohjaisten jätteiden tai tekstiilien sijoittamista kaatopaikalle. (Sundholm, 2011, 3.)

Biojätteen keräämiseen liittyvässä lainsäädännössä on esimerkiksi määrätty Valtioneuvoston asetuksesta 179/2012, että kuntien, teollisuuden, palveluiden sekä muun elinkeinotoiminnan harjoittajien tai jätteiden haltijoiden

on jätelain 8, 13 ja 15 §:ssä säädettyjen edellytysten mukaan järjestettävä vastuullaan olevan biojätteen erilliskeräys sekä kierrätys.

Jätelain 40 §:n mukaan kiinteistön haltijan on järjestettävä vastaanotto- paikka jätteenkuljetukseen kuuluvan jätteen keräystä varten. Järjestettävä vastaanottopaikka voi koskea yhtä tai useampaakin kiinteistöä. (Jätelaki. 2011.)

3.2 Biojätteen hajoamiseen vaikuttavia tekijöitä ja hajoamisympäristö

Biojätteen hajoamiseen vaikuttavia tekijöitä on monia. Niitä ovat mm. hajoamisympäristön olosuhteet, kuten lämpötila ja kosteus. Myös biojätteen rakenne vaikuttaa hajoamiseen. Biojätettä hajottavat ensisijaisesti erilaiset mikro-organismit ja niiden tuottamat entsyymit, jotka voivat olla lähtöisin useista eri lähteistä. Hajottajia on biojätteessä itsessään, maaperässä tai ilmassa. Näitä samoja hajottajia ja niistä eristettyjä entsyymejä käytetään myös mm. biopoltoainetuotannossa, kun orgaaninen aines halutaan hajottaa esimerkiksi sokereiksi.

Ruokajätteen hajoamisen kannalta siihen vaikuttavat varastointiolosuhteet ja hajoamisessa voi vapautua eri hajuisia yhdisteitä, riippuen ruokajätteen koostumuksesta. Esimerkkinä mm. suuri lihan määrä voi aiheuttaa epämiellyttävää hajua, joka voi pahentua nesteen läheisyydessä (kastikkeen tai pataruokien tähteet). Kotitalouksista kotoisin oleva ruokajäte tuottaa nopeasti hajuhaittoja, mikä johtuu sen korkeista nestepitoisuuksista, korkeasta orgaanisen aineksen pitoisuudesta ja eri kemiallisten ainesosien koostumuksesta. Orgaanisen aineksen proteiinien ja hiilihydraattien hajoamisessa voidaan odottaa syntyvän haihtuvia rasvahappoja sekä ammoniakkia. Rasvahapot ovat fermentatiivisen tai anaerobisen hajoamisen tulos ja ammoniakki taas proteiinien hajoamisen tulos.

Astioissa, joihin bio- tai ruokajäte sijoitetaan, jätteen altistuminen hapelle voi edesauttaa homeiden muodostumista ja tämä taas rasvahappojen muodostumista. On myös tutkittu lämpötilan vaikutusta ruokajätteen hajoamiseen, jossa hajoaminen on nopeampaa 20 °C-asteen lämpötilassa verrattuna 8 °C-asteen lämpötilaan. Myös massahäviön ja hajun voimakkuuden on tutkittu olevan suurempaa korkeammissa lämpötiloissa. Kuitenkin on tutkittu, että yli 60 °C lämpötilassa hajupäästöt ovat laskeneet huolimatta lämpötilan kohoamisesta, mikä voisi johtua mikrobien kuolemista tai niiden kasvun loppumisesta. (Qamaruz-Zaman & Milke, 2012, 2426–2428.)

Biojäte voi oikeissa olosuhteissa ja sopivien bakteerien läsnä ollessa hajota sekä anaerobisissa että aerobisissa olosuhteissa. Hallittua aerobista hajoamista tapahtuu mm. kompostissa ja anaerobista hajoamista biokaasuprosessissa. Biojätteen hajoaminen jätteen säilytyksen ja kuljetuksen aikana on hapellista, jolloin mm. homesieni kasvaa jätteessä. Jätepussissa tai kasassa massan painuessa tiiviiksi muodostuu myös hapeton tila, jolloin alkaa mätäneminen. Anaerobista hajoamisympäristöä on pidetty alempiarvoisena verrattuna aerobiseen hajoamisympäristöön liittyen sen kapasiteettiin. Sitä on ennen pidetty hitaana ja tehottomana, etenkin joidenkin

substraattien kannalta. Kuitenkin tietyissä hapettomissa ympäristöissä, kuten lehmän pötsissä lehmän ”märehtiessä” esimerkiksi runsaasti sellulosa sisältävästä ravinnosta on hyvät mahdollisuudet saada runsaasti liukenevia ravintoaineita. (Jördening & Winter, 2006, 229.)

Tämän lisäksi hajoamisympäristön lämpötila, kosteus ja happamuus vaikuttavat hajoamiseen. Tämä liittyy hajottajaeliöiden toimintaan.

3.3 Biojätteen säilyvyyttä parantavia toimenpiteitä

Biojätteiden keräämis- ja kuljetusketjuissa on tavoitteena estää biojätteen hajoamista ennen sen hyödyntämistä. Eräs tärkeimmistä toimenpiteistä olisi estää jätteen itsensä sisältämien mikrobien hajottamistoiminta mm. rajoittamalla niiden tarvitseman hapen saantia. Kalateollisuuden perkuujätteiden hyödyntäminen esimerkiksi rehuna on yleistä ja alalla on tarvittu tehokkaita menetelmiä tämän erittäin helposti pilaantuvan ja haisevan materiaalin säilöntään. Kuivattaminen, pakastaminen sekä happo- ja emälsäykset ovat yleisimpiä keinoja (kalan happosäilöntä). Happamuus voidaan toteuttaa sulkemalla biojäte vakuumiin. Lämpötilalla, veden määrällä ja happamuudella on näin ollen vaikutus säilyvyyteen.

Eli periaatteena biojätteen säilymisessä toimenpiteiden suhteen on estää biojätteessä olevien mikrobien hajoamistoiminta mm. hapattamalla olosuhteet mikrobeille haitallisiksi.

3.4 Kalan happosäilöntä

Elintarvikesovelluksista etenkin kalansäilönnässä kalan ja kalantuotantoprosessin sivutuotteita säilötään hapen avulla. Ja tämä etenkin, jos muuta nopeaa säilöntätapaa ei ole saatavilla. Suomessa etenkin 1990-luvun alussa hapen avulla säilöttyä kalaa on käytetty kalojen kuivarehun seassa muutamien prosenttien kuivapitoisuuksina ja kalankasvattajien itse tekemissä tuoterehuissa. Happosäilöttyä kalaa voidaan lisätä rehunvalmistuksen yhteydessä rehuun, etenkin nestemäisenä tai kalajauheeksi kuivattuna.

Etenkin Norjassa kalojen happosäilöntä on pysynyt yleisenä. Kalojen perkaamisessa syntyneiden sivujätteiden säilöntä on suoritettu hapolla. Sama massa on tiivistetty vähemmän vettä sisältäväksi kalajauhoksi.

Happosäilöntää varten kala on ensin jauhettava pilaantumisen hidastamiseksi. Käytettävän hapen määrä riippuu, mikä happo on kyseessä. Tämä johtuu eri happojen pH:n suuruudesta ja myös kalan ruotomäärästä. Epäorgaanisista hapoista rikkihappo säilöo vasta pH-arvon ollessa vasta 2 ja tämän takia tuote olisi neutraloitava ennen käyttöä.

Sen sijaan orgaaniset hapot, kuten muurahaishappo säilövät kalaa jo korkeammassa pH-arvoissa eli n. 3,7–3,8. Muurahaishapon avulla säilöittäessä sen osuus kalamassasta on n. 2–4 %.

Vaikka happosäilöntä hidastaa bakteerien kasvua, voi kalamassassa kuitenkin esiintyä kudoksia hajottavia entsyymejä. Kyseiset entsyymit voivat hydrolysoida kalamassan kudoksia juoksevaksi massaksi, johon voi mm. syntyä vapaita aminohappoja ja näistä voi vapautua ammoniakkia. Tämä voi heikentää massan ravitsemuksellista laatua.

Happosäilöntä voi myös lisätä vapaiden rasvahappojen määrää, joka voi altistaa kalamassan hapettumiselle. Rasvan laadun säilyttämiseksi olisi hyvä käyttää hapettumisen estoaineita, kuten etoksikiiniä tai sorbiinihappoa homeen torjumiseksi. Massaa on myös sekoitettava säilönnän aikana.

Myös fermentoimisen avulla voidaan tuottaa säilöttyä kalaa ja fermentointi voidaan käynnistää lisäämällä jauhettuun kalamassaan sokereita sisältäviä raaka-aineita, kuten melassia. Suurten kalamäärien säilöntämenetelmänä fermentointi ei ole yleistä. Etenkin trooppisissa maissa sen etuina ovat alhaisemmat tuotantokustannukset, edullisten hiilihydraattien saataavuus sekä fermentoinnin kannalta suotuisa ja lämmin ilmasto. (Vielma ym. 2013, 23–24.)

4 BIOJÄTTEEN HYÖDYNTÄMINEN

Biojätettä voidaan hyödyntää uusiutuvana energialähteenä mm. biokaasun tai bioetanolin tuotannossa. Materiaalia voidaan myös kierrättää kompostoinnin avulla. Tässä luvussa käsitellään biojätteen erilaisia hyödyntämistapoja.

4.1 Biojätteen kompostointi mullaksi

Yleinen ja yhä käytetyin biojätteen käsittelytapa on kompostointi. Kompostoinnissa syntyy humusta, joka voidaan palauttaa takaisin maaperään ja kiertoon. Kompostiprosessia voidaan nopeuttaa huolellisella kompostin kääntämisellä ja on otettava huomioon lämpötila, mikrobikanta, käytetty biojäte, oikea ravinnesuhde sekä sopiva kosteus.

Kompostointi voidaan karkeasti jakaa kolmeen vaiheeseen (Kompostointi n.d.)

- 1) lämpenemisvaihe (mesofiilivaihe), jossa mikrobit hyödyntävät orgaanisen aineen ravinteita ja sokereita ja tämä voi kestää muutamia päiviä
- 2) kuumavaihe (termofiilivaihe), jossa kuumemmissa oloissa viihtyvät mikrobit nauttivat helposti hajoavia ravinteita ($T= 45\text{ }^{\circ}\text{C}-80\text{ }^{\circ}\text{C}$) ja tämä voi kestää muutaman viikon
- 3) jäähtymisvaihe, jossa helposti hajoavat ravinteet loppuvat ja lämpötilan lasku alkaa. Tämä kestää useita kuukausia ja samalla humusta muodostuu.

Kompostoinnissa lämpötila vaihtelee kompostoinnin eri vaiheissa. Lämpötila vaikuttaa mm. mikrobimäärään ja toimintaan. Mikrobin toimintaan vaikuttavat myös happi ja kosteus. Lämpötila vaikuttaa myös kosteussuhteisiin, joka taas vaikuttaa mikrobin aktiivisuuteen. Kompostointi riippuu

aika-lämpötila-suhteesta, joka vaikuttaa orgaanisen materiaalin hajoamiseen. Lämpötilan suhteen mikrobit voidaan jakaa mesofiilisiin ja termofiilisiin mikrobeihin. Lämpötilaan voi myös vaikuttaa kompostoitavan materiaalin koostumus, mikä johtuu pääosin niiden sisältämästä hiilestä. (Epstein, 1999, 36–37.)

Kompostoinnin mikrobikannan määrän on huomattu laskevan kompostoinnin termofiilisessä vaiheessa, mutta jälleen kohoavan lämpötilan laskeessa kypsytysvaiheessa. Erilaisia bakteerikantoja on tutkittu sekä termofiilisessä että mesofiilisessä vaiheessa. Tuoreissa jätteissä ja lämpötilan huippuvaiheessa hallitsevat bakteerilajit ovat olleet basilleja. Jäätymisessä ja kypsytysvaiheessa bakteerien monimuotoisuuden on todettu kasvavan, mukaan lukien Gram-positiiviset ja Gram-negatiiviset bakteerit. Eli kompostoinnissa mikrobitoiminta muuttuu monimuotoisuuden ja aktiivisuuden suhteen. (Ryckeboer, Mergaert, Coosemans, Deprins & Swings, 2003, 127–128.)

4.2 Biokaasun tuotto biojätteestä anaerobisissa oloissa

Biokaasu koostuu pääosin hiilidioksidista ja metaanista. Metaani on arvokas energianlähde, joka soveltuu lämmön ja sähkön tuotantoon sekä polttoaineeksi liikennevälineisiin. Orgaanista jätettä mädättämällä syntyy biokaasua, ja jätemäärä (kuiva-aine) vähenee. Biokaasun metaanipitoisuus ja hiilidioksidin puhdistusvaatimus vaihtelee eri käyttösovelluksissa. (Wall, Harwood & Demain, 2008, 155.)

Biokaasun tuottaminen tapahtuu anaerobisissa oloissa, jossa biojätteen sisältämä orgaaninen aines hajoaa biokaasuksi hapettomissa oloissa. Anaerobinen hajottaminen biokaasuksi voidaan jakaa karkeasti viiteen eri askeleeseen

- 1) orgaanisen materiaalin hajottamiseen
- 2) orgaanisten polymeerien hydrolyysiin monomeereiksi ulkosolullisten entsyymien toimesta
- 3) asidogeneesiin (monomeerien muuttuminen haihtuviksi rasvahapoiksi)
- 4) asetogeneesiin (etikkahapon tuotto muista haihtuvista rasvahapoista)
- 5) metanogeneesiin asetaatin kuluttamisen ja vedyn hyödyntämisen kautta, jossa näistä tuotetaan metaania.

Metaanin tuotossa anaerobisessa hajoamisessa käytetään ainakin neljää erilaista trofista ryhmää, joita ovat

- 1) fermentatiiviset heterotrofit, jotka hajottavat orgaanista materiaaleja (proteiineja, lipideja ja hiilihydraatteja)
- 2) vetyä tuottavia heterotrofisia syntrofeja, jotka hajottavat rasvahappoja ja ketoneja
- 3) vetyä hyödyntäviä metanogeenisiä arkkeja
- 4) metaania tuottavia metanogeenisiä arkkeja.

Hajottajaeliöiden kannalta eräs tärkeä tekijä on hajoamisympäristön lämpötila etenkin anaerobisessa hajoamisessa, jossa lämpötila vaikuttaa mikrobien kirjavuuteen. Mesofiilisisä olosuhteissa (n. 35 °C) eliöiden kirja-

vuus ja erilaisten lajien määrä on suurempi ja erilainen verrattuna termofiiliseen olotilaan (välillä 55–60 °C). Kuitenkin anaerobisen hajoamisen toiminta tuntuu olevan molempien olotilojen kannalta samanlainen; joitakin patogeenejä esiintyy korkeammassa lämpötilassa ja jotkin substraatit hoitavat hajottamista tehokkaammin. Mutta 64 °C ylittävän lämpötilan on todettu aiheuttavan etikkahapon muodostumista ja prosessin pilalle menemistä johtaen vähentyneeseen metaanin tuottoon. (Ritari ym. 2012, 121–122.)

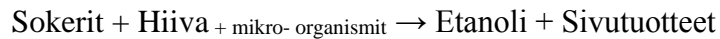
Anaerobisen hajoamisen prosessin soveltuvuus riippuu anaerobisten hajottajien tehokkuudesta. Mikäli kyseessä ovat kiinteät raaka-aineet, niin hajottaminen saattaa olla haaste. Tätä varten on kehitetty ja toteutettu erilaisia fyysisiä, kemiallisia tai biologisia tapoja raaka-aineen rakenteen hajottamiseksi ja bioreaktorin tehokkuuden parantamiseksi. Sekä fysiokemialliset että biologiset esikäsittelymenetelmät voivat parantaa raaka-aineiden biohajoavuutta, mutta fysiokemialliset menetelmät johtavat pääosin parempaan tehokkuuteen. Esimerkkinä tässä olisi raaka-aineen altistaminen happamiin, emäksisiin tai hapettaviin olotiloihin ja sitä ympäröivään korkeaan lämpötilaan. Kiinteät biojätteet, jotka tarvitsevat tällaisia esikäsittelymenetelmiä anaerobisen hajoamisen parantamiseksi ovat pääosin sellaiset, jotka sisältävät lignoselluloosaa tai mikropolymeerejä eli pitkäketjuisia ja vaikeasti hajoavia rakennelmia. Näitä ovat mm. kasvibiomassa tai puhdistamoliete. (Mudhoo, 2012, 56–57.)

Mikäli biokaasua halutaan tuottaa eläinten lannasta maatilojen biokaasulaitoksella, on tilan oltava sopivan suuri sopivan tuottopotentialin saavuttamiseksi. Liian pieni tila olisi melko kannattamaton. Tuottopotentialia voidaan laskea määrittämällä tilan lehmien, sikojen, siipikarjan ja muiden eläinten määrä sekä arvioimalla lannan tuotto vuotta kohti. Lantamäärät yleensä ilmoitetaan lietteenä, joka voi sisältää myös sade- ja pesuvettä. Tämän takia tuoreen (märän) lannan ilmoitetut määrät voivat vaihdella melkoisesti.

4.3 Etanolin tuotto biojätteestä

Etanolin tuotto ja käyttö polttoaineena on lisääntynyt vastauksena taloudellisiin ja ympäristöllisiin huoliin. Etanolin yleisimpinä raaka-aineina käytetään maissia ja sokeriruokoa. Myös muut runsaasti sokeria ja etenkin tärkkelystä sisältävät biojätteet sopivat etanolin tuottoon. Esimerkiksi maissitärkkelys prosessoidaan etanoliprosessiin joko kuivajauhamisella tai märkäjauhatuksella. Nämä prosessit eroavat lähinnä siinä miten tärkkelys saadaan käsiteltäväksi entsyymaattista hydrolyysia varten. (Wall ym. 2008, 3.)

Etanolin tuotto tapahtuu fermentoimalla, jossa käytetyt sokerit käyvät etanoliksi ja sivutuotteiksi hiivan toimesta (Kuvio 1, s. 9). Mikro-organismit toimivat tässä yhteydessä katalyyttinä. (Babu, Thapliyal & Girijesh, 2013, 225.)



Kuvio 1. Sokerin hajoaminen etanoliksi (Babu ym. 2013, 225).

Ennen fermentointiprosessia biojätteen sisältämä tärkkelys ja selluloosa on hajotettava entsyymaattisen hydrolyysin avulla yksinkertaisiksi sokereiksi, kuten glukoosiksi. Glukoosi voidaan mm. hiivan (*Saccharomyces cerevisiae*) avulla fermentoida ja myös sokeri nimeltä maltoosi voidaan fermentoida saman hiivan toimesta.

Sakkaroosi (sokeriruo'osta saatu disakkaridi) voidaan suoraan siirtää hiivasoluihin. Kuitenkin sakkaroosin koko aineenvaihdunta käynnistyy solun ulkopuolisessa hydrolyysissa periplasmisen invertaasin avulla. Invertaasi on entsyymi, joka toimii fermentaation katalyyttina.

Glukoosi, sakkaroosi ja maltoosi siirretään hiivasoluihin ja maltoosi hydrolysoituu solunsisäisesti glukoosiksi. Tällöin fosforyloitu glukoosi ja fruktoosi muutetaan glykolyysin kautta pyryvaatiksi, joka dikarboksyloidaan asetaldehydiksi. (Wall & Ym, 2008, 4.)

Etanoli muodostuu pelkistämällä asetaldehydiä. Yksi glukoosimolekyyli hajoaa kahdeksi etanoli- ja kahdeksi CO₂-molekyyliksi (Kuvio 2.). (Wall & Ym, 2008, 4.)



Kuvio 2. Glukoosimolekyylin hajoaminen etanoliksi ja hiilidioksidiksi (Babu ym. 2013, 225).

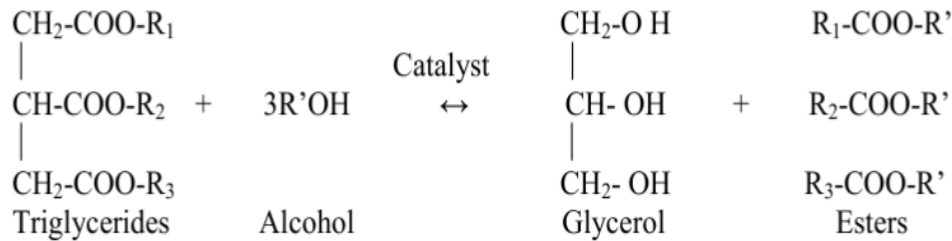
4.4 Biodieselin tuotto biojätteestä

Biodieselin tuotto on moderni tapa hyödyntää biojätettä. Maailmanlaajuisen biodieselin tuotto on kasvanut viimeisen parin vuosikymmenen aikana taloudellisen kannattavuuden parantuessa.

Yleisimpiä raaka-aineita biodieselin tuottoon ovat kasvi- ja eläinrasvat, jotka sisältävät triglyseridejä. Triglyserideissä useita rasvahappoketjuja on liittyneinä glyseriinimolekyyliin joko yhdellä, kahdella tai kolmella kaksoissidoksella. Joissain tapauksissa kaksoissidosta ei ole lainkaan. Kunkin kasviöljyn koostumus riippuu mm. sen rasvahappo-hiiliketjun pituudesta.

Biodieseliä tuotetaan transesterifikaatio-nimisessä prosessissa (Kuvio 3, s. 10), jossa R_n kuvaa eripituisia hiiliketjuja. Tyypillisessä prosessissa triglyseridit reagoivat alkoholin (pääosin metanolin) kanssa ja katalyytin läheisyydessä tuottaakseen biodieseliä ja glyseroli-nimistä triolia. Reaktio on kolmivaiheinen, jossa triglyserideistä muodostuu diglyseridejä ja näistä taas muodostuu monoglyseridejä. Jokaisessa vaiheessa tuotetaan estereitä eli biodieseliä. (Marchetti, 2010, 13–14.)

Kun käytetään alkoholina metanolia, saadaan metyyliestereitä, joista käytetään biodieselin lyhenteenä FAME (fatty acid methyl ester).



Kuvio 3. Tyypillinen transesterifikaatio reaktio eli vaihtoesteröinti (Marchetti, 2010, 14).

4.5 Biojätteen poltto

Biojätettä voidaan myös polttaa ja tällöin tuottaa energiaa. Biojätettä poltetaan erityisesti sekajätteen mukana, jossa vaikuttaa biojätteen suuri kosteusmäärä (n.65–80 %). Tällöin myös erilliskeräys ei ole tarpeen. Eräs syy, miksi polttoa käytetään yhtenä biojätteen käsittelymenetelmänä, on sen neutraalius päästöjen suhteen. Tällöin huolehditaan asianmukaisesti savukaasujen puhdistuksesta ja polttotekniikasta. Sekajätteen mukana poltetun biojätteen jäljelle jäävä epäorgaaninen aines, tuhka ei ole enää soveltuvaa kierrätettäväksi maaperään sekajätteen sisältämien epäpuhtauksien vuoksi. Verrattuna mm. mädätykseen, jossa saadaan hyödynnettävää lopputuotetta, biojätteen polttaminen on tässä suhteessa epäedullista. (Korpela, 2013.)

4.6 Biovedyn tuottaminen biojätteestä

Luonnossa bakteerien ja levien kyky tuottaa vetyä on noussut yhä suuremmaksi kiinnostuksen aiheeksi. Bakteerit ja levät ovat nousseet potentiaalisiksi vedyn tuottajiksi. (Rantanen, 2013, 14–15.)

Vetykaasun tuotanto on varteenotettava vaihtoehto fossiilisille polttoaineille sen ollessa puhdas ja ympäristöystävällinen polttoaine. Se myös tuottaa palaessaan vettä kasvihuonekaasujen sijasta. Sen lisäksi vedyn energia-arvo on noin kaksinkertainen verrattuna metaaniin. Vetyä voitaisiin tuottaa biojätteistä, jotka sisältävät runsaasti hiilihydraatteja pimeään H₂-fermentoinnin avulla. (Lee, Lee, Han & Hwang, 2014, 1886.)

Täten biovedyn tuottaminen ruokajätteestä olisi ideaalinen ja järkevä tapa, jota voitaisiin hyödyntää jätehuollossa ja energiantuotannossa. Pimeän fermentaation ympäristöolosuhteet vaikuttavat *Clostridium*-bakteerin toimintaan ja aineenvaihduntaan. *Clostridium*-bakteerien on todettu omaavan suurempi vedyn tuottokapasiteetti verrattuna esim. *Enterobakteereihin*. Aineenvaihduntaan voivat vaikuttaa monet tekijät, kuten pH, lämpötila, hiilen lähteet tai ravinteiden määrä ja koostumus. (Lee ym. 2014, 1886.)

Sopiva pH:n hallinta on avaintekijä *Clostridiumin*-ja biovedyn tuotto-prosessin aloittamiseksi ja operoimiseksi. Ruokajätteen hajotessa fermentoinnissa, pH alenee johtuen muodostuvista rasvahapoista. Sopivan pH-arvon ylläpito on tärkeää vakaan fermentaation pitämiseksi. (Lee ym. 2014, 1886.)

4.7 Biojätteen hyödyntäminen ravinteena

Monien kompostoinnin tai mädätyksen läpikäyneiden biojätteiden käyttäminen maanparannusaineena ja ravinteena on ympäristön näkökulmasta varteenotettava vaihtoehto jätehuollossa. Kun se hoidetaan järkevällä tavalla, kasvit voivat hyötyä biojätteen sisältämistä ravinteista ja orgaanisesta aineksesta, maaperän fyysiset ominaisuudet voisivat parantua ja biojätteet voitaisiin muuttaa resursseiksi. (Okonko ym. 2009, 836.)

Kasvava ravinnekierrätyksen ja kompostimateriaalin käyttö lannoitteena vaatii arvioita ja tarkkailua. Ravinteet tulisi saada takaisin maaperään ja kiertoon, erityisesti eroosiosta ja maan köyhtymisestä kärsivissä maissa. Samalla tulee kuitenkin huolehtia siitä, että maaperään ei pääse kumuloitumaan sinne kuulumattomia aineksia, jotka ovat vaaraksi ruokataloudelle (Okonko ym. 2009, 837.)

Biojätteen sisältämät ravinteet, kuten typpi, hiili- tai fosforiravinteet ovat yleisiä kasvien ravinteita. Ne voivat toimia maaperän ravinteena, mutta voivat kuitenkin liiallisina määrinä olla haitaksi maaperässä ja vesistöissä. Myös eläinten jätöksistä, kuten kanan lannasta tuotetut lannoitteet voivat toimia hyvänä ravinnelähteenä maaperän kasveille, mutta nekin voivat olla liiallisina määrinä haitaksi. (Okonko ym. 2009, 838.)

Käytännössä on mahdollista hyödyntää biokaasulaitoksen mädätysjäännöstä maataloudessa lannoitevalmisteena sellaisenaan tai jatkokäsittelyn jäljiltä. Mädätysjäännös ja siitä erotettu kuivajae luokitellaan maanparannusaineisiin. Biokaasulaitoksen käsittelyjäännöstä voidaan käyttää lannoitteena sellaisenaan sekä siitä erotettua kuiva-ainetta riippumatta raaka-aineesta. Myös rejektivesi sopii lannoitevalmisteeksi, mikäli laitoksen raaka-aineet ovat eläin- tai kasviperäisiä. Mutta puhdistamoperäiset raaka-aineet eivät käy.

Käsittelyjäännösten (liete, kuivajae tai rejektivesi) maatalouskäytön vaikutuksia maaperään on tutkittu selvittämällä kuormitus hehtaaria kohti. On tutkittu myös esimerkiksi raskasmetallien ym. haitta-aineiden pitoisuuden nousua per kg maata kohti.

Käsittelyjäännösten kemialliset ravinnepitoisuudet riippuvat käytetyistä raaka-aineista sekä käytetyistä prosesseista biokaasulaitoksessa. Esimerkiksi rejektiveden kannalta typen, fosforin ja kaliumin yhteenlasketun osuuden tulisi olla vähintään 1 % tuotepainosta, jotta sitä voidaan hyödyntää lannoitevalmisteena. Lannoitevalmisteiksi hyväksyttävissä rejektivesissä puhdistamolietettä saa olla korkeintaan 10 % raaka-aineista. Mikäli nämä vaatimukset eivät täyty, rejektiveden ravinteita ei hyödynnetä ja se käsitellään jätevetenä.

On myös todettu, että joillain käsittelyjäännöksillä voi olla taipumus tiettyissä olosuhteissa kertyä elintarvikkeisiin joko kasvien tai eläinten kautta niiden syömien rehujen takia. Kasvi- ja eläinlajit voivat vaikuttaa kertymiseen. Kasvien kohdalla kulkeutuminen yleensä tapahtuu juurien kautta. (Marttinen, Suominen, Lehto, Jalava & Tampio, 2014, 10–11, 30–32,39,44.)

5 SÄILÖMISEN PERIAATE

Säilömisestä periaatteena on aina ollut edistää mm. ruoan, rehun tai hyödyllisen biojätteen säilymistä mahdollisimman pitkään ja tehokkaasti. Erilaisia tapoja säilömisestä toteuttamiseen on testattu ja yleisesti käytössä ja erityisesti tarkoituksena on ollut edistää ruoan säilymistä mahdollisimman pitkään. Ruoan säilönnän merkittävän kehittymisen voidaan olettaa alkaneen kun esihistoriallisen ajan ihmiset alkoivat hyödyntää tulta ruoan käsittelyssä. Tätä tapaa ovat myöhemmin aikoina seuranneet eri ruokatyyppien suolaaminen, öljyäminen tai happamoittaminen raakana tai käsiteltynä. Monet aikaisemmat säilöntäteknikat ovat nykyään yhä käytössä. (Tewari & Juneja, 2008, 3–7.)

Periaatteena on siis estää ulkopuolisten ei-toivottujen ainesosien, kuten haitallisten mikrobien joutumista säilöttävään materiaaliin, jolloin hidastetaan tai estetään esimerkiksi pilaantumista tai homehtumista. Mikrobeja on joka puolella eikä ruoka ole poikkeus ja etenkin raa'assa ruoassa niiden esiintyminen voi olla runsasta. Jotkut haitalliset mikrobit voivat aiheuttaa ruoan pilaantumisen. Toisenlaiset mikrobit taas ovat haitallisia ihmisen terveydelle aiheuttaen ruokamyrkytyksen tai muunlaisia haittoja terveydelle. Eli säilönnän tavoitteena on tällaisten mikrobien kannalta tuhota ne mm. kypsentämällä ruoka kunnolla ja säilöä se mahdollisimman hyvin, jotta haitalliset mikrobit eivät pääse reagoimaan sen kanssa.

5.1 Säilymiseen vaikuttavat tekijät

Säilyvyyteen vaikuttavat eri parametrit, kuten

- lämpötila
- kosteus
- happamuus
- haitallisten mikrobien määrä
- hapen saanti.

Optimilämpötila mikrobien kasvamiselle orgaanisessa materiaalissa, kuten ruoka- ja biojätteessä välillä 30–37 °C. Mikrobit voivat myös kasvaa metallisissa lämpötiloissa, mutta hitaasti. Kasvunopeus riippuu siitä, mikä mikrobilaji on kyseessä. Kasvuun voidaan vaikuttaa lämpötilan laskulla esimerkiksi pakastamisella.

Ruoka- tai biojätteen varastointiolosuhteet voivat olla suuressa kosteissa olosuhteissa otollinen tila mikrobien määrän kasvamiselle. Tämä riippuu ajasta ja kosteuden määrästä, sillä kosteat olosuhteet ovat myös paljon ihanteellisempi olotila homeiden kasvamiselle korkean kuivuuden sijaan. Myös aerobiset olosuhteet edesauttavat homeiden kasvua ja mikrobien toimintaa.

Useimmat bakteerit eivät kestä korkeaa happamuutta. Heikot orgaaniset hapot, kuten maito- tai sitruunahappo omaavat paremman antimikrobiologisen toimintakyvyn verrattuna epäorgaanisiin happoihin. Näin ollen happoja voidaan lisätä säilöttömään materiaaliin tai mm. säilytyspussiin. Otollliset olosuhteet luomalla saadaan myös biojätteen oma maitohappotuotanto toimintaan ja happamoituminen aikaiseksi tämän myötä.

5.2 Rehunsäilöntä ja sen mikrobiologia

Säilörehun tuottaminen on yksi tunnetuimmista säilöntämenetelmistä. Rehun säilönnällä turvataan helposti pilaantuvasta ruohosta pilaantumaton ravinnerikasta ravintoa eläimille läpi koko vuoden. Rehua tuotetaan valtavissa ilmatiiviissä siiloissa tai kammioissa anaerobisissa oloissa. Yleensä käytetään myös tiiviitä pusseja, joita voidaan säilöä pelloilla (nk. dinosauruksen munat). Raaka-aineena voi olla heinä, ruoho, tai vaikka rehumaissi. Samaa menetelmää käytetään myös elintarvikkeiden valmistuksessa mm. kaalien (hapankaali) ja muunlaisten vihannesten fermentoinnissa. Tuoreet kasvit ovat vanhoja parempia vaihtoehtoja fermentointiin. Hapettomuudesta tulee huolehtia mahdollisimman tuoreessa vaiheessa, sillä altistuminen ilmalle mahdollistaa aerobisten pilaajaorganismien ylikasvun ja materiaalin pilaantumisen.

Päätavoitteena rehusäilönnässä on tuottaa tarpeeksi maitohappoa tiettyjen bakteerien toimesta rehumateriaalin hajoamisen inhibitoimiseksi muiden mikro-organismien toimesta. Luonnollista maitohapon muodostumista ja rehun happamointia voidaan edistää lukuisilla tavoilla. Raakasokerista puristettuja molasseja voidaan lisätä joukkoon sisäisen fermentoinnin avustamiseksi. Fermentoinnin aikaisessa vaiheessa bakteerit kuten Aerobakteri-lajit ovat hallitsevia bakteereja. Kuitenkin rehun pH:n alentuessa streptococit ja lactobacillit tulevat nopeasti hallitseviksi bakteereiksi ja 3–4 viikkoa fermentoinnin jälkeen vakaa tuote on syntynyt. Maitohappokäymisen lisäksi tai sijaan säilöttävään materiaaliin voidaan lisätä esimerkiksi muurahaihappoa (AIV-rehu), jolloin happamoituminen tapahtuu nopeasti ja hallitusti.

Säilörehun tuotannon aikana muodostuneet tai sinne lisätyt hapot ovat syövyttäviä. Etenkin vanhemmissa siiloissa se voi olla ongelmallista seinämän syöpyessä. Jos säiliöön pääsee ilmaa, se johtaa helposti tuotteen pilaantumiseen. Tästä johtuen rehuntuotannossa käytetyt rakennelmat on nykyisin päällystetty tiukasti polyeteenillä. Rehut säilyvät happamissa oloissa ja niiden haju on houkutteleva karjalle. (Evans, 1999, 81–82.)

Rehusäilönnän otollisissa oloissa pH-arvo on 4,5 tai alle, maitohapon pitoisuus 3–5 % tai enemmän ja voihamon pitoisuus 2 % tai vähemmän. (Parihar, 2008, 108.)

Mitä biojätteen säilömiseen tulee, niin kuten edellä on mainittu, useimmat mikrobit (pääosin bakteerit) eivät kestä liian happamia oloja ja rehusäilönnän ympäristö voisi olla happamuudeltaan sopiva biojätteen hajoamisen estämiseksi.

5.3 Elintarvike- ja jätesovellukset

Tässä luvussa on esitetty säilönnän sovelluksia liittyen elintarvikkeiden ja biojätteiden säilömiseen.

5.3.1 Yleiset elintarvikesovellukset

Elintarvikkeiden säilönnässä on tavoitteena juuri estää ruoan pilaantuminen niin kauan kuin se vain on mahdollista. Näin pyritään estämään ruokamyrkytystä ja säilyttämään ruoan ravinnearvot ja maku. Säilönnästä voidaan edistää vaikuttamalla edellä mainittuihin parametreihin, kuten haitallisten mikrobien kasvuun tai rasvojen hapettumisen estämiseen. (Meenakshi, 2007, 61.)

Eräät elintarvikkeiden säilömistavat vaativat niiden pakkausten sulkemista käsittelyn jälkeen haitallisten mikrobien pääsyn tai kuivumisen estämiseksi. Haitalliset mikrobit voidaan monista eri elintarvikkeiden raaka-aineista tappaa raaka-aineiden kunnollisella kypsennyksellä tai keittämällä, jolloin ainakin suurin osa mikrobeista kuolee riippuen niiden lämpönsietokyvystä. Mikrobien kasvuun voidaan vaikuttaa myös lämpötilan avulla laskemalla sitä tai pakastamalla elintarvikkeet.

Etenkin maidon säilönnässä käytetään pastöinti-nimistä tapaa haitallisten bakteerien tuhoamiseksi, jossa maito ensin esikuumennetaan, sitten maito kuumennetaan vähintään n. 72 °C 15 sekunnin ajaksi ja sitten maito jäähdytetään. Pastöinnin lämpötilat ja ajat voivat hieman vaihdella maittain (Pastöinti n.d.)

5.3.2 Kaasujen käyttö ja muut säilöntätavat

Elintarvikkeiden ilmatiiviit vakuumpakkaukset ovat myös tehokas keino edesauttaa elintarvikkeiden säilymistä. Näin estetään mikrobien kasvua hapenpuutteen avulla ja tämä yhdistettynä pakkausten viileässä lämpötilassa säilömiseen. Usein naudanlihan vakuumpakkauksissa käytetään lisäksi erilaisia kaasuja, kuten hiili- ja typpidioksidia haitallisten mikrobien tappamiseksi. Tosin sianlihapakkauksissa käytetään happea lihan punaisen värin säilyttämiseksi.

Muunlaisia tapoja elintarvikkeiden säilömiseen ovat mm. kuivaaminen tai kylmäkuivaus, suolaaminen, savustus sekä sokeri- tai hapansäilöntä (esimerkiksi kurkkujen säilöntä etikkahapolla). (Meenakshi, 2007, 61–67.)

5.3.3 Biojätteiden säilöntä

Biojätteiden, kuten muidenkin orgaanisten materiaalien säilyvyyttä voidaan parantaa yllä olevin menetelmin. Kalateollisuudessa on laajasti käytössä pakastus, kuivaus ja jossain määrin myös hapotus. (Vielma ym. 2013.)

Elintarviketeollisuuden jätejakeita hyödynnetään mm. minkin rehuksi, jolloin riittävän nopea pilaantumien estäminen on tärkeää. Hapottamalla jäte tarpeeksi happamaksi saadaan turvallista raaka-ainetta rehuteollisuudelle. Happamuuden on oltava riittävä, jotta ei luoda otollisia elinoloja mm. anaerobisille klostrideille. Myös lämpötilan säätäminen joko aerobisessa tai anaerobisessa säilytyksessä sopivan alhaiseksi hidastaisi biojätteen mikrobien toimintaa, mutta se ei tapa mikrobeja.

Kalateollisuuden perkuujätteisiin on testattu myös maitohappokäymistä mm. vakuoimalla materiaali ilmatiiviiseen astiaan tai pussiin. (Vielma ym. 2013, 23–24.)

Erityisesti suuremmissa laitoksissa (sairaalat tai elintarviketeollisuus) kerätty biojäte voidaan jauhaa ja johtaa suuriin sammioihin, joihin massan puristuessa syntyy lähes hapeton tila. Biojätteen käsittelyyn on myös olemassa laitteita, jotka jauhavat ja kuivattavat materiaalin säilymään paremmin kuljetuksen aikana.

Tästä hyvänä esimerkkinä olisi biojätteen käsittelyyn suunnitellut Combio- ja Minicombio-puristimet, joiden avulla biojäte voidaan puristaa tiiviiksi ja tarvittaessa lisälaitteiden avulla viilentää ja samalla säilyvyys paranee. Puristimien ollessa täysin nestetiiviitä ympäristö niiden ympärillä säilyy hygieenisenä. (Combio ja Minicombio, 2013)

6 KOKEELLINEN OSIO

Tässä luvussa on kuvattu tutkittavien biojäteseosten koostumuksia, koejärjestelyjä, käytettäviä analyysejä sekä käytettäviä varusteita.

6.1 Biojäteseokset ja niiden valmistus

Kokeellisessa osiossa käytetyn ruokajätteen eri osien koostumus painoprosentteina on valittu yleisten ruokajätetyyppien perusteella. (Silvennoinen, Koivupuro, Katajajuuri, Jalkanen & Reinikainen, 2012, 35.)

Kokeellisessa osiossa seoksina olivat seuraavat

- perunaa keitettynä 20 % (60 g)
- hedelmäsosetta (omenaa ja satsumaa) 10 % (30 g)
- salaatti- ja vihannesseos (jääsalaattia, kasviksia ja kurkkua) 15 % (45 g)
- viljatuotteet (kuivaa makaronia ja leipää) 15 % (45 g)
- lihaa (eineslihapullia ja pitsakuutioita) 10 % (30 g)
- kahvinporoja ja suodatinpussinpaloja 15 % (45 g)
- kalaa (1/3 seitiä sekä paistettuna että raakana ja 1/3 tonnikalaa) 15 % (45 g)
- yhteensä: 100 % (300 g).

Kustakin ainesosasta määritettiin ennen aloittamista kuiva-ainepitoisuus, joiden prosentit on laskettu rinnakkaisnäytteiden keskiarvon mukaan (Liite 2, s. 2/2). Kuiva-ainepitoisuuksien perusteella laskettu seoksen kuiva-ainekoostumus oli seuraava

- perunat = 6,6 g TS
- hedelmäsose = 4,29 g TS
- salaatti- ja vihannesseos = 4,59 g TS
- viljatuotteet = 18,5 g TS
- liha = 11,39 g TS
- kahvinporot ja suodatinpussit = 13,86 g TS
- kala = 11,25 g TS
- yhteensä seoksen kuiva-ainepitoisuus = 25,3 %. (Taulukko 3. s 27.)

Alun perin oli aikeena käyttää näytteinä normaaleja näytteitä ja ns. märkiä näytteitä, joiden ka-pitoisuus olisi alennettu vesilisäyksillä. Mutta koska seos näytti olevan melko kostea, niin lisäyksen sijaan ”märkinä” tutkittavat näytteet kuivattiin punnitsemalla joukkoon n. 20 g kuivaa käsipaperia ja nämä näytteet tutkittiinkin ”kuivina” näytteinä.

Ruokajätteistä otettiin perusseokset, sekä normaali että kuiva seos. Näistä määritettiin TS ja VS, pH sekä valmistettiin uutteen (suhde 1+10). Uutteista määritettiin mm. ammoniumtyyppi, kokonaistyyppi tai VFA, joista saatuja arvoja verrattiin tutkittaviin näytteisiin. Kiinteää näytettä laitettiin tarvittava määrä minicrip-pusseihin.

Myös muutoksia näytteiden alku- ja loppuarvoissa TS:n, VS:n, pH:n tai massahäviön suhteen oli tarkoitus verrata alkuperäisiin seoksiin. Lopputilanne arvioitiin näytteiden viikon seisotuksen jälkeen.

6.2 Sekajätteseokset

Rinnakkaisen tutkimuksen kohteena oli sekajäte. Sekajätejakeiden painoprosentit valittiin yleisimpien syntyneiden sekajätteiden perusteella koskien pääosin 2–4 hengen huoneistoja, jotka tuottavat sekajätteitä. (Pulkkinen, Vehmas, Herkkola & Sinisalo, 2008, 24.)

Sekajätteen kanssa tutkittava biojäte koostui pääosin kasviksista ja salaa-
tista, mutta sen koostumusta ei tarkemmin määritelty. Näytteiden koko-
naismassaksi valittiin 100 g useimpien sekajätteiden ollessa melko kevyitä
ja tilaavieviä. Niitä olisi vaadittu liian paljon ja ne eivät olisi mahtuneet
tutkimuksessa käytettävään pussiin tai astiaan.

Sekajätteen koostumus oli

- biojätettä 30 % (30 g)
- kartonkia ja papereita 20 % (20 g)
- puutarhajätettä 30 % (30 g)
- muovia 10 % (10 g)
- tekstiiliä 5 % (5 g)
- olkia 5 % (5 g)
- yhteensä: 100 % (100 g).

6.3 Ruokajätteelle suoritettut analyysit ja koejärjestelyt

Näytteistä tehtiin TS:n ja VS:n eli kuivan ja orgaanisen aineen sekä pH:n
määrittäminen alussa ja lopussa. Massan muutoksen seuraaminen koski vain
koskemattomina olleita näytteitä ja pH:n muutoksen seuraaminen lisäys-
näytteitä.

Kun näytteitä oli säilytetty viikon ajan, niin näytteistä otettiin jälleen TS- ja
VS-arvot, pH:n sekä massojen muutokset laskettiin. Myös kuvia otettiin
runsaasti, jotta parhaiten kyettiin näkemään muutokset ulkonäössä. Tämän
jälkeen aloitettiin kaikkien näytteiden viikon mittainen seisotus avonais-
sa tilassa, jolloin oli tarkoitus seurata niiden pilaantumista ja ulkonäön
muutosta. Seisotuksesta on kerrottu tarkemmin luvussa 6.5.5.

Säilöntäajan jälkeen koskemattomista näytteistä valmistettiin uutteen suh-
teella 1+10 ja uutteleille suoritettiin ammoniumtyypin määrittäminen siihen tarkoi-
tetulla Kjeltec-laitteistolla, VFA:n määrittäminen titraamalla sekä liukoisten so-
kereiden määrittäminen. Samoista näytteistä otettiin uudestaan uutteen viikon
seisotuksen jälkeen, joille suoritettiin pääosin samat analyysit.

Tulevia analyyseja varten näytteistä otettiin myös tarvittava näytemäärä
minicrip-pusseihin, mikäli kiinteää näytettä tarvittiin analyysiin. Tällaisia
olivat mm. kokonaistypin määrittäminen samalla Kjeltec-laitteistolla, jolla
myös uutteen ammoniumtyppi määritettiin, kylmäkuivaus kiinteille
näytteille, jonka jälkeen niistä määritettiin hiilihydraatit. Hiilihydraatti-
määrittäystä varten tarvittava määrä näytettä oli kylmäkuivattava.

Näytteille suoritettut analyysit on kuvattu tarkemmin luvussa 6.6.

6.4 Työssä käytetyt materiaalit ja menetelmät

Tutkittavien näytteiden ja käytettävien vakuumpussien lisäksi työssä käy-
tetyt materiaalit sisälsivät seuraavia materiaaleja ja välineitä

- erisuuruisia dekanterilaseja
- pipettejä ja niiden kärkiä
- minicrip- pusseja
- koeputkia
- lämpökaappeja (Thermocenter, Salvis lab & Finero)
- vaakoja (Mettler Toledo & Mettler AT200)
- kjeltec- laitteisto ja kjeltec- putkia
- typenpolttolaitteisto
- ravistelija (Heidolph, Promax 2020)
- pH- mittareita
- kylmäkuivuri (Heto drywinner)
- uunit TS:n ja VS:n määrittämiseen (Memmer & Foss)
- upokkaita
- sinttereitä
- imusuppilo ja suodatinpaperia imusuodatukseen
- imupulloja
- säilöpulloja näytteiden uutteen varten
- erilaisia happeja analyysiin
- vesihaude (Clifton)
- autoklaavi näytteiden steriloimiseen (Finn- Aqua)
- eksikaattoreita näytteiden viilentämiseen
- laitteisto sokerien ja absorbanssin mittaamiseen (Ordior)
- sentrifugi (CR3 i, Jouan)
- liesi ruokajätteiden paistamiseen tai keittoon (Cylinda S11T)
- laite ilman imemiseen vakuumpussista (OBH, Nordica).

6.5 Säilöntäkoee

Tässä työssä käytetyt näytteet ja säilöntävaihtoehdot on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Näytteiden säilöntävaihtoehdot

Biojäte (märkä)	Biojäte (kuiva)	Sekajäte
Avosäilöntä, 22 °C	Avosäilöntä, 22 °C	Avosäilöntä, 22 °C
Avosäilöntä, lisäys	Avosäilöntä, lisäys	Avosäilöntä
Vakuumisäilöntä, 22 °C	Vakuumisäilöntä, 22 °C	Vakuumisäilöntä, 22 °C
Vakuumisäilöntä, lisäys	Vakuumisäilöntä, lisäys	Vakuumisäilöntä, lisäys
Vakuumi, 40 °C		
Vakuumi, 22 + 40 °C		

Kaikkia näytteitä säilöttiin 7 vuorokautta, poikkeuksena märkien näytteiden viimeinen näyte 22 °C + 40 °C, jossa vuorokausia oli 14. Kaikkia näytteitä myös seisotettiin viikon säilöntäajan jälkeen.

6.5.1 Avosäilytys

Avosäilönnässä testattiin hapen vaikutusta ruokajätteen koostumukseen, ulkonäköön ja kemialliseen laatuun. Sekä normaalia että kuivaa ruokajätteseosta säilöttiin viikon ajan normaalissa huoneenlämmössä ja normaalissa kosteudessa muovipusseilla vuoratuissa astioissa. Kyseinen koe simuloi nykyistä jätteenkeruuta.

Avosäilönnässä näytteet punnittiin muovipusseihin, joita pidettiin avonaisiksi taiteltuina. Toisin kuin vakuumisäilönnässä, avosäilönnässä oli vain yksi näyte kutakin tyyppiä kohti eli yksi normaali avonäyte, kuiva avonäyte ja sama lisäysnäytteenä.

Avosäilönnässä koskemattomina olevissa näytteissä seurattiin massan muutosta ja lisäysnäytteissä pH:n.

Säilöntäaika oli samalla välillä kuin vakuumisäilönnässäkin eli 24.6.–1.7. ja säilöntäajan päätyttyä koskemattomista näytteistä valmistettiin uutteen suhteella 1+10 (15 g näytettä täytettiin 150 ml:aan vettä) sekä otettiin tarvittava määrä näytettä pusseihin analyyseja varten. Myös kaikkien näytteiden pH, TS ja VS sekä punnitukset määritettiin. Kullekin eri avonäytteelle tehtävät analyysit on määritetty tarkemmin liitteessä 3.

Tämän jälkeen aloitettiin näytteiden seisotus välillä 1.7.–8.7. ja seisotusajan lopussa suoritettiin samat toimenpiteet kuin säilömisajan lopussa.

6.5.2 Vakuumisäilytys

Vakuumisäilönnässä käytettiin vakuumpusseja, joista näytteiden lisäämisen jälkeen imettiin ilmat pois siihen tarkoitettulla laitteella (OBH, Nordica) pussin sulkemisen jälkeen. Vakuumisäilönnässä testattiin, miten hapettomuus vaikuttaa ruokajätteeeseen vastaavasti kuin avosäilönnässäkin eli koostumukseen, massahäviöön tai happamuuteen.

Vakuumisäilytys tehtiin kahdessa eri lämpötilassa, 22 °C ja 40 °C:ssa. Lisäksi tehtiin säilytys, joka oli ensin viikon 22 °C:ssa ja sitten viikon 40 °C:ssa.

Vakuumisäilönnässä kokeiltiin samaa säilömisäikää kuin avosäilönnässä eli viikko välillä 24.6.–1.7. Tänä aikana seurattiin ulkonäön muutoksia silmämääräisesti ja koskemattomissa näytteissä massan muutosta punnitsemalla ja lisäysnäytteistä pH-arvojen muutoksia, kuten avosäilönnässäkin.

Kustakin näytteestä otettiin kaksi rinnakkaisnäytettä ja mikäli säilömisajan jälkeen rinnakkaisnäytteiden pH-arvot olivat melko lähellä toisiaan, niin näytteet yhdistettiin samaan pussiin seisottamaan viikon ajaksi.

Kaikkia vakuuminäytteitä säilöttiin viikon ajan, ainoana poikkeuksena olivat näytteet, joita pidettiin ensin viikko huoneenlämmössä ja sitten viikko

lämpökaapissa lämpötilassa 40 °C, jonka jälkeen sitäkin seisotettiin viikon. Muista rinnakkaisnäytteistä kahta pidettiin säilömisajan 40 °C:ssa lämpökaapissa ja toisia normaalin ja kuivan vakuuminäytteen kahta rinnakkaisnäytettä normaalissa huoneenlämmössä. Näistä edellä mainituista näytteistä oli tarkoitus seurata massan muutosta tietyin väliajoin. Käytetyn pussin massa mitattiin ensin ja seuraamisen aikana suoritetuissa punnituksissa pussin massa oli sisällytetty punnitustulokseen. Mitä analyysejä kullekkin vakuuminäytteelle on tehty, on esitetty tarkemmin liitteessä 3.

Seisotuksen jälkeen käytetyt vakuumpussit tyhjennettiin ruokajätteestä ja pestiin.

6.5.3 Jätelisäyksen vaikutus säilyvyyteen

Sekä avo- että vakuumisäilönnässä testattiin myös päivittäistä lisäystä ja seurattiin sen vaikutusta säilyvyyteen mm. pH:n muutosta seuraamalla. Ensin lisättiin vain yhtä ruokajätetyyppiä alkuperäisenä osana ja seuraavana päivänä pH:n määrittämisen jälkeen lisättiin uutta eri ruokajätetyyppiä. Avosäilönnässä käytettiin vain yhtä lisäysnäytettä sekä kuivaa että märkää näytettä kohti.

Lisäys suoritettiin sekä avo- että vakuumisäilönnän kohdalla samalla tavalla kuten edellä on mainittu ruokajätteen lisäämisen ja pH:n määrittämisen kannalta. Tosin vakuumilisäyksessä lisäyksen jälkeen pussista imettiin jälleen ilmat pois pussin sulkemisen jälkeen. Lisäyksenä käytettiin vain yhtä osaa tutkittavasta ruokajätetekokonaisuudesta, kuten lihaa.

Sekajätteillä suoritettiin sama käsittely, eli lisättiin ensin määritelty määrä sekajätteenäytteiden mukana käytettävää erillistä ruokajätettä ja sitten yhtä sekajätetyyppiä. Punnittu määrä vaihteli joidenkin sekajätetyyppien ollessa liian kevyitä ja niiden viedessä liikaa tilaa. Näissä seurattiin pH:n muutosta aina uuden sekajätetyypin lisäämisen yhteydessä.

6.5.4 Sekajättesäilöntä

Sekajätteen säilöntä oli rinnakkainen tutkimuksen kohde ja siinä tutkittiin sekajätteen vaikutusta ruokajätteen happamuuteen ja massaan sekä vakuuissa että avotilassa. Käytettäviä sekajätteitä olivat mm. eri muovit, kartongit ja tekstiilit. Sekajättesäilöntä suoritettiin sekä vakuuissa että avotilassa. Ja kuten vakuumi- ja avosäilönnässäkin, niin koskemattomissa tutkittiin massan muutosta ja lisäyksissä pH:n muutosta.

Käytettävän sekajäteseoksen koostumus on esitetty tarkemmin luvussa 6.2.

Vakuumi- ja avosäilöntänäytteisiin punnittiin määritelty seos, joka sisälsi ruokajätteen ja määritellyt painoprosentit eri sekajätteille. Näissä seurattiin jälleen massan muutosta päivittäin.

Säilömis aika oli välillä 26.6.–3.7 ja säilömisajan loputtua kaikista näytteistä määritettiin loppu pH, mutta niistä ei otettu uutetta eikä niille suoritettu mitään muita analyyseja. Tämän jälkeen aloitettiin kaikkien näytteiden seisotus avoimessa tilassa välillä 3.7.–10.7.

6.5.5 Näytteiden seisotus

Kun avo- ja vakuuminäytteistä oli valmistettu uutteen ja otettu tarvittava määrä kiinteää näytettä, niin jäljelle jääneet massat jätettiin avonaisiin vakuumpusseihin seisottumaan viikon ajaksi välille 1.7.–8.7. Tänä aikana oli tarkoitus seurata niiden pilaantumista, homeen muodostumista sekä ulkonäön ja hajun muutosta. Myös otettavien kuvien avulla tarkasteltiin muutoksia ulkonäössä.

Kun seisotusaika oli kulunut loppuun, kaikista näytteistä määritettiin loppu pH, jotta voitiin määrittää miten seisotus on vaikuttanut siihen. Avo- ja vakuumisäilönnän kohdalla näytteistä määritettiin samat asiat analyyseillä kuin säilönnänkin lopussa. Lisäys- ja sekajätenäytteissä seisotuksen jälkeiset analyysit koskivat vain pH:n määrittystä.

6.6 Työssä käytetyt analyysit

Säilymisajan lopussa 1.7. kaikista avo- ja vakuuminäytteistä määritettiin TS, VS, pH ja punnitus. Koskemattomina olleista näytteistä valmistettiin uutteen analyyseja varten suhteella 1+10, jossa näytettä punnittiin 15g 150 grammaan deionisoitua vettä, jotta uutetta saataisiin tarpeeksi. Seosten annettiin olla tunti ravistelijassa, jonka jälkeen niistä imusuodatuksen avulla valmistettiin uutteen, jotka pakastettiin odottamaan analyysien suoritusta. Näytettä otettiin myös tarvittava määrä minicrip-pusseihin, mikäli suoritettava analyysi vaati kiinteää näytettä. Taulukko eri näytteille suoritettavista analyyseista on esillä liitteessä 3.

6.6.1 Aistinvarainen havainnointi

Aistinvarainen havainnointi tehtiin näytteille säilymisajan jälkeen ja uudestaan seisotuksen jälkeen. Aistinvaraisesti tarkasteltiin näiden aikajaksojen aikana tapahtuvaa muutosta tutkittavan ruokajätteen ulkonäössä tai hajussa. Myös otetuista kuvista voitiin jotenkuten aistinvaraisesti tutkia muutoksia ulkonäössä. Tulosoioon laitettiin näyttille kuvia, joista kävi selvästi ilmi mitkä näytteet olivat kyseessä ja olennaisilta vaikuttavat kuvat. Muut olennaiset kuvat ovat esillä liitteessä 1.

6.6.2 pH:n määrittäminen

pH:n määrittäystä varten näyte uutettiin uutettosuhteella 1+10, jossa 3 g näytettä uutettiin 30 ml:aan deionisoitua vettä ja tämän annettiin olla ravistelijassa (Heidolph, Promax 2020) vähintään tunnin ajaksi, jotta näyte sekoituisi kunnolla. Tämän jälkeen pH mitattiin saadusta uuttesta pH-mittarilla. Ensin pH-mittari oli kalibroitava siihen tarkoitetuilla liuoksilla.

Kalibrointi suoritettiin ensin liuksella pH-arvolla 4, sitten arvolla 7. Tämän jälkeen mitattiin varsinaisen näytteen pH. Kalibrointi jokaisen näytteen kohdalla ei ollut tarpeen.

6.6.3 Kuiva-aines ja orgaaninen aines

TS:n ja VS:n määrittämisessä käytettiin ensin uunia (Memmer), jonne tarattuihin upokkaisiin punnitut näytteet laitettiin 105 °C:een vähintään 20 tunnin ajaksi, jolloin näytteistä haihtui neste. Kuivauksen jälkeen näytteet laitettiin eksikaattoriin jäähtymään vähintään tunniksi. Tämän jälkeen voitiin punnita näytteiden jäljelle jäänyt kuiva-aines.

Tämän jälkeen näytteet laitettiin polttouuniin (Foss), jonka lämpötila kohotettiin 550 °C:een ja upokkaiden oli tarkoitus olla tässä lämpötilassa 2 tuntia. Tänä aikana niistä paloi orgaaninen aines ja jäljelle jääneen tuhkan massan pohjalta laskettiin orgaanisen aineksen pitoisuus. Polton jälkeen näytteiden annettiin taas jäähtyä eksikaattorissa vähintään tunnin ennen punnitsemista.

Upokkaisiin punnittava massa oli välillä 3–5 g.

Saadut tulokset kuiva-aineen ja orgaanisen aineen suhteen on ilmoitettu tulososiossa rinnakkaisnäytteistä saatujen arvojen keski-arvona. Poikkeuksena ovat avonäyte ja seisotetut versiot siitä ja kuivasta avonäytteestä. Näissä rinnakkaisarvot olivat melko poikkeavia ja tuloksissa on ilmoitettu suurin arvo.

6.6.4 Ammoniumtyppi (NH₄⁺)

Ammoniumtyypen määrittämisessä käytettävässä Kjeltec-laitteistossa (Ordior, Kjeltec™ 2300) määritettiin ensin nollanäyte ja kaksi standardinäytettä ennen ja jälkeen näytteiden ajamisen, joiden perusteella oli tarkoitus laskea näytteen sisältämä ammoniumtyppi standardien keskiarvon ja koneen antaman tuloksen perusteella.

Ammoniumtyppi laskettiin seuraavan kaavan perusteella

$$\left(\frac{(Std\ 1 + Std\ 2)}{2} \right) * x = 0,5$$

- Standardiarvon olisi tarkoitus olla 0,5 mgN/g
- lasketulla standardikertoimella x kerrottiin Kjeltec-laitteen antama arvo (mg N/g), jolloin saatiin varsinainen ammoniumtyppimäärä.

Nollanäytteissä käytettiin 50 ml deionisoitua vettä ja standardinäytteessä 25 ml ammoniumsulfaattiliuosta.

Tulososiossa saadut tulokset on ilmoitettu kuiva-ainetta kohti jakamalla saatujen arvojen keski-arvo tutkittavan näytteen kuiva-aineprosentilla.

6.6.5 Kokonaistyyppi

Kokonaistypen määrittämisessä käytettiin siihen tarkoitettua tyypin polttolaitteistoa (Foss, Tecator™) ja Kjelttec-laitteistoa, jota käytettiin myös ammoniumtyypen määrittämisessä. Näytteiden määrittäminen sisälsi kaksi nollanäytettä sekä kaksi standardinäytettä, jotka ajettiin ennen varsinaisia näytteitä.

Koska tutkittavat näytteet sisälsivät useampia ainesosia, niin oli tärkeää ottaa kolme rinnakkaisnäytettä tulosten selventämiseksi. Ja koska vapaita näytepaikkoja oli 16, niin tyypin poltto jouduttiin suorittamaan useampaan kertaan.

Koska näyte oli kiinteää, sitä sai punnita Kjelttec-putkeen enintään 1,5 g. Nollanäytteissä käytettiin deionisoitua vettä ja kahdessa standardinäytteessä glysiiniä.

Ensin Kjelttec-putkien pohjalle laitettiin lusikankärjellinen kiehumakiviä, sitten näyte, 50 ml deionisoitua vettä ja kjelttec-tabletti. Tämän jälkeen putket asetettiin polttolaitteeseen ja samalla putkiin annosteltiin myös 8 M rikkihappoa, jonka jälkeen polttolaitteeseen käynnistettiin. Polttolaitteen annettiin lämmitä 370 °C:een 2 h 34 min ajaksi, jonka jälkeen sen annettiin jäähtyä 100 °C:een ja tämän jälkeen polttolaitteistosta sammutettiin virta ja seuraavana päivänä näytteistä suoritettiin kokonaistypen määrittäminen kjelttec-laitteistolla.

Kokonaistyyppi laskettiin saman kaavan mukaisesti, kuin edellä esitetty ammoniumtyppi.

Kuten ammoniumtyypin tapauksessa, saadut tulokset jaettiin kuiva-ainetta kohti jakamalla saatujen arvojen keski-arvo tutkittavan näytteen kuiva-aineprosentilla.

6.6.6 Haihtuvat rasvahapot (VFA)

Haihtuviksi rasvahapoiksi eli VFA:ksi luetaan lyhytketjuiset karboksyylihapot, joita ovat esimerkiksi voihappo tai propaanihappo. Niiden muodostuminen voi riippua orgaanisen aineksen eli substraatin määrästä ja liian suuri substraatin määrä voi johtaa liialliseen muodostumiseen. (Virta, 2011.)

VFA:n määrittämisessä 2 ml näytteistä valmistettua uutetta pipetoitiin 28 ml:aan deionisoitua vettä, jonka pH-arvo laskettiin alle 3,3 0,1 M suolahapolla pH-mittaria apuna käyttäen. Tämän jälkeen näytteitä kiehautettiin 3 minuuttia ja niiden viilennyttyä aloitettiin VFA:n määrittäminen.

VFA:n määrittämisessä käytettiin titrauslaitteistoa, jossa pH-mittaria apuna käyttäen nostettiin näytteiden pH arvoihin 4 ja 7 0,05 M natriumhydroksidin avulla. pH-arvojen nostoon kuluneen NaOH:n määrät otettiin laitteistolta ylös ja niiden perusteella määritettiin VFA.

VFA (mmol/l) laskettiin seuraavan kaavan mukaan

$$VFA = \left(\left(\frac{c1}{V} \right) * d \right) * 50$$

Kaavasta saadaan haihtuvien happojen alkaliteetti C (mmol/l), josta edelleen saadaan VFA(mg CaCO₃/l) = 50*C (mmol/l).

- Mikäli VFA > 180 mg CaCO₃ → VFA*1,5 (mg/l)
- Mikäli VFA < 180 mg CaCO₃ → VFA.

Kaavan d-arvo on saatu titrauksen pH-arvosta 3,3 arvoon 7 kuluneen NaOH:n määrästä vähentämällä siitä pH-arvosta 3,3 arvoon 4 kuluneen NaOH:n määrä. Kaavasta saatu tulos on kerrottu uutun tilavuudella (0,15 l) ja tämä jaettu uuttoon mitatulla näytteen massalla (15 g), josta on saatu rasvahappojen prosenttimäärä alkuperäisestä massasta. Tulokset on kuitenkin esitetty prosenttimääränä kuiva-ainetta kohti rinnakkaisnäytteiden keskiarvona.

6.6.7 Hiilihydraattien ja ligniinin määrittäminen

Suoraan pakkasesta otetut näytteet kuivattiin siihen tarkoitetulla kylmäkuivurilla. Kylmäkuivuri ja siihen liitetty pumppu oli ensin käynnissä n. 30 min, jonka jälkeen näytepussit otettiin suoraan pakkasesta ja asetettiin kylmäkuivuriin aukinaisina kuivaamisen onnistumiseksi. Näytteiden annettiin olla kylmäkuivurissa yön yli. Kylmäkuivauksessa näytteestä haihtui kaikki vesi ja kuivuus varmistettiin tekemällä muutamasta näytteestä TS-määrittäminen.

- Varmistettuja kuivamassan pitoisuuksia kylmäkuivauksen jäljiltä
- kuiva avonäyte= 99,3 % ja 99,8 %
- kuiva perusseos = 99,4 % ja 99,6 %
- Koska TS-pitoisuudet ovat näin suuret, tuloksissa on ilmoitettu näytteiden arvot kuiva-ainetta kohti TS-arvojen ollessa lähes 100 %.

Kuivatuille näytteille suoritettiin sekä vesi-että etanoliuutto, jotta saatiin määritettyä näytteiden vesi- ja etanoliliukoiset uuteaineet. Ensin kuivuneet näytteet punnittiin dekanterilaseihin, joihin kaadettiin n. 60 °C lämmitettyä vettä näytteiden peittämiseksi ja sitten näytteiden annettiin olla tunnin ravistelijassa. Tämän jälkeen näytteistä suodatettiin neste pois taarattujen sinttereiden läpi imusuodatuksen avulla. Kun näytteestä oli neste suodatettu pois, niin sintteriin kaadettiin laboratoripuhdasta etanolia n. 30 minuutin ajaksi seisottamaan. Tämän jälkeen etanoli suodatettiin pois ja sintterit suodatettiin vielä tämän jälkeen puhtaalla vedellä.

Käytetyt sintterit laitettiin yön yli uuniin kuivumaan vähintään 60 °C:een. Seuraavana päivänä sintterit punnittiin, jolloin voitiin määrittää sinttereiden massat, jossa sinttereihin jäänyt näyte sisälsi mm. kuidut, tärkkelyksen, ligniinin eli kaikki pitkäketjuiset hiilihydraatit ja lignoselluloosapitoiset jakeet.

Tämän jälkeen sinttereihin jääneet näytteet otettiin talteen ja niille suoritettiin happohydrolyysi (Sluiter ym. 2011, 1–18). Ensin näytteitä punnittiin 300 (\pm 10 mg) mg koeputkiin, joihin lisättiin 3 ml 72 % rikkihappoa ja annettiin olla tunnin n. 30 °C vesihauteessa välillä sekoittaen. Tämän jälkeen käytetyt koeputket huuhdeltiin mittapulloihin 84 ml:lla deionisoitua vettä ja peitettiin pullojen suut alumiinifoliolla ja steriloidtiin autoklaavissa tunnin ajan. Steriloinnin jälkeen pullojen annettiin jäähtyä ja sitten vettä lisättiin 100 ml:aan asti. Sitten näytteet suodatettiin taarattujen sinttereiden läpi ja suodoksesta otettiin erilliseen koeputkeen näyte sokerimääritystä varten. Tämän jälkeen käytetyt mittapullot huuhdeltiin vielä vedellä sintterin läpi. Jäljelle jääneet suodokset kaadettiin happojätteeseen. Käytettyjen sinttereiden annettiin kuivua uunissa yön yli. Seuraavana päivänä sintterit punnittiin. Sintteriin jäänyt aines sisälsi mm. kiinteän ligniinin sekä tuhkan ja happohydrolyysissä oli liennut nesteeseen happoliukoiset ainekset.

Vesi- ja etanoliuutossa oli tarkoitus määrittää vesi- ja etanoliliukoisten aineet tuloksissa prosentteina. Happohydrolyysin osalta tuloksissa on ilmoitettu happohydrolyysin jäljelle jäänyt aines prosentteina.

6.6.8 Sokerimääritys

Sokerimääritys suoritettiin happohydrolyysin yhteydessä otetuista suodoksista ja näytteistä valmistetuista uutteisista. Käytettävä analyysimenetelmä perustui pelkistävien sokereiden määrittämiseen spektrofotometrisesti nk. DNS-(denitrosalisylic acid)-menetelmän avulla. Standardina käytettiin glukoosia. Standardi ja näytteiden laimennokset tehtiin näytteistä seuraavan taulukon 2. mukaisesti.

Taulukko 2. Sokerien määrittämisessä käytettävät laimennokset

laimennokset:	Glc (2g/l), μ l	Vesi, μ l
STD 0,1	50	950
0,2	100	900
0,3	150	850
0,4	200	800
0,5	250	750

Ensin koeputkiin tehtiin glukoosi standardista standardisuora edellä olevan kaavion laimennosten ja nollanäytteen mukaisesti laimentamalla 2g/l kantaliuoksesta yhdeksi milliksi koeputkiin. Happohydrolysoituille näytteille laimennokseksi laitettiin 4-kertainen laimennos ja kolme rinnakkaista näytettä. Kun standardit ja laimennokset oli tehty, niin niitä sekoitettiin hyvin ja sekaan pipetoitiin 1,5 ml DNS-reagenssia ja sekoitettiin. Tämän jälkeen koeputkia keitettiin tasan 5 min ja jäädytettiin vesihauteessa. Jäähtymisen jälkeen standardit ja näytteet kaadettiin kyvetteihin ja niiden absorbanssi sekä sokerien pitoisuus mitattiin siihen tarkoitettulla laitteistolla aallonpituudella 540 nm. Näytteistä saatuja arvoja verrattiin standardisuoraan ja laskettiin näytteiden glukoosipitoisuus suoran yhtälön avulla.

Sama toimenpide suoritettiin näytteistä otetuille uutuille. Mutta uutteisissa sen sijaan oli tarkoitus määrittää niiden liukoiset sokerit. Tämä tarkoitti sekä säilönnän että seisotuksen jälkeen näytteistä otettuja uutetta.

Glukoosipitoisuudet laskettiin seuraavan kaavan mukaisesti

$$\frac{\text{Laimennuskerroin} * c * 0,1}{\text{Alkuperäinen massa}} = \text{Glukoosipitoisuus}$$

Arvo 0,1 l on hydrolyysiliuoksen kokonaismäärä, johon uutettu massa liuotettiin happohydrolyysissä. Alkuperäinen massa on happohydrolyysin yhteydessä koeputkiin punnitun kylmäkuivatun näytteen massa sen oltua uutussa yön yli (n. 300 mg).

Liukoiset sokerit laskettiin seuraavan kaavan mukaisesti

$$\frac{\text{Laimennuskerroin} * c * 0,15}{\text{näyte } m} = \text{Liukoiset sokerit}$$

Arvo 0,15 l on uutossa laitettu vesimäärä suhteen 1+10 mukaisesti ja näytteen massa myös.

Tulososiossa on esitetty tulokset saatujen glukoosien prosenttiarvojen keskiarvona. Näytteiden TS varmistettiin kylmäkuivauksen jälkeen, joka oli lähes 100 %, kuten edellä on esitetty. Hydrolyysin jälkeiset kokonaissokerit ovat vajaa 50 % kuiva- aineesta ja liukoisissa sokereissa paljon vähemmän. Liukoiset sokerit on esitetty kuiva-ainetta kohti jakamalla saatujen prosenttimäärien keskiarvot näytteiden kuiva-aineen prosenttimäärällä.

6.6.9 Massahäviölaskenta

Massahäviötä laskettiin koskemattomissa näytteissä punnitsemisen aikana saatujen tulosten perusteella, joista vähennettiin käytetyn vakuumpussin tai avosäilönnässä käytetyn pussin massa. Massahäviö laskettiin prosentuaalisesti vuorokausi kerrallaan verrattuna alkuperäiseen massaansa seuraavan kaavan mukaan

$$\left(\frac{\text{Alku massa} - 1., 2., n.:n \text{ vrk}:n \text{ massa}}{\text{Alku massa}} \right) * 100\% = \text{massahäviö } (\%)$$

Seisotuksen aikana tapahtuneen massahäviön laskemisessa alkupään massasta vähennettiin käytetyn vakuumpussin massa, kuiva- aineen määritykseen käytettyjen näytteiden sekä minicrip-pussiin otetun näytteen massa. Kuiva-ainehäviö määritettiin prosentuaalisesti punnitsemalla viikon mittaisen seisotusajan lopussa ollut massa ja laskemalla sen suhde alkuperäiseen massaansa. Tulososion massahäviöiden kuvaajissa on ilmoitettu onko massahäviö laskettu märän aineksen vai kuiva-aineen suhteen. Kuiva-aineen häviön laskenta on kuitenkin koskenut vain avosäilöntää.

7 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

Tässä luvussa on esitetty useimmat saadut tulokset keskiarvoina. Vertailun helpottamiseksi analyysitulokset on esitetty % kuiva-aineesta, muutamia erikseen mainittuja poikkeuksia lukuunottamatta. Varsinainen raakadata on esillä liitteissä 1 ja 2. Tuloksissa on esitetty myös aistinvaraisen havainnon kannalta otettuja kuvia muutama olennainen otos ja loput kuvat on esitetty liitteessä 1.

Tutkittavien ruokajätteiden alkuperäisistä normaalista ja kuivasta seoksesta suoritettiin myös tutkittaville näytteille tarkoitettuja analyysit, jotta näytteen ominaisuuksia kyettiin vertaamaan alkuperäisten ominaisuuksiin.

7.1 Biojätteseoksen alkuominaisuudet

Taulukossa 3. on esitetty alkuperäisten biojätteseosten ominaisuudet ennen säilönnän aloittamista.

Taulukko 3. Biojätteseosten alkuominaisuudet

Analyysi	Biojäteseos	Kuiva biojäteseos
TS %	25,3	28
VS %	24,4	27,1
Alku pH	6,33	6,02
VFA, % TS:stä	0,65	2,43
Ammoniumtyppi, mgN/g TS	0,0487	0,0034
Kokonaistyyppi, mgN/g TS	36,4974	31,2949
Vesi- ja etanoliliukoiset aineet, % TS:stä	23,6	19,3
Hiilihydraatit ja ligniinit, % TS:stä	14,49	17,63
Glukoosipitoisuus, %	38,19	27,88
Liukoiset sokerit, % TS	22	5,52

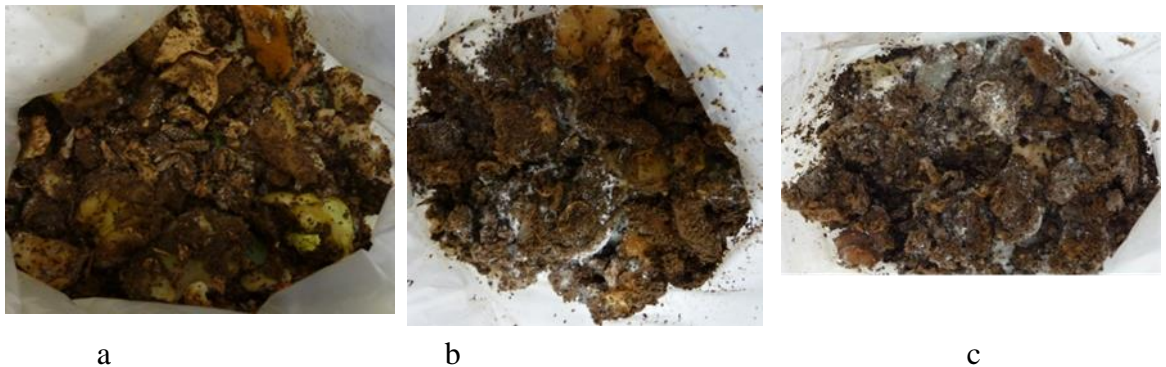
7.2 Avosäilöntä

Tässä luvussa on esitetty avosäilönnän tuloksia säilönnän ja seisotuksen jälkeen.

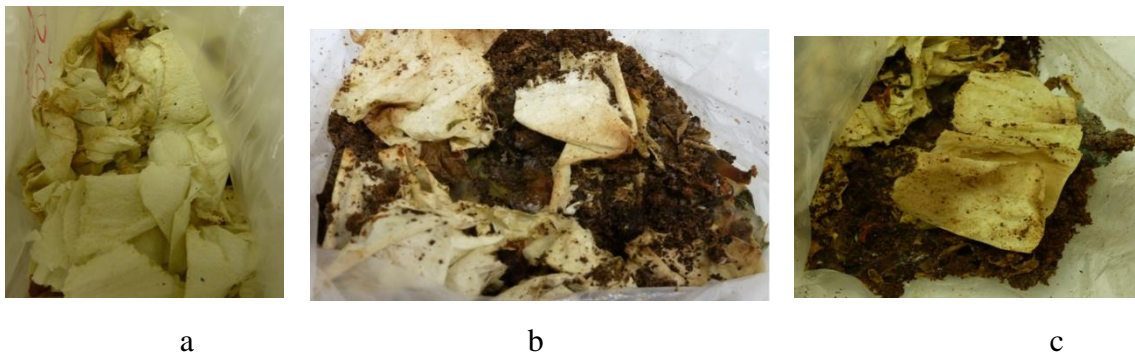
7.2.1 Avosäilöntänäytteiden aistinvaraiset havainnot

Molempiin avonäytteisiin oli muodostunut säilönnän aikana hometta ja haju oli vahvasti pilaantuneen tuntuinen (Kuva 1).

Seisotuksen jälkeen molempien näytteiden rakenne oli kovettunut ja hieman takertunut astiana käytettyyn pussiin. Kuivassa avonäytteessä myös käytetyssä talouspaperissa oli hieman kovettumia (Kuva 2).



Kuva 1. a) Normaali avonäyte säilönnän aikana 3 vuorokauden kuluttua aloituksesta b) sama näyte myöhemmin seisotuksen aikana, jolloin hometta on alkanut muodostumaan c) sama näyte seisotuksen viimeisenä päivänä 14 vuorokautta aloituksesta.



Kuva 2. a) Kuiva avonäyte säilönnän aikana 3 vuorokautta aloituksesta b) sama näyte myöhemmin seisotuksen aikana 8 vuorokautta aloituksesta c) sama näyte seisotuksen viimeisenä päivänä 14 vuorokautta aloituksesta

7.2.2 Avosäilöntänäytteiden ominaisuudet

Taulukoissa 4. ja 5. kuvataan normaalin ja kuivan avosäilönnän näytteiden ominaisuudet säilönnän ja seisotuksen jälkeen.

Taulukko 4. Normaalin avosäilöntänäytteen ominaisuudet säilönnän ja seisotuksen jälkeen

Analyysi	Avosäilönnän jälkeen	Seisotuksen jäl- keen
TS %	29,5	57,7
VS %	28,2	55,3
Loppu pH	6,75	6,75
VFA, % TS:stä	1,2	1,03
Ammoniumtyppi, mgN/g TS	0,459	0,282
Kokonaistyyppi, mgN/g TS	67,705	46,817
Vesi- ja etanoli- liukoiset aineet, % TS:stä	33	
Happohydrolyysin jäännös, % TS:stä	20,89	
Glukoosipitoisuus, %	46,04	
Liukoiset sokerit, % TS	4,8	0,8

Kuiva-aineen häviäminen seisotuksen aikana oli 9,8 %.

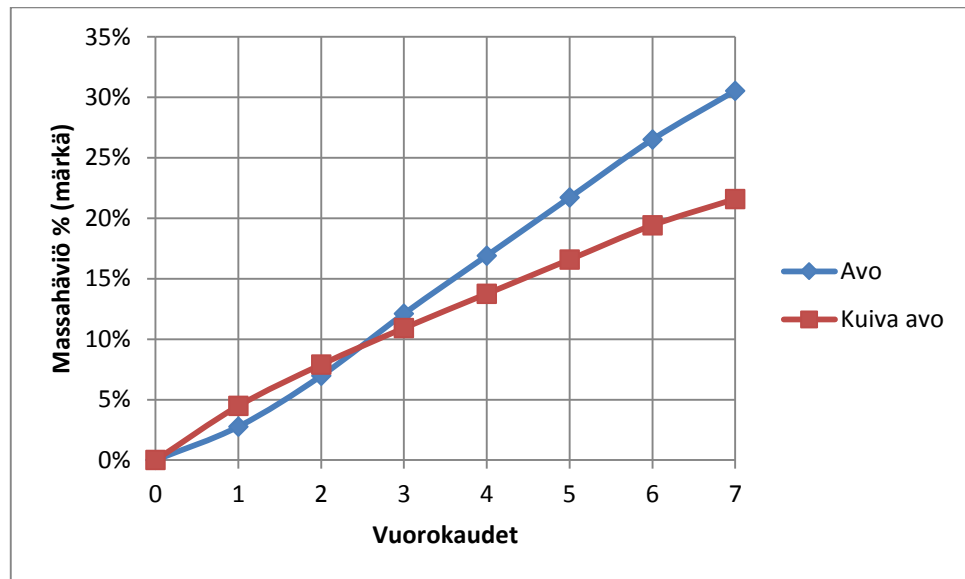
Taulukko 5. Kuivan avosäilöntänäytteen ominaisuudet säilönnän ja seisotuksen aika-
na

Analyysi	Avosäilönnän jälkeen	Seisotuksen jälkeen
TS %	30,1	45
VS %	29	43
Loppu pH	7,11	7,15
VFA, % TS:stä	2,02	1,44
Ammoniumtyppi, mgN/g TS	0,4184	0,387
Kokonaistyyppi, mgN/g TS	53,2814	24,795
Vesi- ja etanoliliukoiset aineet, % TS:stä	36,7	
Happohydrolyysin jäännös, % TS:stä	16,78	
Glukoosipitoisuus, %	52,98	
Liukoiset sokerit, % TS:stä	1,7	1,02

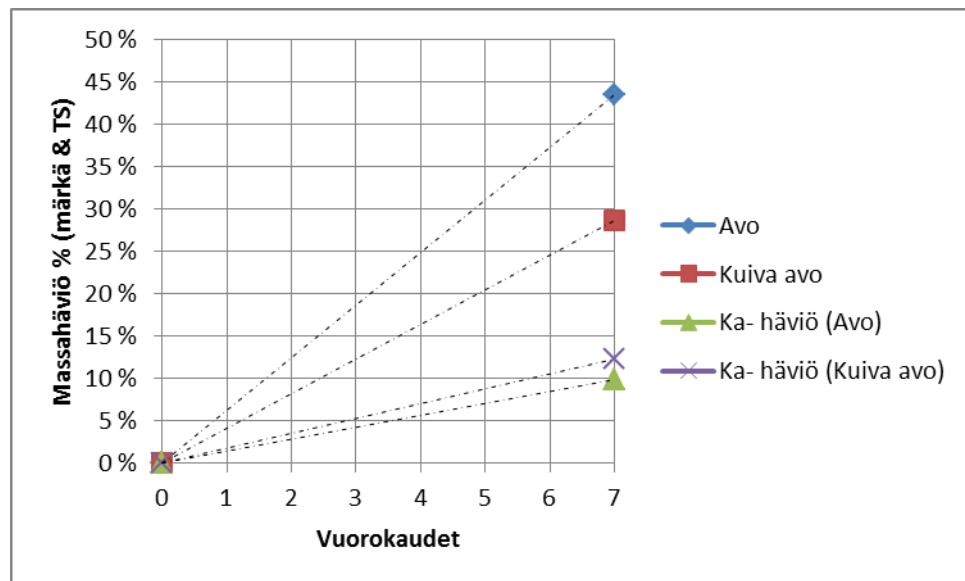
Kuiva-aineen häviäminen seisotuksen aikana oli 12,2 %

7.2.3 Avosäilöntänäytteiden massahäviöt

Kuvioissa 4. ja 5. on kuvattu avosäilönnän näytteiden massahäviöt ja myös kuiva-aineen häviämistä.



Kuvio 4. Avonäytteiden massahäviöt seisotuksen aikana prosentteina (% märkä)



Kuvio 5. Seisotettujen avonäytteiden massahäviöt alussa ja lopussa (% märkä) sekä niiden kuiva-aineen häviöt (% TS) samalla välillä

7.3 Vakuuminäytteet

Tässä luvussa on esitetty vakuumisäilönnän näytteiden tuloksia säilönnän ja seisotuksen aikana.

7.3.1 Aistinvaraiset havainnot

Biojätteseoksen vakuuminäytteissä oli säilönnän jälkeen hieman imelä haju.



Kuva 3. Toinen normaalin vakuumisäilönnän rinnakkaisnäytteistä säilönnän aikana 27.6

Kuivan biojätteseoksen vakuumisäilönnän kohdalla säilönnän aikana rakenne oli hieman kuivettunut, enemmän kuitenkin käytetyn paperin kohdalla kuin ruokajätteen (Kuva 4. s. 33).



Kuva 4. Kuiva vakuuminäyte seisotuksen aikana

7.3.2 Ominaisuudet

Taulukoissa 6. ja 7. on kuvattu normaalin ja kuivan vakuumisäilönnän ominaisuudet säilönnän ja seisotuksen jälkeen.

Taulukko 6. Biojätteen vakuumisäilönnän rinnakkaisnäytteiden ominaisuuksien keskiarvot säilönnän ja seisotuksen jälkeen

Analyysit	Molemmat näytteet säilönnän jälkeen	Molemmat näytteet seisotuksen jälkeen
TS %	22,1	21
VS %	21,3	20
Loppu pH	3,72	5,5
VFA, % TS:stä	2,36	1,23
Ammoniumtyppi, mgN/g TS	0,03428	0,052
Kokonaistyyppi, mgN/g TS	72,0407	79,465
Vesi- ja etanoliliukoiset aineet, % TS:stä	23,3	
Happohydrolyysin jäännös, % TS:stä	21,09	
Glukoosipitoisuus, %	33,2	
Liukoiset sokerit, % TS:stä	8,7	2,5

Koska pH:t olivat melko lähekkäisiä, niin näytteet yhdistettiin samaksi seisotuksen ajaksi. Tällöin uute valmistettiin yhdistetystä massasta ja edellä luetellut ominaisuudet koskevat molempia rinnakkaisnäytteitä.

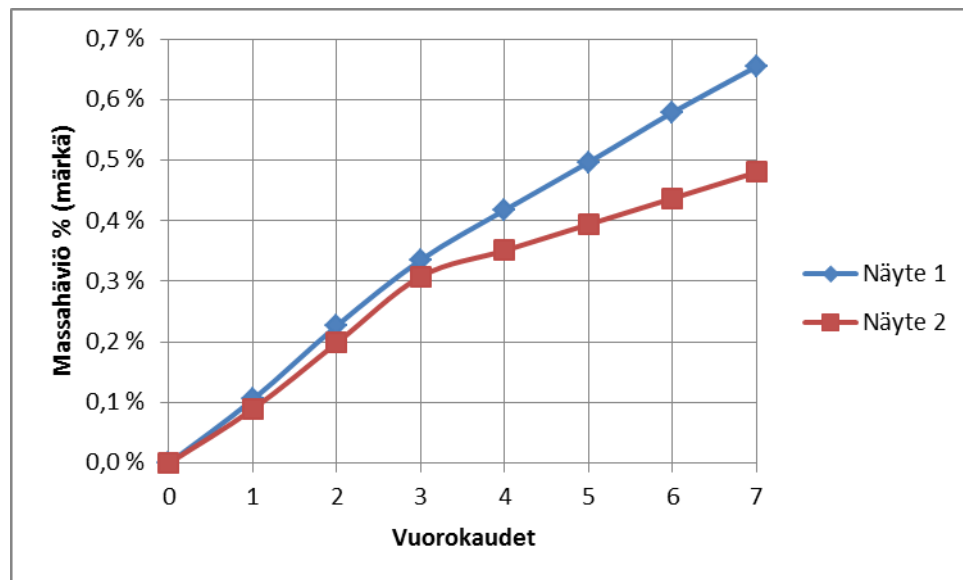
Taulukko 7. Biojätteen kuivan vakuumisäilönnän rinnakkaisnäytteiden ominaisuuksien keskiarvot säilönnän ja seisotuksen jälkeen

Analyysit	Molemmat näytteet säilönnän jälkeen	Yhdistetty näyte seisotuksen jälkeen
TS %	29,1	31,5
VS %	28,4	30,4
Loppu pH	3,96	7,24
VFA, % TS:stä	0,58	1,04
Ammoniumtyppi, mgN/g TS	0,65	0,274
Kokonaistyyppi, mgN/g TS	55,1124	38,258
Vesi- ja etanoliliukoiset aineet, % TS:stä	17,5	
Happohydrolyysin jäännös, % TS:stä	18,27	
Glukoosipitoisuus, %	38,33	
Liukoiset sokerit, % TS:stä	4,49	1,4

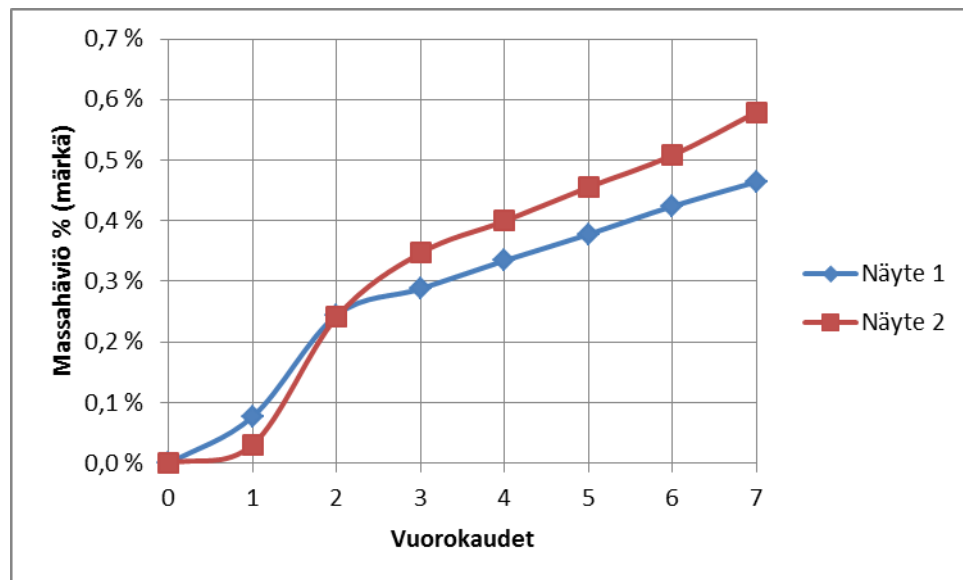
Koska pH:t olivat melko lähekkäisiä, niin näytteet yhdistettiin samaksi seisotuksen ajaksi ja uute valmistettiin yhdistetystä massasta. Taulukossa 7. luetellut ominaisuudet säilönnän jälkeen koskevat molempia rinnakkaisnäytteitä.

7.3.3 Massahäviöt

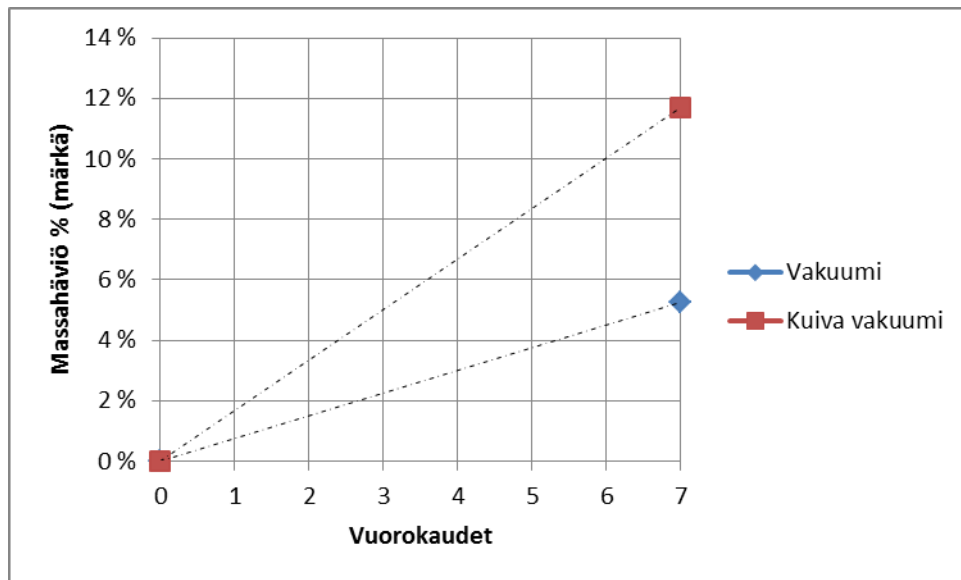
Kuvioissa 6, 7. ja 8. on kuvattu vakuumisäilönnän näytteiden massahäviöt.



Kuvio 6. Normaalin vakuumisäilönnän rinnakkaisnäytteiden massahäviöt (% määrä) seisotuksen aikana



Kuvio 7. Kuivan vakuumisäilönnän rinnakkaisnäytteiden massahäviöt (% määrä) seisotuksen aikana



Kuvio 8. Normaalin ja kuivan vakuumisäilönnän yhdistettyjen näytteiden massahäviö seisotuksen lopussa

7.4 40 °C:ssa säilytetyt vakuuminäytteet

Tässä luvussa on esitetty 40 °C:ssa säilytettyjen vakuuminäytteiden tuloksia säilönnän ja seisotuksen jälkeen.

7.4.1 Aistinvaraiset havainnot

Korkeassa lämpötilassa säilytetyissä rinnakkaisnäytteissä oli säilönnän aikana ja jälkeen rakenne hieman vetistynyt ja pullistumia esiintyi vakuumpusseissa.

Seisotuksen jälkeen pusseihin oli muodostunut hometta ja väri oli hieman vihertävä. (Kuva 5. & 6. s. 34.)





c)

Kuva 5. a) 1. 40 °C:ssa olleen rinnakkaisnäytteen ulkonäkö säilömisestä 3 vuorokautta aloituksesta b) Sama rinnakkaisnäyte myöhemmin säilönnän aikana 6 vuorokautta aloituksesta c) Sama näyte seisotuksen jälkeen 14 vuorokautta aloituksesta.



Kuva 6. 2. 40 °C:ssa säilötyn rinnakkaisnäytteen ulkonäkö säilömisestä 3 vuorokautta aloituksesta.

7.4.2 Näytteiden ominaisuudet

Taulukoissa 8. ja 9. on esitetty 40 °C:ssa säilytettyjen vakuuminäytteiden ominaisuuksia säilönnän ja seisotuksen jälkeen.

Taulukko 8. 1. rinnakkaisnäytteen ominaisuudet säilönnän ja seisotuksen jälkeen

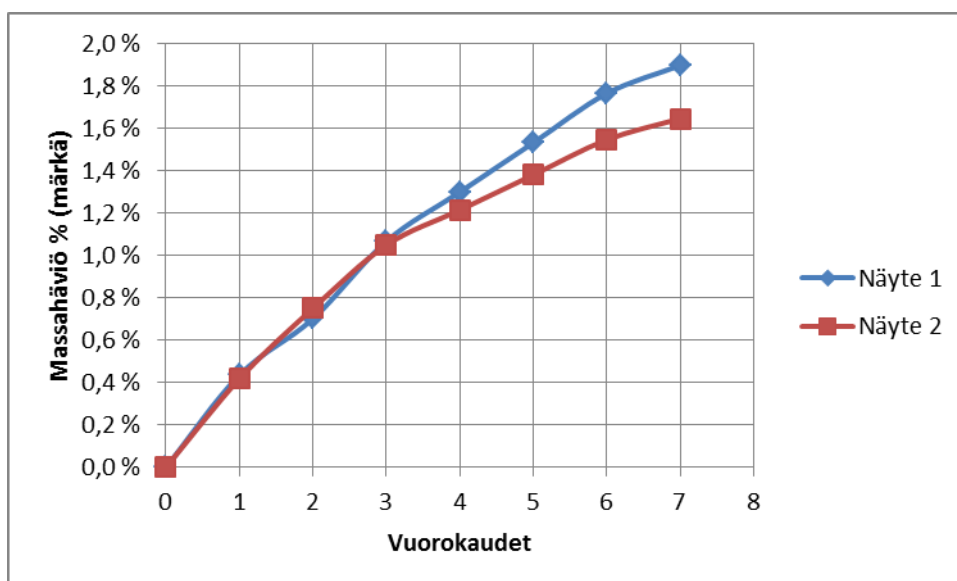
Analyysit	Säilönnän jälkeen	Seisotuksen jälkeen
TS %	24,2	28,6
VS %	23,4	27,2
Loppu pH	4,61	4,18
VFA, % TS:stä	0,84	2,48
Ammoniumtyppi, mgN/g TS	0,076	0,079
Kokonaistyyppi, mgN/g TS	55,5329	45,9342
Vesi- ja etanoliliukoiset aineet, % TS:stä	Virhe	
Happohydrolyysin jäännös, % TS:stä	Virhe	
Glukoosipitoisuus, %		
Liukoiset sokerit, % TS:stä	5,58	2,4

Taulukko 9. 2. rinnakkaisnäytteen ominaisuudet säilönnän ja seisotuksen aikana

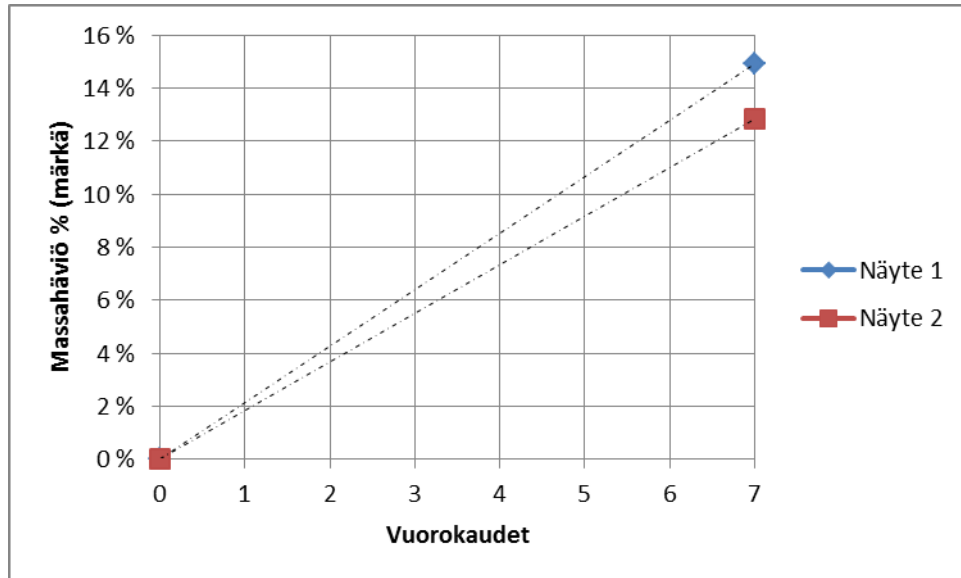
Analyyssi	Säilönnän jälkeen	Seisotuksen jälkeen
TS %	18,9	26,3
VS %	17,9	25,3
Loppu pH	3,48	3,99
VFA, % TS:stä	1,91	1,78
Ammoniumtyppi, mgN/g TS	0,03507	0,0964
Kokonaistyyppi, mgN/g TS	75,7862	52,7547
Vesi- ja etanoliliukoiset aineet, % TS:stä	26,3	
Happohydrolyysin jäännös, % TS:stä	21,06	
Glukoosipitoisuus, %	37,5	
Liukoiset sokerit, % TS:stä	9,1	3,3

7.4.3 Näytteiden massahäviöt

Kuvioissa 9. ja 10. on kuvattu 40 °C:ssa säilytettyjen vakuuminäytteiden massahäviöt säilönnän ja seisotuksen jälkeen.



Kuvio 9. 40 °C:ssa olleiden rinnakkaisnäytteiden massahäviöt (% märkä)



Kuvio 10. Seisotettujen rinnakkaisnäytteiden massahäviöt (% märkä) seisotuksen lopussa

7.5 22 °C:ssa + 40 °C:ssa säilytetyt näytteet

Tässä luvussa on esitetty ensin viikon 22 °C:ssa ja sitten viikon 40 °C:ssa säilytettyjen vakuuminäytteiden tuloksia säilönnän ja seisotuksen jälkeen.

7.5.1 Aistinvaraiset havainnot

Näytteessä oli seisotuksen jälkeen muodostunut päälle hometta. Rakenne oli päältä hieman kovettunut, mutta pohjasta hieman kostean tuntuinen. Haju oli myös hieman imelä. Kuvamateriaalia on esillä liitteessä 1.

7.5.2 Näytteiden ominaisuudet

Taulukossa 10. (s. 37) on esitetty 22 °C:ssa + 40 °C:ssa säilytettyjen vakuuminäytteiden ominaisuuksia säilönnän ja seisotuksen jälkeen.

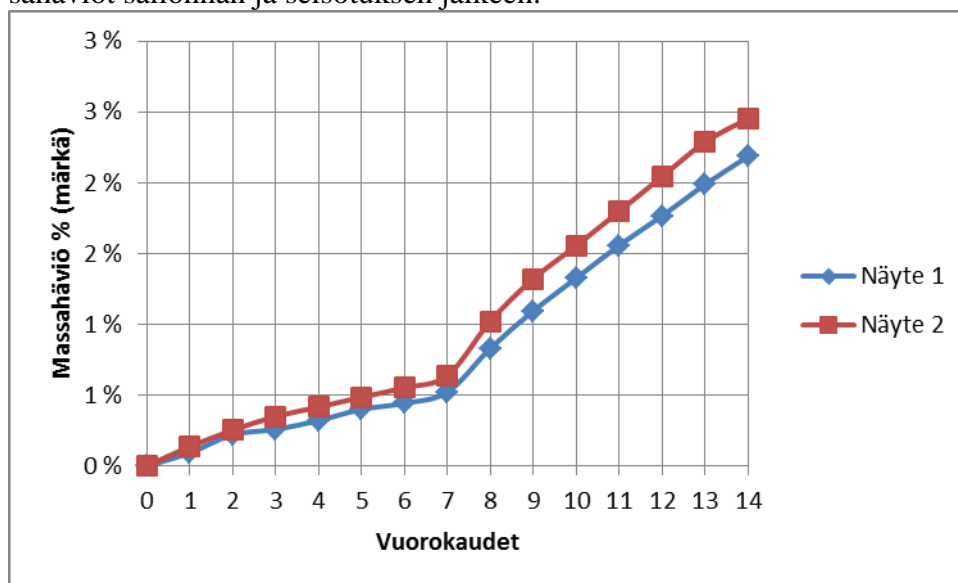
Taulukko 10. 40 °C rinnakkaisnäytteiden ominaisuudet säilönnän ja seisotuksen jälkeen. Kolmen ensimmäisen analyysin jälkeiset arvot koskevat molempia rinnakkaisnäytteitä säilönnän jälkeen.

Analyytit	1. Näyte säilönnän jälkeen	2. Näyte säilönnän jälkeen	Yhdistetty näyte seisotuksen jälkeen
TS %	23,7	18,9	23,8
VS %	22,7	17,9	22,9
Loppu pH	4,56	4,28	6,65
VFA, % TS:stä	3,28		1,26
Ammoniumtyppi, mgN/g TS	0,333		0,171
Kokonaistyyppi, mgN/g TS	67,386		69,075
Vesi- ja etanoli-liukoiset aineet, %	28,5		
Happohydrolyysin jäännös, % TS:stä	14,49		
Glukoosipitoisuus, %	43		
Liukoiset sokerit, % TS:stä	6,93		2,2

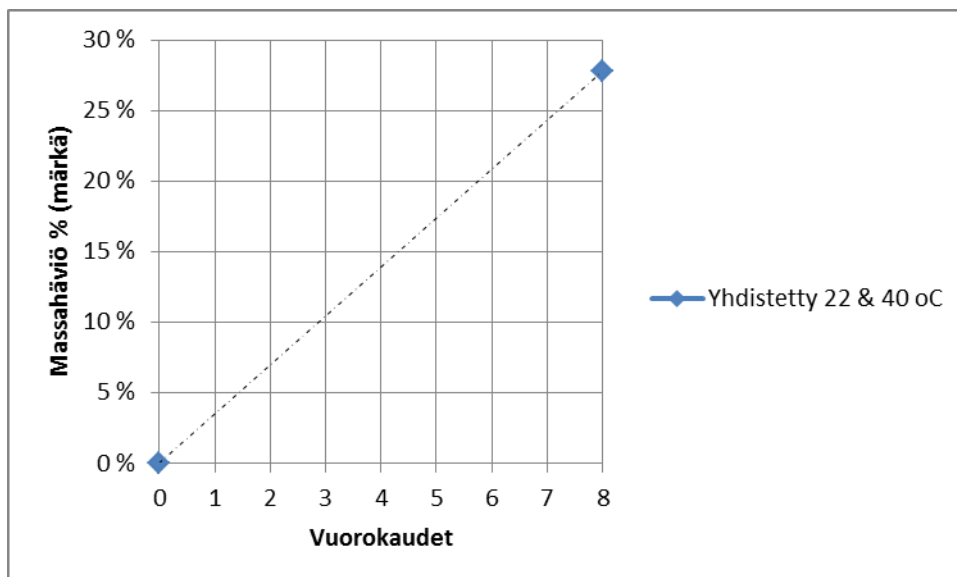
Koska molempien rinnakkaisnäytteiden pH:t olivat melko lähellä toisiaan, niin näytteet yhdistettiin seisotuksen ajaksi samaan vakuumpussiin.

7.5.3 Näytteiden massahäviöt

Kuvioissa 11. ja 12. on esitetty 22 °C + 40 °C vakuuminäytteiden massahäviöt säilönnän ja seisotuksen jälkeen.



Kuvio 11. Viikon huoneenlämmössä ja toisen viikon 40 °C:ssa olleiden rinnakkaisnäytteiden massahäviöt (% märkä) säilönnän aikana



Kuvio 12. Yhdistetyn näytteen massahäviö (% märkä) seisotuksen lopussa

7.6 Lisäysvakuuminäytteiden lisäys- ja pH-tiedot

Tässä luvussa sivuilla 39 ja 40 taulukoissa on esitetty, mitä ruokajätettä ja kuinka paljon kuhunkin näytteeseen on lisätty. Kuviossa 13. (s. 41) on esitetty lisäysten vaikutus pH:on. Sivulla 46 on myös esitetty sama asia sekajätteiden lisäämisen kannalta ja vaikutus myös niiden pH:on kuviossa 18. (s. 45).

Koska viikonloppuna uusien ruokajätteiden lisääminen näytteisiin ei ollut mahdollista, niin sitä edeltävinä päivinä lisättiin kahta eri ruokajätettä. Myöskään alkuperäisestä ruokajätteestä ei mitattu pH:ta.

1. vakuumilisäyksen rinnakkaisnäyte säilönnän aikana

Vrk aloituksesta:	pH:	Lisätty ruokajätete:	Lisätyn ruokajätteen massa:
0		Lihaa	30,29 g
1	4,87	Lihaa	34,45 g
2	5,08	Perunaa ja salaattia	32,0 g ja 30,59 g
3	4,27	Viljaa ja Hedelmää	30,48 g ja 30,1 g
6	4,3	Kahvinporoja	25,6 g
7	3,94		

2. vakuumilisäyksen rinnakkaisnäyte säilönnän aikana

Vrk aloituksesta:	pH:	Lisätty ruokajäte:	Lisätyn ruokajätteen massa:
0		Kahvinporoja	45,87 g
1	5,81	Lihaa	35,59 g
2	5,03	Perunaa ja salaattia	29,98 g & 30,81 g
3	4,32	Viljaa ja hedelmää	30,08 g & 30,1 g
6	4,1	Kahvinporoja	32,9 g
7	3,59		

1. kuivan vakuumilisäyksen rinnakkaisnäyte säilönnän aikana

Vrk aloitukselta:	pH:	Lisätty ruokajäte:	Lisätyn ruokajätteen massa:
0		Hedelmä ja paperi	32,1 g ja 10,12 g
1	5,11	Lihaa	35,72 g
2	4,95	Perunaa ja Salaattia	31,44 g ja 30,61 g
3	4,14	Viljaa ja Hedelmää	30,06 g ja 30,1 g
6	4,1	Kahvinporoja	26,3 g
7	3,57		

2. kuivan vakuumilisäyksen rinnakkaisnäyte säilönnän aikana

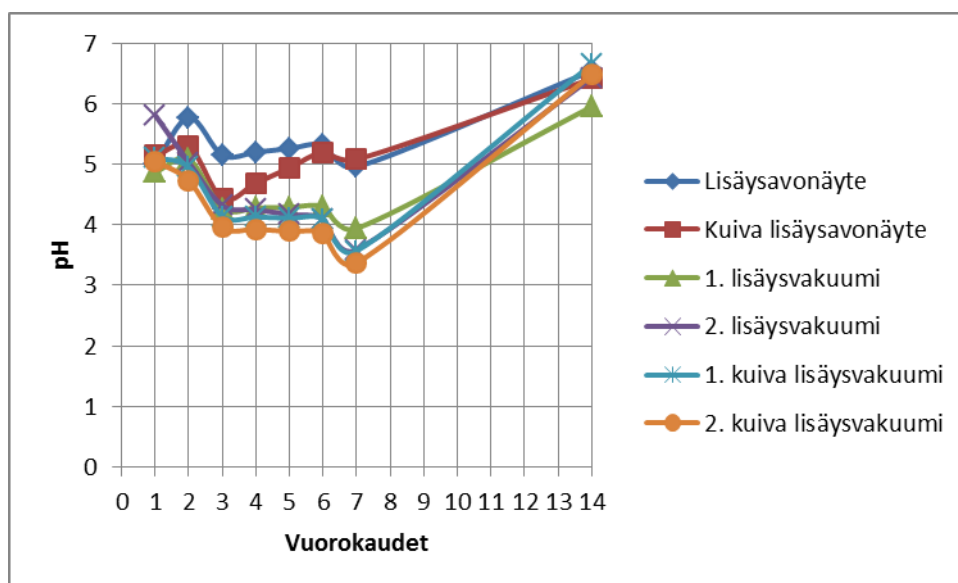
Vrk aloitukselta:	pH:	Lisätty ruokajäte:	Lisätyn ruokajätteen massa:
0		Salaattia ja paperia	45,56 g ja 10,09 g
1	5,05	Lihaa	35,96 g
2	4,73	Perunaa ja salaattia	30,14 g 30, 45 g
3	3,96	Viljaa ja Hedelmää	30,46 g 32, 6 g
6	3,86	Kahvinporoja	26,1 g
7	3,37		

Avolisäysnäyte säilönnän aikana

Vrk aloitukses- ta:	pH:	Lisätty ruokajäte:	Lisätyn ruokajätteen massa:
0		Perunaa	60,1 g
1	5,01	Lihaa	35,58 g
2	5,77	Perunaa ja salaattia	30,14 g ja 30,18 g
3	5,15	Viljaa ja hedelmää	30,79 g ja 30,45 g
6	5,35	Kahvinporoja	30,2 g
7	4,96		

Kuiva avolisäysnäyte säilönnän aikana

Vrk aloitukses- ta:	pH:	Lisätty ruokajäte:	Lisätyn ruokajätteen massa:
0		Salaattia ja paperia	46,71 g ja 10,37 g
1	5,14	Lihaa	24,7 g
2	5,3	Perunaa ja salaattia	30,96 g ja 30,62 g
3	4,43	Viljaa ja hedelmää	30,15 g ja 32,94 g
6	5,2	Kahvinporoja	27,4 g
7	5,08		



Kuvio 13. Lisäysnäytteiden pH-arvojen muutokset säilönnän ja seisotuksen aikana

7.7 Sekajätenäytteet

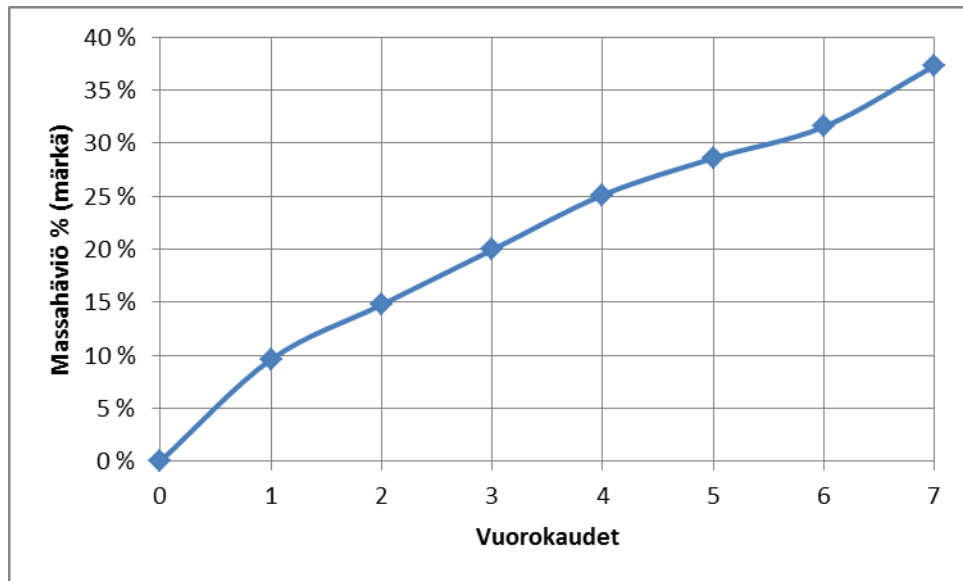
Sekajätenäytteiden lisäyksissä esitetyistä taulukoista puuttuu näytteisiin mitattu biojäte, jota on näytteisiin punnittu määritetyn painoprosentin verran (n. 30 g). Lisättyjen sekajätenäytteiden massa voi kuitenkin vaihdella johtuen niiden keveydestä.

7.7.1 Aistinvaraiset havainnot

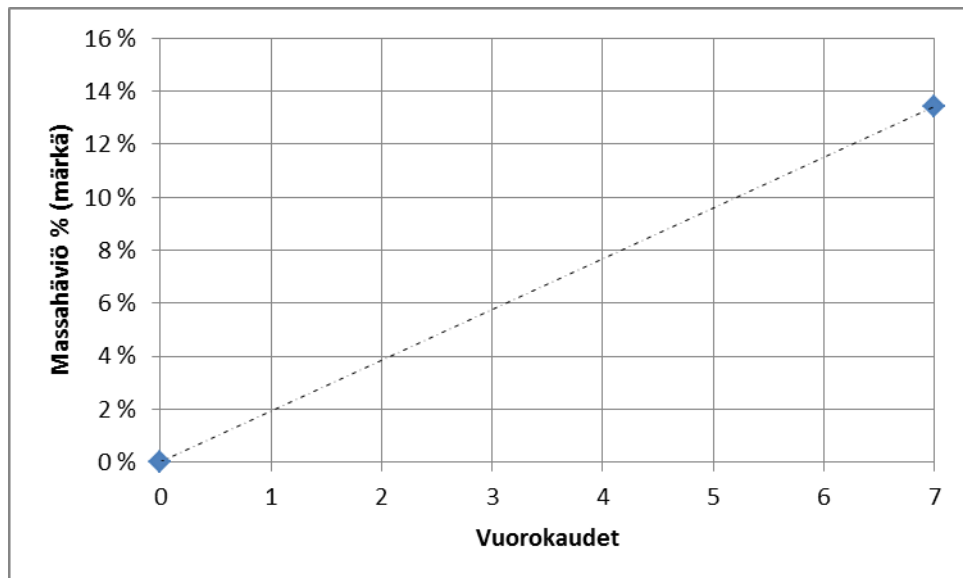
Seisotuksen jälkeen suurimpaan osaan näytteistä oli muodostunut hometta. Kuvien ottaminen ei seisotuksen jälkeen ei ollut mahdollista akun loputtua käytetystä kamerasta ja laturia ei ollut silloin ulottuvilla.

7.7.2 Sekajätenäytteiden massahäviöt

Avosekajätenäytteiden massahäviöt on esitetty kuvioissa 14. ja 15.

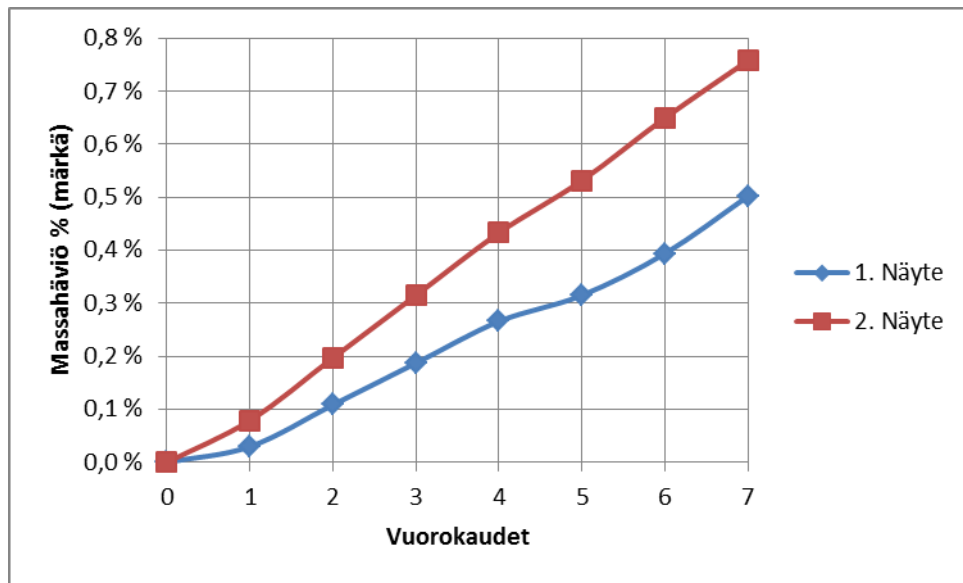


Kuvio 14. Avosekajätenäytteen massahäviö (% märkä)

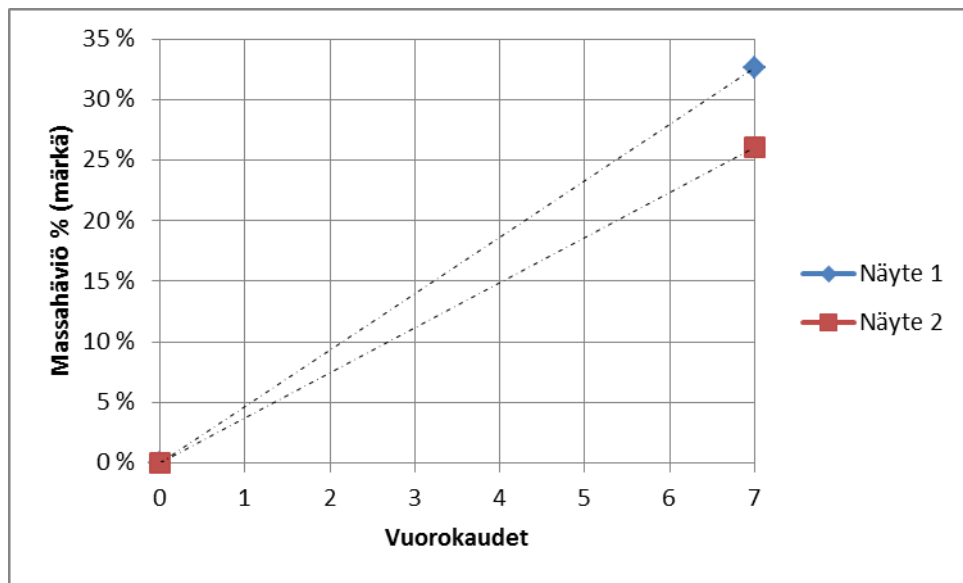


Kuvio 15. Seisotetun avosekajätenäytteen massahäviö (% märkä)

Vakuumisekajätenäytteiden massahäviöt on esitetty kuvioissa 16. ja 17.



Kuvio 16. Vakuumisekajätenäytteiden massahäviöt (% märkä)



Kuvio 17. Seisotettujen vakuumisekajätenäytteiden massahäviöt (% märkä)

7.7.3 Lisäys sekajätenäytteiden pH-muutokset

Avo lisäys sekajätenäyte säilönnän aikana

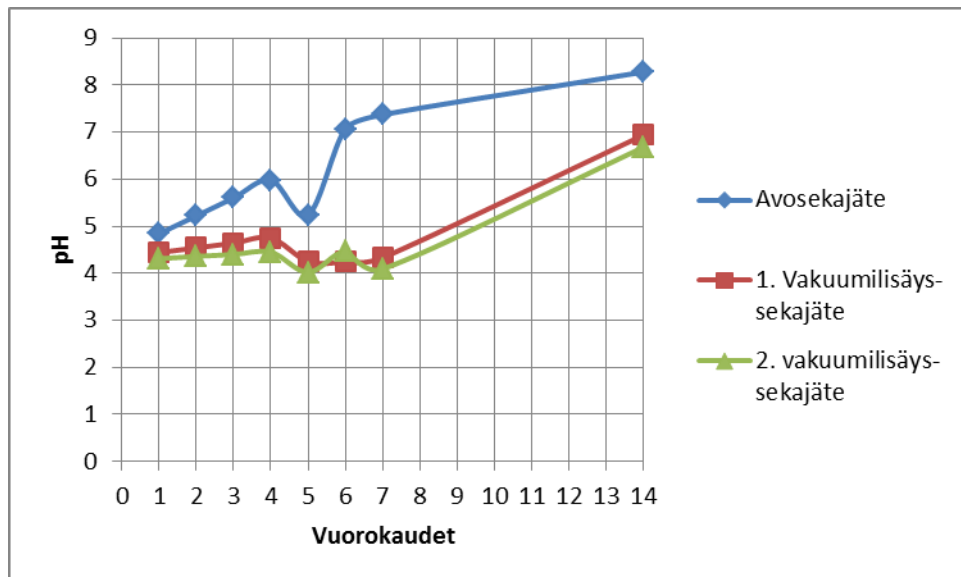
Vrk aloituksesta:	pH:	Lisätty sekajäte:	Lisätyn sekajätteen massa:
0		Eri kartonkeja	15,05 g
1	4,84	Tekstiiliä	2,91 g
4	5,98	Puutarhajäte	10,51 g
5	5,24	Muovia	2,21 g
6	7,07		
7	7,37		

1. vakuumi lisäys sekajätenäyte säilönnän aikana

Vrk aloituksesta:	pH:	Lisätty sekajäte:	Lisätyn sekajätteen massa:
0		Tekstiiliä	5,24 g
1	4,44	Olkia	4,26 g
4	4,75	Puutarhajätettä	10,12 g
5	4,25	Tekstiiliä	3,4 g
6	4,24	Eri kartonkeja	3,76 g
7	4,33		

2. vakuumi lisäys sekajätenäyte säilönnän aikana

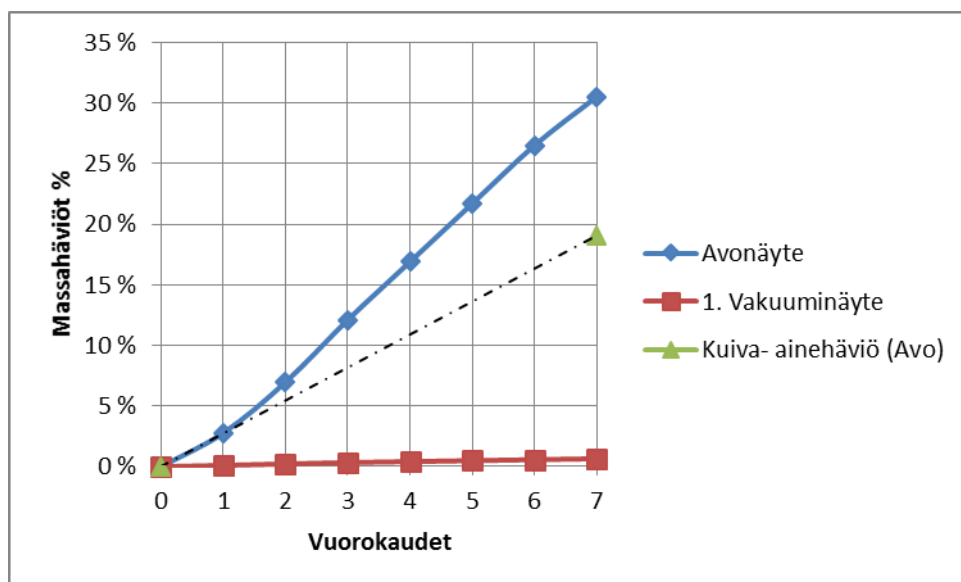
Vrk aloituksesta:	pH:	Lisätty sekajäte:	Lisätyn sekajätteen massa:
0		Muovia	5,13 g
1	4,31	Puutarhajätettä	7,93 g
4	4,45	Tekstiiliä	5,15 g
5	4,02	Eri kartonkeja	5,03 g
6	4,47	Olkia	1,58 g
7	4,09		



Kuvio 18. Lisäyssekajätenäytteiden pH-arvojen muutokset säilönnän ja seisotuksen aikana

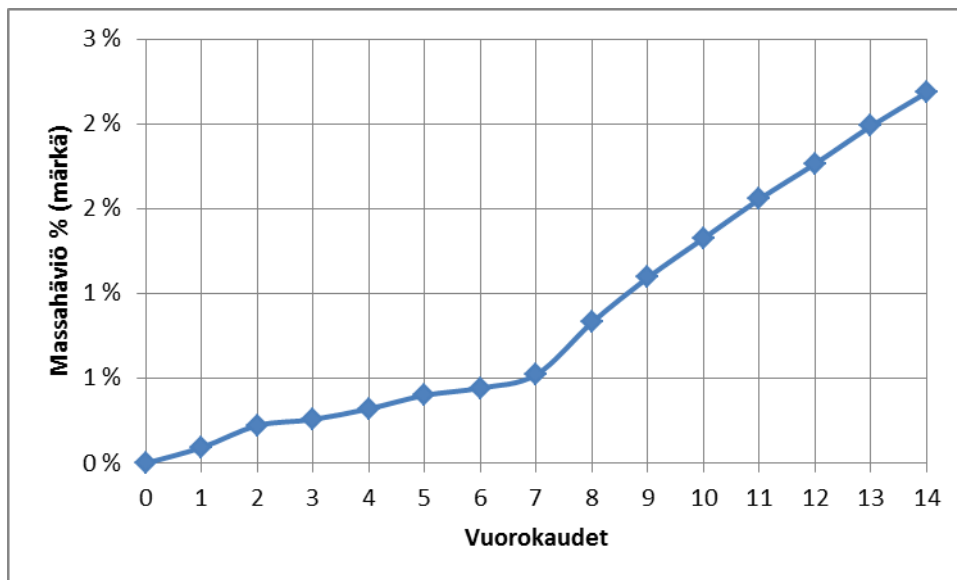
7.8 Muutokset massassa

Kuten saaduista kuvaajista voi nähdä, niin avosäilönnässä massahäviö on selvästi suurempaa verrattuna vakuumisäilöntään (Kuvio 19.). Tähän on vaikuttanut nesteiden haihtuminen säilöttävästä näytteestä normaalissa huoneenlämmössä ja ilmankosteudessa.



Kuvio 19. Vertailu avo- ja vakuumisäilönnän massahäviöiden (% määrä) välillä ja myös avonäytteen kuiva-ainehäviö säilönnän aikana, johon alku-TS otettu perusseoksesta

40 °C:ssa vakuumisäilötyn jätteen massahäviö on hieman suurempaa verrattuna normaalissa huoneenlämmössä olleisiin vakuumeihin. Ensin viikon huoneenlämmössä ja sitten viikon 40 °C:ssa olleiden vakuuminäytteiden massahäviössä tapahtui selkeä nousu säilöntäajan puolesta välistä alkaen (Kuvio 20.). Massahäviöt ovat kuitenkin huomattavasti avosäilönnässä tapahtuvia häviöitä pienempiä.



Kuvio 20. Ensin viikon huoneenlämmössä ja viikon 40 °C:ssa olleen näytteen massahäviö

Vakuumisäilönnässä massaa on hävinnyt maitohappobakteerien tuottamaan hiilidioksidiin, joka poistuu pussista mm. pussin avauksen aikana. Aerobisessa tilassa mm. homeiden kasvaminen tuottaa myös haihtuvia hiilidioksidia ja myös syntyviä haihtuvia rasvahappoja on voinut haihtua.

Kuiva-aineen häviöt vakuumisäilönnässä olivat huomattavasti alhaisemmat, mutta joissakin näytteissä häviöiden prosenttimäärät näyttivät miinus-ta. Tämä on voinut johtua kuiva-aineen prosentin nousemisesta säilönnän aikana painohäviön ollessa hyvin pieni. Tällöin massaa näyttää tulleen lisää, mikä ei tietenkään pidä paikkaansa ja se liittyy kuiva-aineen määrittelyn tuomaan virheeseen (mm. jotkin syntyneet hapot tai VFA, jotka haihtuvat ennen vettä ovat voineet vääristää tulosta tai tärkkelyksen hydrolyysi, joka kuluttaa vettä). Tämän takia vakuuminäytteiden kuiva-aineen häviöiden määritykset päätettiin jättää pois.

7.9 Muutokset happamuudessa säilönnän ja seisotuksen aikana

Avosäilönnässä näytteiden pH-arvot ovat kohonneet vain hieman neutraalimpaan suuntaan verrattuna alkuseosten arvoihin. Tämä voi selittyä suurilla ammoniumtyypen määrillä (Kuvio 23. s. 52), jotka nostavat pH:ta ja sen aiheuttamalla mikrobitoiminnalla, nesteiden haihtumisella näytteistä sekä näytteen yhdisteiden sitoutumisella.

Vakuuminäytteissä 40 °C-asteessa olleiden näytteiden kannalta pH-arvot ovat laskeneet hieman happamiin arvoihin (4,61 ja 3,48). Tämä voi selittyä korkeamman lämpötilan aiheuttamalla maitohappobakteerin kanssa kilpailevien mikrobien toiminnasta, jotka ovat hajottaneet materiaalia ja muodostaneet mm. ammoniumia ennen kuin maitohappo on ehtinyt vaikuttaa. Kuitenkaan kyseisten näytteiden ammoniumarvot eivät tue tätä teoriaa (Kuvio 23. s. 52), joissa sitä on muodostunut vähäinen määrä verrattuna perusseoksiin. Voi olla, että lämpötila nostaa riskiä toisen näytteen pH:n ollessa erittäin hyvä tai sitten toiseen pussiin on päässyt ilmaa tai siellä on erilainen jätekoostumus.

Kuitenkin verrattuna normaalissa huoneenlämmössä olleisiin vakuuminäytteisiin pH-arvot olivat melko samalla tasolla (Normaalit= 3,85 ja 3,59 ja kuivat= 3,95 ja 3,97) verrattuna edellä mainittujen vakuuminäytteiden toiseen rinnakkaisnäytteeseen. Syynä voisi olla hajottajamikrobien vähäisempi toiminta alhaisemmassa lämpötilassa ja toiminnan vähentyminen maitohapon hapattua materiaalia tehokkaammin. Tätä tukee myös se, ettei ammoniumtyyppiä ei ole juuri muodostunut näihin vakuuminäytteisiin perusseoksiin verrattuna (Kuvio 23. s. 50).

Etenkin hapettomissa oloissa biojätteen pH voi helposti nousta. Tämä johtuu biojätteen sisältämien proteiinien hajoamisessa muodostuvasta ammoniakista, joka nostaa pH:ta. (Itävaara, Vikman, Kapanen, Venelampi & Vuorinen, 2006, 21.)

Lisäsvakuuminäytteiden pH-arvojen kannalta perunan, salaatin tai kahvinporojen lisääminen näytteisiin on hieman muuttanut pH:ta happamampaan suuntaan. Kahvi on ainakin hapanta ja perunan sisältämän tärkkelyksen hajoaminen on myös voinut olla osallisena.

Seisotetuissa näytteissä avosäilönnän näytteiden pH-arvot eivät juuri muuttuneet verrattuna säilönnän viimeiseen päivään. Ne pysyivät melko samansuuruisina. Yhteistä kaikille seisotetuille näytteille on pH-arvojen kohoaminen lähelle neutraalia arvoa seisotuksen lopussa eli n. 6,5–7,5 ja tämä koskee myös lisäsnäytteitä. Vakuuminäytteiden kohdalla ammoniumtyypin kohoaminen ei juuri tue tätä niiden ollessa kohonneena vain hieman verrattuna säilönnän jälkeiseen aikaan, paitsi kuivan vakuumin kohdalla. VFA-arvojen pysyminen melko samoissa lukemissa, paitsi parin 40 °C rinnakkaisnäytteen kohdalla (jossa VFA on hieman kohonnut) tukee pH-arvojen nousua.

Sekajätenäytteiden lisäyksien kannalta puutarhajätteen lisääminen on muuttanut näytteiden pH-arvoa hieman happamammaksi.

7.10 Muutokset kemiallisessa laadussa

Tässä luvussa on esitetty muutoksia tutkittavien näytteiden kemiallisessa laadussa, mm. sokerien tai kokonaistypen suhteen.

7.10.1 TS- ja VS-arvot

Avonäytteissä muutokset niiden TS- ja VS-arvoissa olivat suurempia seisotuksen jälkeen verrattuna muihin näytteisiin. Tämä voi selittyä osittain avoimella säilytyksellä, jolloin neste on vapaasti päässyt haihtumaan.

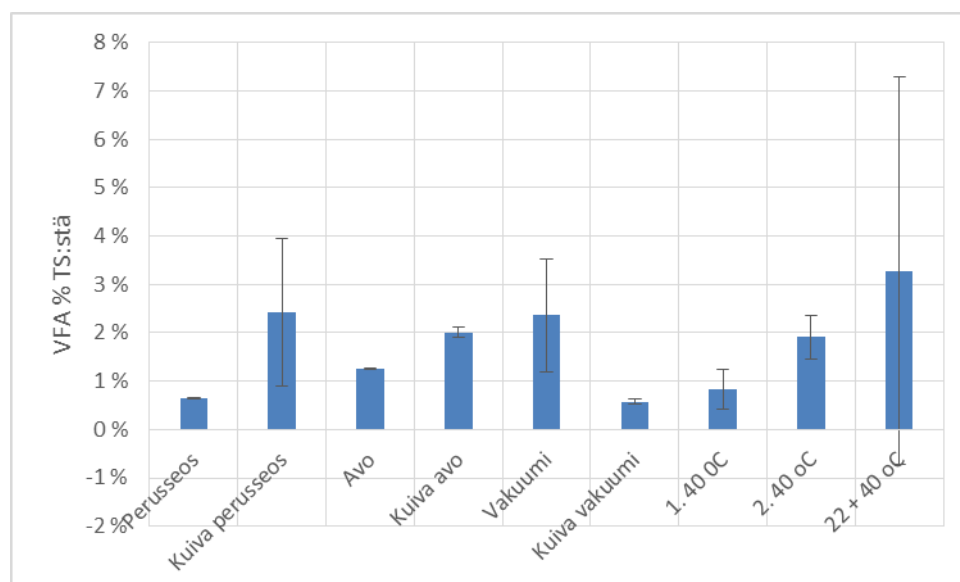
Kuivan vakuumin ja kuivan avonäytteen osalta kuiva-aineen ja orgaanisen aineen määrät ovat pysyneet melko samoina verrattuna kuivaan perusseokseen säilönnän lopussa. Näytteiden sisältämä paperi on voinut imeä nesteen itsensä ja näin edesauttanut arvojen pysymistä melko samoissa lukemissa.

TS- ja VS-arvojen määrittämisessä huomioitiin, että TS-arvojen poikkeaminen rinnakkaisnäytteiden kohdalla voi johtua ruokajäteseoksen heterogeenisuudesta ja että joihinkin näytteisiin on päätyntä märempiä tai kuivempia ainesosia. Esimerkkinä poikkeavista ainesosista olisi märempää perunaa tai kuivempää vilja-ainesta.

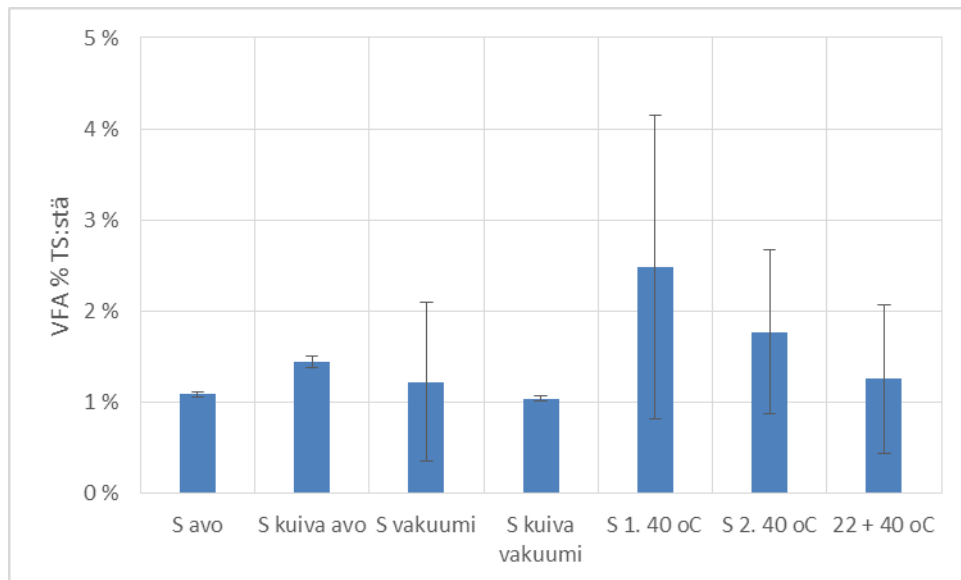
Kuiva-aineen häviäminen seisotuksessa määritettiin vain avonäytteistä ja sen määrittäminen päätettiin jättää pois vakuuminäytteistä luvussa 7.8 mainituista syistä johtuen.

7.10.2 Haihtuvat rasvahapot (VFA)

Kuvioissa 21. ja 22. kuvataan näytteiden rasvahappojen pitoisuuksien keskiarvoja- ja hajontoja.



Kuvio 21. Säilöttyjen näytteiden VFA:n keskiarvot ja keskihajonnat virhepalkkeina (% TS:stä)



Kuvio 22. Seisotettujen näytteiden VFA:n keskiarvot ja keskihajonnat virhepalkkeina (% TS:stä)

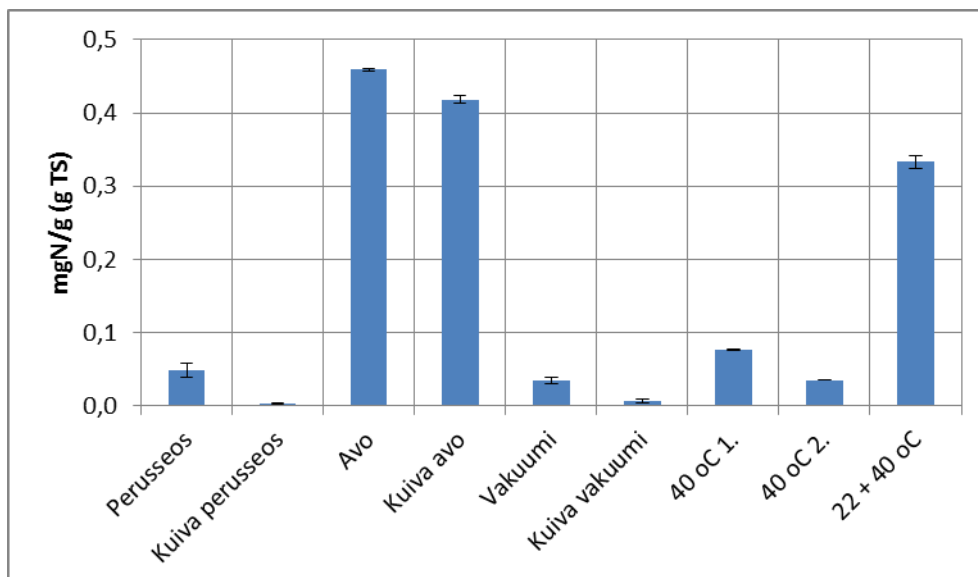
Säilytyistä näytteistä selvin ero perusseoksiin näkyy olevan 22 °C + 40 °C 2. rinnakkaisnäytteessä. Jos tämä näyte jätetään huomiotta, niin normaaliin perusseokseen nähden normaalien avonäytteiden arvot ovat alentuneet ja normaalien vakuumien hieman kohonneet tai alentuneet. 40 °C-vakuumin lämpötila ei näytä juuri vaikuttaneen arvoihin.

Kuivan perusseoksen suhteen kuivan vakuumin arvot laskivat ja kuivassa avonäytteessä hieman kohosivat.

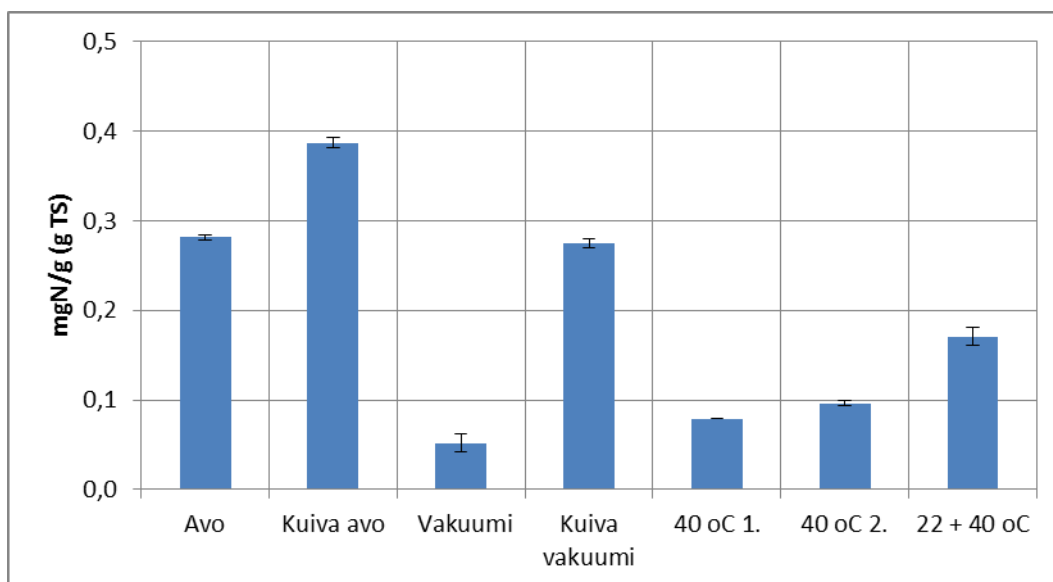
Seisotuksen jälkeen suurin osa näytteiden VFA-arvoista ei juuri muuttunut. Kuivassa avonäytteessä arvot olivat kohonneet hieman ja hieman myös normaalissa avonäytteessä. Normaaleissa vakuuminäytteissä arvot alenivat ja kuivassa hieman kohosivat. 40 °C-näytteiden arvoissa ei juuri tapahtunut muutosta yhtä rinnakkaisnäytettä lukuun ottamatta. VFAMäärien nousu toisessa rinnakkaisessa viittaa säilönnän aikaiseen häiriöön, esimerkiksi hapen saantiin ja siitä johtuvaan jätteen hajoamiseen/pilaantumiseen.

7.10.3 Ammoniumtyppi

Kuvioissa 23. ja 24. kuvataan näytteiden ammoniumtypen arvojen keskiarvoja- ja hajontoja.



Kuvio 23. Näytteiden ammoniumtyppiärvöjen keskisarvot ja keskiahjonnat virhepalkkeina (mg NH₄-N/g TS)



Kuvio 24. Seisotettujen näytteiden ammoniumtyppiärvöjen keskisarvot ja keskiahjonnat virhepalkkeina (mg NH₄-N/g TS)

Ammoniumtyppiärvöjen kannalta avonäytteiden arvot olivat selvästi nousseet verrattuna perusseoksiin, jossa ne olivat hyvin alhaisia. Ja haju myös kertoo ammoniumtyypen muodostumisesta. Tämä voi johtua avonäytteiden tyypin päästessä vapaasti haihtumaan avonaisuudesta johtuen. Seisotuksen jälkeen avonäytteiden ammoniumtyppiärvot ovat kohonneet hieman verrattuna seisotuksen jälkeiseen aikaan. Ammoniumtyppi on vesiliukoinen ja se voi sitoutua vaikeasti haihtuvaan muotoon negatiivisiin partikkeleihin maahiukkasten pinnoille (Tyypin muodot n.d). Tämä voi selittää avosäilönnän korkeat ammoniumtyppiärvot. Proteiinien hajoaminen tuottaa NH₄⁺:sta. Kun tähän lisätään happamat olosuhteet, niin ammoniumtyppi ei haihdu.

Nitrifikaatio-prosessissa ammoniumtyppi pyrkii muuttumaan nitraatiksi, joka tapahtuu mm. kasvien ottaessa ravinteita itselleen. Tämä prosessi kuitenkin altistaa ammoniumtypen huuhtoutumiselle ja haihtumiselle denitrifikaation seurauksena (Laitinen, 2008).

Typpi haihtuu ilmaan maaperästä hapettomissa oloissa nitraattitypen muuttuessa denitrifikaatiossa typpikaasuksi, jonka vapautumista maasta säätelee mm. nitraattipitoisuus ja kosteus. Ammoniumtyppi voi haihtua ilmaan myös ammoniakkin muodossa. (Viherlannoituksen ympäristövaikutukset n.d.)

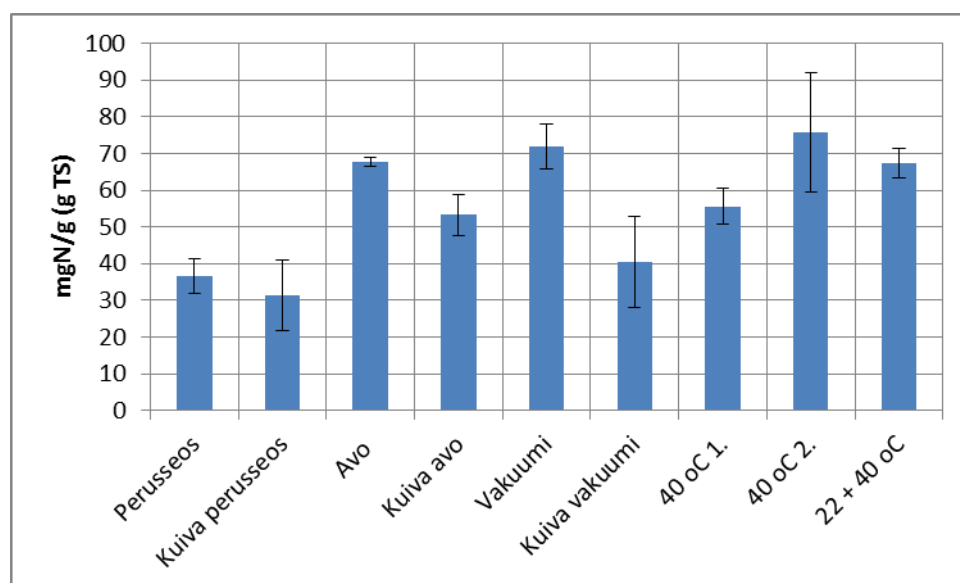
Vakuuminäytteiden kannalta ammoniumtypen arvot eivät ole juuri muuttuneet säilönnän jälkeen verrattuna perusseoksiin. Vakuuminäytteistä eniten muutoksia on tapahtunut ensin huoneenlämmössä ja sitten viikon 40 °C:ssa olevissa näytteissä. Tämä voi selittyä kahdesti pidemmällä säilöntäajalla, sillä verrattuna viikon 40 °C:ssa olleisiin näytteisiin niiden ammoniumtyppi-arvot olivat alhaisempia. Muiden vakuuminäytteiden ammoniumtyppi-arvot ovat melko samankaltaisia ja eivät paljon poikkea perusseosten arvoista. Kuten edellä on mainittu ammoniumtypen olevan vesiliukoinen ja vakuuminäytteiden rakenteen vetistytessä ammoniumtyppi on voinut huuhtoutua niiden nesteisiin ja sitten haihtua ilmaan nesteen mukana.

Seisotuksen jälkeen joidenkin vakuuminäytteiden arvot hieman kohosivat tai alenivat, mutta kuivan vakuumin arvot selvästi kohosivat. Tähän on voinut vaikuttaa sen kuivempi rakenne verrattuna normaaliin vakuumiin.

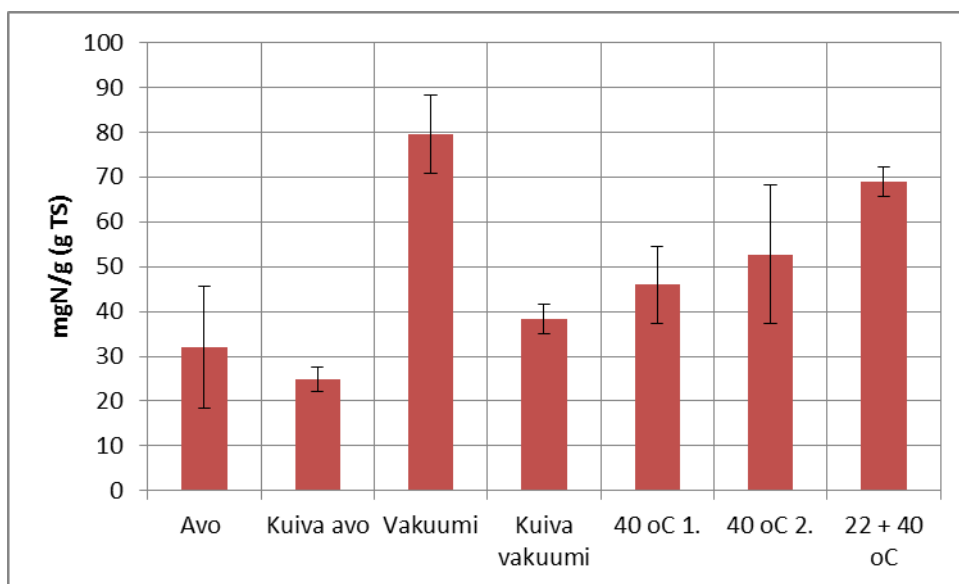
Biojätteiden hajoamisessa lämpötilan aleneminen voi vaikuttaa ammoniumtypen hajoamiseen.

7.10.4 Kokonaistyyppi

Kuvioissa 25. ja 26. esitetään näytteiden kokonaistyyppien arvojen keskiarvot- ja hajonnat.



Kuvio 25. Säilöttyjen näytteiden kokonaistyyppimäärien keskiarvot ja keskihajonnat virhepalkkeina (g TS)



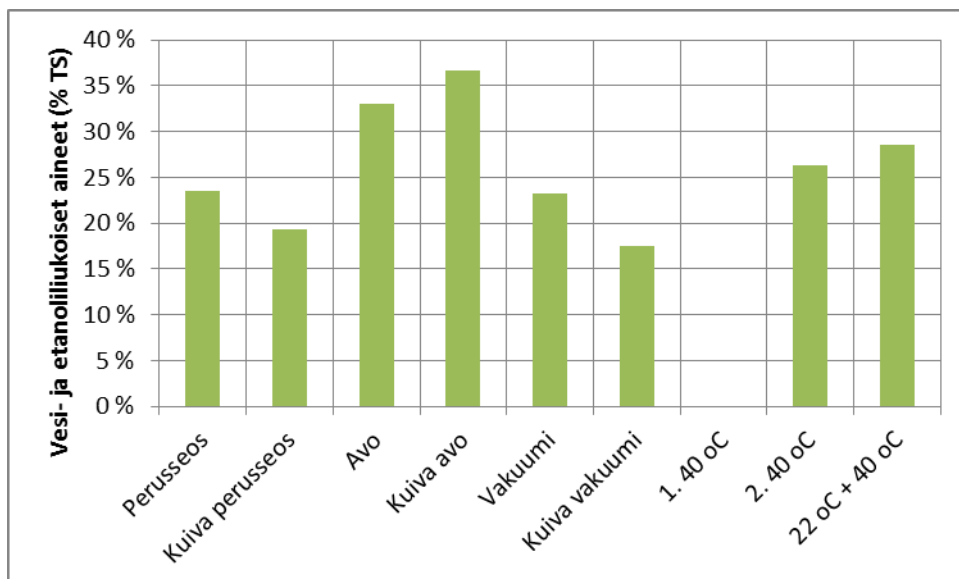
Kuvio 26. Seisotettujen näytteiden kokonaistyyppimäärien keskiarvot ja keskihajonnat virhepalkkeina (g TS)

Typen määrä säilönnän jälkeen nousi eniten normaalissa avonäytteessä ja muutosta ei paljon tapahtunut seisotuksen jälkeen, paitsi kuivan avonäytteen suhteen arvot hieman alenivat.

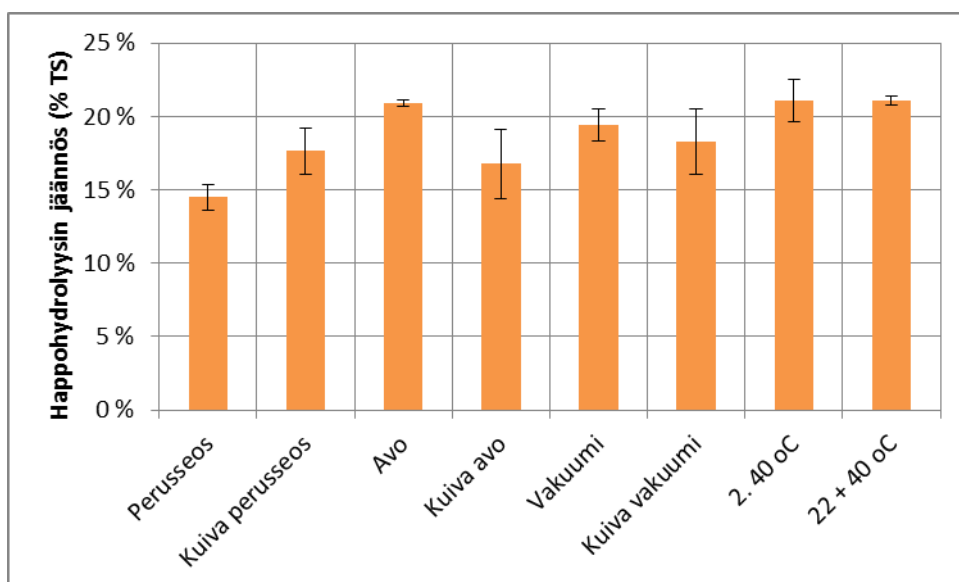
Normaalissa huoneenlämmössä ja 40 °C:ssa olleiden vakuuminäytteiden kesken ei ollut järkeviä eroja, vaikka arvot olivat hieman kasvaneet verrattuna perusseoksiin. Sama asia 22 °C + 40 °C-näytteiden kanssa. Seisotuksen jälkeen joidenkin näytteiden arvot hieman kohosivat tai laskivat. Tosin rinnakkaisnäytteiden arvot voivat selittyä sillä, että analyysissä käytettävä näyte on ollut kiinteää ja heterogeenista, jolloin eri ainesosien tasainen saaminen analyysiin on voinut olla vaikeaa.

7.10.5 Hiilihydraattien ja ligniinin määrittäminen

Kuviossa 27. (s. 53) on esitetty näytteiden vesi- ja etanoliliukoiset aineet prosentteina ja kuviossa 28. (s. 53) on esitetty näytteiden happohydrolyysien jäännösten keskiarvot- ja hajonnat.



Kuvio 27. Näytteiden vesi- ja etanoliliukoisten aineiden prosenttimäärä (% TS)

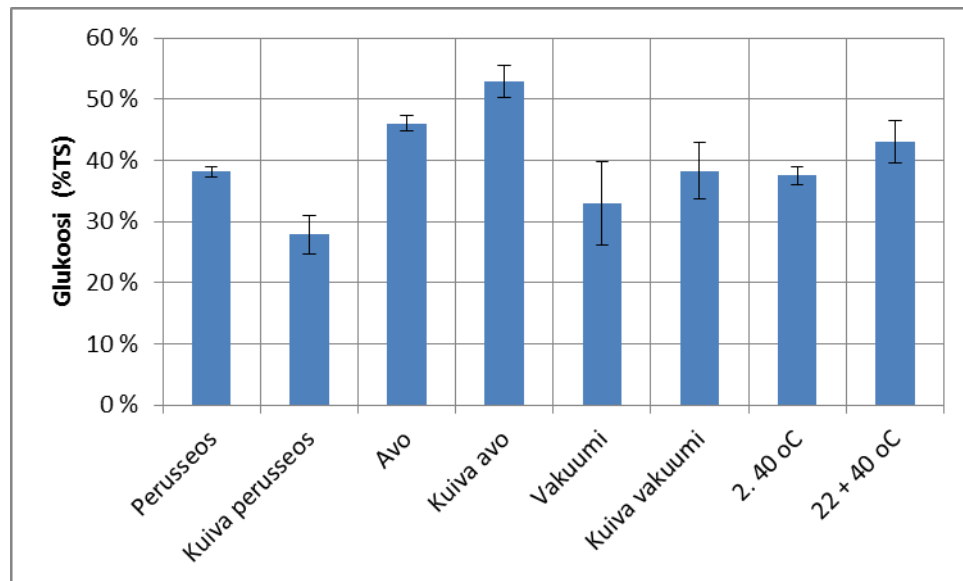


Kuvio 28. Näytteiden happoon liukenemattomien hiilihydraattien prosenttimäärien keskiarvot ja keskihajonnat virhepalkkeina (% TS)

Koska gravimetrinen määrittäminen oli melko työläs, niin sitä ei suoritettu seitsotetuille näytteille. Myös 40 °C 1. rinnakkaisnäytteen määrittäminen ei onnistunut, koska uutta näytettä ei enää voitu valmistaa. Molempiin perusseoksiin verrattuna avonäytteissä näkyy olevan eniten vesi- ja etanoliliukoisia aineita. Happohydrolyysin jäännös, joka koostuu lähinnä ligniinistä, happoon liukenemattomasta proteiinista ja tuhkasta on hieman suurempi kaikkien näytteiden kohdalla perusseoksiin verrattuna. Tämä oli oletettavissa, sillä ligniini ja tuhka eivät tunnetusti hajoa näin lyhyessä ajassa. Hieman kohonneet määrät voidaan selittää myös proteiinien liukoistumisella. Liukoistuneet proteiinit on näin uutettu näytteestä ja jäljelle jäänyt proteiini voi olla rakenteellisempaa.

7.10.6 Hiilihydraatit

Kuviossa 29. on esitetty näytteiden glukoosiarvojen prosenttimäärä keskiarvoina- ja hajontoina.



Kuvio 29. Näytteiden rinnakkaisten glukoosiarvojen prosenttimäärät keskiarvoina ja keskihajonnat virhepalkkeina (% TS)

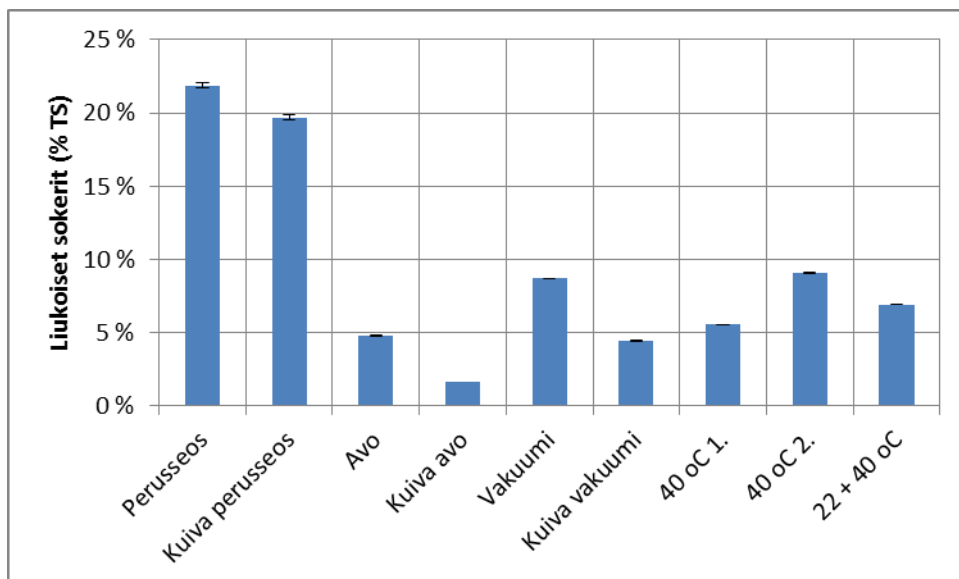
Näytteiden sisältämien glukoosiarvojen osalta vakuuminäytteissä kuivien arvot olivat selvästi kohonneet verrattuna kuivaan perusseokseen ja normaaliin vakuuminäytteiden arvot taas hieman laskeneet verrattuna normaaliin perusseokseen.

Eli tässä oli kyse näytteestä, joka on uutettu aiemmin käytetyn näytteen kokonaishiilihydraateista. Tässä on voinut tapahtua liukoistumista, mutta hiilihydraattia tai sokeria ei ole tullut lisää, joten määrä ei ole voinut kasvaa verrattuna perusseokseen. Syy kohonneisiin arvoihin voi olla analyysivirhe tai uutteen määrän vaihtelu ($300 \text{ mg} \pm 10 \text{ mg}$), jolloin jotain on otettu pois ja jokin toinen suhteessa kasvaa.

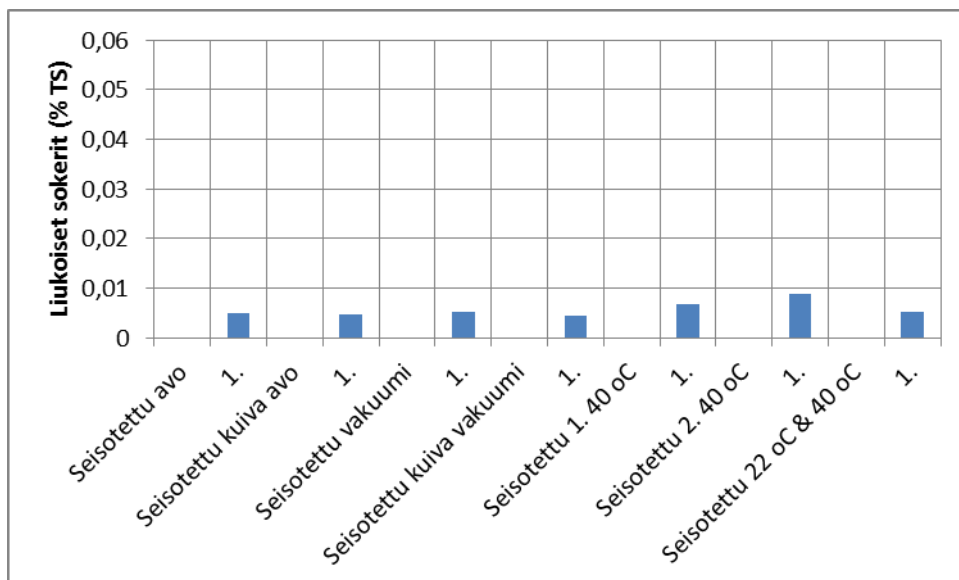
Avonäytteissä määrä näyttää olevan suurin. Tämä voi johtua niiden suuremmista massahäviöistä, jolloin suhteessa siihen jokin muu on kasvanut.

7.10.7 Liukoiset sokerit

Kuviossa 30. (s. 55) on esitetty näytteiden liukoisten sokereiden prosenttimäärien keskiarvot- ja hajonnat. Kuviossa 31. (s. 55) on esitetty seisotettujen näytteiden liukoisten sokereiden prosenttimäärät.



Kuvio 30. Säilöttyjen näytteiden liukoisten sokerien prosentiarvojen keskiarvot ja keskihajonnat virhepalkkeina (% TS)



Kuvio 31. Seisotettujen näytteiden liukoisten sokerien prosentiarvot (% TS)

Liukoisten sokerien määrä väheni kaikissa tutkituissa säilöntänäytteissä perusseoksiin verrattuna. Seisotetuista näytteistä määrät olivat laskeneet entisestään. Liukoisia sokereita voivat käyttää mm. avosäilönnässä homeet ja niitä on voinut kuluja myös käymisessä. Vakuumisäilönnässä taas liukoisia sokereita on voinut kuluja maitohappobakteerien käytössä maitohapon tuottamiseen. Tätä samaa asiaa on ollut hieman esillä teoriaosuudessa.

7.11 Pilaantuminen ja haju

Avosäilönnässä pilaantuminen näkyi homeen muodostumisena jo säilönnän aikana ja haju oli sen mukainen eli melko vahva. Seisotuksen aikana pilaantumisen haju oli vahvistunut molempien avonäytteiden kannalta.

Vakuuminäytteiden suhteen säilönnän lopussa korkeammassa lämpötilassa olleiden näytteiden haju oli hieman imelämpi verrattuna normaalissa huoneenlämmössä olleisiin vakuuminäytteisiin. Niissä ei juuri tuntunut hajusa paljon merkittävää muutosta tuoreeseen biojätteeseen verrattuna.

Seisotuksen jälkeen myös kaikkiin vakuuminäytteisiin oli muodostunut hometta, mutta ei läheskään yhtä paljon avonäytteisiin verrattuna ja enimmäkseen päälle. Joissain näytteissä haju oli enemmän tai vähemmän merkittävä, mutta ei läheskään yhtä vahva avonäytteisiin verrattuna. Vakuumisäilönnän aikana syntyneet olosuhteet näin ollen vaikuttivat säilyvyyden parantumiseen vielä avauksen jälkeenkin, mutta eivät pysäyttäneet mikrobikasvua.

7.12 Rakenne

Avonäytteiden rakenteessa tapahtui selvimmin muutoksia kovettumisen ja kuivumisen suhteen ja väri mustui ajan myötä. Näytteen palat myös takeruivat käytetyn muovipussin seinämiin. Kuivan avonäytteen suhteen melko samanlainen rakenne ja käytetty paperi oli hieman kovettunut kohdista, joihin näytteistä oli imeytynyt vettä. Seisotuksen jälkeen rakenne oli muuttunut entistä kovemmaksi.

Vakuuminäytteiden kannalta 40 °C-näytteissä rakenne oli hieman vetisempi ja pussi hieman pullistuneempi verrattuna huoneenlämmössä olleisiin näytteisiin. Myös väri oli hieman vihertävämpi. Kuivissa vakuuminäytteissä rakenne oli hieman kuivettunut, etenkin paperin osalta. Seisotuksen jälkeen useimmissa näytteissä päällinen osa oli kuivunut, mutta pohja oli kosteampi.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Kuten tuloksista voi nähdä, säilöntä happamissa olosuhteissa vähentää selvästi massahäviötä. Lisäksi vakuumisäilönnässä lämpötilan kohotuksella oli vaikutusta massahäviöön (Kuvio 20. s. 46). Eli normaali huoneenlämpö on vakuumisäilönnän kannalta edullisempi verrattuna 40 °C:een. Korkeampi lämpötila on myös vakuumissa otollisempi haitallisten mikrobien toiminnalle. Vakuumisäilöntä auttoi myös pilaantumisen ehkäisemisessä, kun avosäilönnässä pilaantuminen alkoi lähes välittömästi ja haju oli erittäin voimakas. Vakuuminäytteissä ei edes seisotuksen jälkeen tuntunut pilaantumisen hajua läheskään yhtä voimakkaana, vaikka niissäkin muodostui seisotuksen aikana hometta. Tosin sitä oli pääosin päällä ja vähemmän pohjalla.

Vakuumisäilönnässä korkeampi lämpötila vaikutti myös näytteiden vetistymiseen ja hieman imelämpään hajuun, joten myös näiden asioiden kannalta normaali huoneenlämpö vaikuttaa edullisemmalla. Lisätutkimuksia voisi tehdä miten alhaisempi lämpötila vaikuttaa samoihin ominaisuuksiin, kuin tässä työssä on tutkittu (esim. 8 °C). Lisätutkimusta voitaisiin myös tehdä sen kannalta miten erityyppiset lisättävät entsyymit vaikuttavat vakuumisäilönnässä.

Happamuuden kannalta kaikkien näytteiden pH-arvot olivat seisotuksen jälkeen nousseet lähelle neutraalia arvoa. Vakuuminäytteissä hapettomuus oli vaikuttanut happamuuteen alentamalla näytteiden pH-arvoja happamampaan suuntaan, joten tämänkin asian kannalta vakuumisäilöntä on edullisempää.

LÄHTEET

Ajanko-Laurikko. 2007. Uusien jätteenkäsittelykompostien mahdollisuudet kasvihuonepäästöjen vähentämisessä. Viitattu 14.10.14. VTT.

Ahtiainen, L., Aitta, S., Kivikoski, H., Lehto, E.L., Mannelkuusi, E., Niemi, M., Nuutinen, S., Odelma, M., Sairio, M., Töttölä, A., Vähäsantanen & J., Vuopponen, S. 2014. Alueellinen biojätetarkastelu (2014). Viitattu 24.9.2014.

Babu, V., Thapliyal, A. & Girijesh, K.P. 2013. Biofuels Production (2013). Viitattu 19.9.2014. John Wiley & Sons.

Combio & Minicombio (2013). Viitattu 16.10.14.

<http://www.europress.fi/wp-content/uploads/2013/03/Combio2013.pdf>

Crocker, D. 2008. Determination of Structural Carbohydrates and Lignin in Biomass: Laboratory Analytical Procedure (2008). Viitattu 8.9.14. National Renewable Energy Laboratory.

Epstein, E. 1999. The Science of Composting, Part One (1999). Viitattu 16.10.14. CRC Press.

Evans, E., Heritage, J., Killington R. A. 1999. Microbiology in Action (1999). Viitattu 9.9.2014. Cambridge University Press.

Hagström, M., Vartiainen, E. & Vanhanen, J. 2005. Biokaasun maatilantuotannon kannattavuusselvitys (2005). Viitattu 10.9.2014.

http://www.mmm.fi/attachments/ymparisto/5AvoD1wwP/Biokaasun_maatilatuotannon_kannattavuusselvitys_julkinen.pdf. Gaia Group Oy.

Itävaara, M., Vikman, M., Kapanen, A., Venelampi, O. & Vuorinen, A. 2006. Kompostin Kypsyystestit: Menetelmäohjeet (2006). Viitattu 24.9.2014. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2006/T2351.pdf>. VTT.

Jäteasiat (2013). Viitattu 14.10.14.

http://www.hsy.fi/jatehuolto/kiinteiston_jatehuolto/Sivut/Jateasiat_ja_jate_tilat.aspx

Jätelaki 646/2011 (2011). Viitattu 16.10.14.

<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110646#Pidp2487680>

Jördening, H.J. & Winter, J. 2006. Environmental Biotechnology: Concepts & Applications (2006). Viitattu 10.9.2014. Wiley-VCH.

Kompostointi n.d. Viitattu 16.10.14.

<http://puutarha.net/artikkelit/152/kompostointi.htm>

Korpela, E. 2013. Monilokeroauton soveltaminen biojätteen kuljetuksessa. Vaasan ammattikorkeakoulu. Ympäristöteknologia. Opinnäytetyö

- Laitinen, V. 2008. Typpilannoituksen vaikutus laitumen satoon ja rehuarvoon. Savonia- Ammattikorkeakoulu. Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma. Opinnäytetyö
- Lee, C., Lee, S., Han, S.K. & Hwang, S. 2014. Water Science & Technology: Effects of Operational pH on Biohydrogen Production from Food Waste Using Anaerobic Batch Reactors (2014). Viitattu 11.9.2014. IWA Publishing.
- Marchetti, J. M. 2010. Energy Science, Engineering and Technology: Biodiesel Production (2010). Viitattu 29.9.14. Nova Science Publishers Inc.
- Marttinen, S., Suominen, K., Lehto, M., Jalava, T. & Tampio, E. 2014. Haitallisten orgaanisten yhdisteiden ja lääkeaineiden esiintyminen biokaasulaitosten käsittelyjäännöksissä sekä niiden elintarvikeketjuun aiheuttavan vaaran arviointi (2014). Viitattu 12.10.14. MTT, Jokioinen.
- Meenakshi, P. 2007. Effects of Food Processing on Bioactive Compound (2007). Viitattu 9.9.2014. Gene-Tech Books.
- Mudhoo, A. 2012. Biogas Production: Pretreatment Methods in Anaerobic Digestions (2012). Viitattu 10.9.2014. John Wiley & Sons.
- Okonko, I.O., Ogun A.A., Shittu, O.B. & Ogunnusi, T.A. 2009. EJEAF-Che: Waste Utilization As a Means of Ensuring Environmental Safety-An Overview (2009). Viitattu 12.9.2014. Saatavilla Nelliportaalin Food-tietokannassa:
<http://web.a.ebscohost.com.ezproxy.hamk.fi/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=d41c99e2-becc-4bbe-b27e-619dc4de0388%40sessionmgr4004&vid=5&hid=4212>.
- Parihar, P. 2008. Applied Microbiology (2008). Viitattu 11.9.2014. Sawastik Publishers & Distributors.
- Pastorointi n.d. Viitattu 16.10.14.
http://portal.hamk.fi/portal/page/portal/HAMI/Milkworks/Oppimateriaali/kasittely_meijerissa/pastorointi
- Pulkkinen, S., Vehmas, A., Herkkola, H. & Sinisalo, S. 2007. Pääkaupunkiseudun kotitalouksien sekajätteen määrä vuonna 2007 (2008). Viitattu 10.7.2014. YTV.
- Qamaruz-Zaman, N. & Milke, M.W. 2012. VFA and Ammonia From Residential Food Waste as Indicators of Odor Potential (2012). Viitattu 11.10.14. Waste Management 32.
- Rantanen, K. 2013. Kemia: Vedyn aika (2013). Viitattu 11.9.2014. Kemia.
- Ritari, J., Koskinen, K., Hultman, J., Kurola, J.M., Kymäläinen, M., Romantschuk, M., Paulin, L. & Auvinen, A. 2012. Research Article: Molecular Analysis of Meso- And Thermophilic Microbiota Associated With An-

aerobic Biowaste Degradation (2012). Viitattu 13.9.2014. BMC Microbiology.

Ryckeboer, J., Mergaert, J., Coosemans, J., Deprins, K. & Swings, J. 2003. Microbiological Aspects of Biowaste During Composting In a Monitored Compost Bin (2003). Viitattu 13.9.2014. Journal of Applied Microbiology.

Saksena, D.N. & Gaidhane, D.M. 2010. Environmental Biology (2010). Viitattu 11.9.2014. Studium Press.

Silvennoinen, K., Koivupuro, H.K., Katajajuuri J.M., Jalkanen, L. & Reinikainen, A. 2012. Ruokahävikki suomalaisessa yhteiskunnassa (2012). Viitattu 9.7.2014. MTT.

Sluiter, A., Hames, B., Ruiz, R., Scarlata, C., Sluiter, J., Templeton, D. & Crocker, D. 2011. Determination of Structural Carbohydrates and Ligning in Biomass (2011). Viitattu 20.10.14. Technical Report, Laboratory Analytical Procedure (LAP).

Sundholm, I. 2011. Loimi-Hämeen Jätehuolto: Vuosiraportti 2011 (2011). Viitattu 17.9.2014.

http://www.lhj.fi/UserFiles/lhj/File/Aineistopankki/Raportit/lhj_ymparisto_raportti_2012.pdf. Loimi-Hämeen Jätehuolto OY.

Tewari, G. & Juneja, V.K. 2008. Advances in Thermal and Non-Thermal Food Preservation (2008). Viitattu 7.9.2014. Wiley- Blackwell.

Typen muodot (2014). Viitattu 21.10.2014.

http://www.farmit.net/kasvinviljely/lannoitus/ravinteet/typpi/typen_muodot

Valtioneuvoston asetus jätteistä 179/2012 (2012). Viitattu 14.10.14. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2012/20120179#Pidp43696>

Vielma, J., Setälä, J., Airaksinen, S., Kankainen, M., Tarkki, V., Kaitaranta, J., Norström, A. & Nurmio, J. 2013. Vähäarvoisen Kalamateriaalin Jalostus Lisäarvotuotteiksi- Liiketoimintanäkymät (2013). Viitattu 11.10.14. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, ISBN 978-952-303-110-4.

Viherrannoituksen ympäristövaikutukset n.d. Viitattu 21.10.14.

http://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/viherlannoitus_ymparistovaikutukset_vihkotulostus_rtf.pdf. Pro Agria.

Virta, A. 2011. Biokaasutuotannon prosessit ja biokaasun tuotanto. Turun ammattikorkeakoulu. Bio- ja elintarviketekniikka. Opinnäytetyö.

Wall, J.D., Harwood, C.S. & Demain, A. 2008. Bioenergy (2008). Viitattu 8.9.2014. ASM Press.

Kuvia näytteistä seisotuksen viimeisenä päivänä (14 vrk aloituksesta)



Kuva 1. Vakuuminäyte seisotuksen jälkeen



Kuva 2. Kuiva vakuuminäyte seisotuksen jälkeen



Kuva 3. 1. lisäsvakuuminäyte seisotuksen jälkeen



Kuva 4. 2. kuiva lisäsvakuuminäyte seisotuksen jälkeen



Kuva 5. 1. viikon huoneenlämmössä ja viikon 40 °C:ssa ollut rinnakkaisnäyte seisoituksen jälkeen

Tulosten raakadata

Taulukko 11. Näytteiden ja käytettyjen ainesosien TS- ja VS- arvot sekä keskiarvot (värillä merkityissä näytteissä on liian poikkeavat rinnakkaisarvot, joissa on käytetty korkeinta arvoa ominaisuuksien määrittämisessä, muissa keskiarvoja):

Näyte (koskee koskemattomina olleita)	u	u+ näyte	u+ TS	u+ VS	TS%	VS%	Ka- TS	Ka- VS
Perusseos	26,9141	30,7044	27,8282	26,9537	24,1 %	23,1 %	25,3 %	24,4 %
	27,7557	31,3974	28,7824	27,7824	28,2 %	27,5 %		
	25,9365	30,3239	26,9695	25,9684	23,5 %	22,8 %		
Kuiva perusseos	30,3465	35,43	31,8015	30,3892	28,6 %	27,8 %	28,0 %	27,1 %
	29,7223	34,7983	30,9318	29,7598	23,8 %	23,1 %		
	30,6625	34,3339	31,8154	30,6928	31,4 %	30,6 %		
Avo	29,7834	33,2176	30,7963	29,827	29,5 %	28,2 %	24,7 %	23,5 %
	55,8381	59,8234	56,628	55,8818	19,8 %	18,7 %		
Kuiva avo	27,3547	30,8902	28,4464	27,3935	30,9 %	29,8 %	30,1 %	29,0 %
	20,0279	23,5866	21,0715	20,0651	29,3 %	28,3 %		
Vakuumi	52,438	56,116	53,2407	52,4677	21,8 %	21,0 %	22,1 %	21,3 %
	50,4788	54,9152	51,2218	50,5163	16,7 %	15,9 %		
	27,7552	31,7378	28,7129	27,7908	24,0 %	23,2 %		
	30,6621	34,1463	31,5589	30,6894	25,7 %	25,0 %		
Kuiva vakuumi	25,9365	30,1456	27,1246	25,965	28,2 %	27,5 %	29,1 %	28,4 %
	34,1547	37,9403	35,3106	34,1854	30,5 %	29,7 %		
	29,7222	34,3472	30,9407	29,7654	26,3 %	25,4 %		
40 oC 1.	30,3468	35,2446	31,8884	30,3836	31,5 %	30,7 %		
	29,9003	33,5758	30,8108	29,9309	24,8 %	23,9 %	24,2 %	23,4 %
40 oC 2.	26,9143	30,6545	27,7963	26,9446	23,6 %	22,8 %		
	27,7833	31,5118	28,4941	27,8221	19,1 %	18,0 %	18,9 %	17,9 %
22 oC + 40oC 1.	27,8819	32,4638	28,7385	27,9276	18,7 %	17,7 %		
	34,1532	37,4182	34,9607	34,1859	24,7 %	23,7 %	23,7 %	22,7 %
22 oC + 40oC 2.	26,9143	30,6069	27,7541	26,9516	22,7 %	21,7 %		
	20,028	24,2316	20,8616	20,0687	19,8 %	18,9 %	18,9 %	17,9 %
	27,7834	31,9459	28,5296	27,8233	17,9 %	17,0 %		

Seisotetut näytteet	u	u+ n	u+TS	u+VS	TS%	VS%	Ka- TS	Ka- VS
Seisotettu avo	26,5531	29,6515	28,3401	26,6262	57,7 %	55,3 %	39,4 %	37,5 %
	27,3552	31,2837	28,1857	27,4113	21,1 %	19,7 %		
Seisotettu kuiva avo	29,1871	33,6491	30,479	29,2546	29,0 %	27,4 %	37,0 %	35,2 %
	26,9765	31,6561	29,0812	27,0694	45,0 %	43,0 %		
Seisotettu vakuumi	31,1807	35,0865	32,067	31,2155	22,7 %	21,8 %	21,0 %	20,0 %
	29,3771	33,1206	30,097	29,4125	19,2 %	18,3 %		
Seisotettu kuiva vakuumi	27,3803	31,0133	28,427	27,4223	28,8 %	27,7 %	31,5 %	30,4 %
	28,4469	31,9087	29,6327	28,4849	34,3 %	33,2 %		
Seisotettu 40 oC 1.	27,03	30,6758	28,2188	27,0813	32,6 %	31,2 %	28,6 %	27,2 %
	29,7837	33,8428	30,7787	29,834	24,5 %	23,3 %		
Seisotettu 40 oC 2.	29,111	33,3093	30,1202	29,1526	24,0 %	23,0 %	26,3 %	25,3 %
	32,6932	36,4143	33,7551	32,7309	28,5 %	27,5 %		
Seisotettu 22 oC + 40 oC	27,7835	31,0254	28,5607	27,8143	24,0 %	23,0 %	23,8 %	22,9 %
	26,9764	31,3543	28,0759	27,0114	25,1 %	24,3 %		
	20,0285	23,7319	20,8593	20,0637	22,4 %	21,5 %		

Ainesosat	u	u+ näyte	u+ TS	TS	Ka- TS
Perunat	0,7149	4,6062	1,14	10,9 %	11,0 %
	0,5253	4,4863	0,9652	11,1 %	
Hedelmäsose	0,517	3,5956	0,97	14,7 %	14,3 %
	0,5246	3,8654	0,9854	13,8 %	
Salaattijäte	1,0933	4,6916	1,4102	8,8 %	10,2 %
	0,1382	3,5776	0,5339	11,5 %	
Vilja	0,1941	3,5309	1,6481	43,6 %	41,1 %
	0,1242	3,9249	1,5915	38,6 %	
Liha	0,1651	3,7743	1,6481	41,1 %	39,8 %
	0,1242	3,9249	1,5915	38,6 %	
Kahvinporot	0,1777	2,4575	0,8788	30,8 %	30,8 %
	0,1143	2,0236	0,7019	30,8 %	
Kala	0,155	3,4052	0,9182	23,5 %	25,0 %
	0,1856	4,2671	1,2649	26,4 %	

Taulukko 12. Näytteiden haihtuvat rasvahapot:

Näytteet (7:7)	Näytteen V (ml)	Titraus pH4 (ml)	Titraus pH7 (ml)	Erotus (g NaOH)	(mmol/l) TS %	Uute V (l)	Näyte (mg) VA-alk	(mmol/l)	mg CaCO ₃ /l	VFA (mg/l)	Uute VFA (mg)	VFA % gg	VFA / % TS
Perusseos 1.	2	0,229	0,3599	0,1309	50	25,3%	15000	3,2725	163,625	163,625	24,54375	0,16%	1%
Perusseos 2.	2	0,3383	0,469	0,1307	50		15000	3,2675	163,375	163,375	24,50625	0,16%	0,65%
Kuiva perusseos 1.	2	0,1332	0,6558	0,5226	50	28,0%	15000	13,065	653,250	979,875	146,98125	0,98%	3,50%
Kuiva perusseos 2.	2	0,1527	0,3543	0,2016	50		15000	5,04	252,000	378	56,7	0,38%	1,35%
Avo 1.	2	0,05045	0,2454	0,19495	50	29,5%	15000	4,87375	243,688	365,53125	54,8296875	0,37%	1,24%
Avo 2.	2	0,1596	0,3586	0,199	50		15000	4,975	248,750	375,125	55,96875	0,37%	1,26%
Kuivaavo 1.	2	0,3329	0,6682	0,3353	50	30,1%	15000	8,3825	419,125	628,6875	94,303125	0,63%	2,09%
Kuivaavo 2.	2	0,5018	0,8126	0,3108	50		15000	7,77	388,500	582,75	87,4125	0,58%	1,94%
Vakuumi 1.	2	0,2114	0,5877	0,3763	50	22,1%	15000	9,4075	470,375	705,5625	105,884375	0,71%	3,19%
Vakuumi 2.	2	0,13	0,3109	0,1809	50		15000	4,5225	226,125	339,1875	50,878125	0,34%	1,53%
Kuiva vakuumi 1.	2	0,1927	0,3343	0,1416	50	29,1%	15000	3,54	177,000	177,000	26,55	0,18%	0,61%
Kuiva vakuumi 2.	2	0,09194	0,2184	0,12646	50		15000	3,1615	158,075	158,075	23,71125	0,16%	0,54%
40°C 1 näyte 1.	2	0,3313	0,4772	0,1459	50	24,2%	15000	3,6475	182,375	273,5625	41,084375	0,27%	1,13%
40°C 2 näyte 2.	2	0,4116	0,5185	0,1069	50		15000	2,6725	133,625	133,625	20,04375	0,13%	0,55%
40°C 2 näyte 1.	2	0,2345	0,3954	0,1609	50	18,9%	15000	4,0225	201,125	301,6875	45,253125	0,30%	1,60%
40°C 2 näyte 2.	2	0,3681	0,5918	0,2237	50		15000	5,9925	279,625	419,4375	62,915625	0,42%	2,22%
22°C +40°C 1.	2	0,573	0,6496	0,0766	50	21,3%	15000	1,915	95,750	95,750	14,3625	0,10%	0,45%
22°C +40°C 2.	2	0,934	1,628	0,694	50		15000	17,35	867,500	1301,25	195,1875	1,30%	6,11%

Seisotetut näytteet (4-7)	Näytteen V (ml)	Titraus pH4 (ml)	Titraus pH7 (ml)	Erotus	NaOH mmol	TS %	Uute V(l)	Näyte mg VA-alk (mmol/l)	mg CaCO3(l)	VFA (mg/l)	Uute VFA (mg)	VFA %/gg	VFA %/TS
Savo 1.	2	0,09014	0,431	0,34086	50	57,7%	0,15	15000	8,5215	426,075	639,1125	95,866875	0,64%
Savo 2.	2	0,05488	0,3848	0,32992	50		0,15	15000	8,248	412,4	618,6	97,9	0,62%
Skuivaavo 1.	2	0,1936	0,5495	0,3559	50	45,0%	0,15	15000	8,8975	444,875	667,3125	100,096875	0,67%
Skuivaavo 2.	2	0,2823	0,6176	0,3353	50		0,15	15000	8,3825	419,125	628,6875	94,308125	0,63%
Svakuumi 1.	2	0,2025	0,3055	0,103	50	21,0%	0,15	15000	2,575	128,75	128,75	19,3125	0,13%
Svakuumi 2.	2	0	0,2059	0,2059	50		0,15	15000	5,1475	257,375	386,0625	57,908375	0,39%
Skuivavakuumi 1	2	0,2481	0,4267	0,1786	50	31,5%	0,15	15000	4,465	223,25	334,875	50,23125	0,33%
Skuivavakuumi 2.	2	0,2195	0,3913	0,1718	50		0,15	15000	4,295	214,75	322,125	48,31875	0,32%
S1-40oC 1.	2	0,3511	0,5495	0,1984	50	28,6%	0,15	15000	4,96	248	372	55,8	0,37%
S1-40oC 2.	2	0,455	0,9927	0,5377	50		0,15	15000	13,9425	697,125	1045,6875	156,853125	1,05%
S2-40oC 1.	2	0,2604	0,5885	0,3281	50	26,3%	0,15	15000	8,4525	422,625	633,9375	95,090625	0,63%
S2-40oC 2.	2	0,5876	0,7471	0,1595	50		0,15	15000	3,9875	199,375	299,0625	44,859375	0,30%
22oC+40oC 1.	2	0,4661	0,596	0,1299	50	23,8%	0,15	15000	3,2475	162,375	162,375	24,35625	0,16%
22oC+40oC 2.	2	0,3082	0,5413	0,2331	50		0,15	15000	5,8275	291,375	437,0625	65,559375	0,44%

Taulukko 13. Näytteiden ammoniumtyppi:

Näytteet (7.7)	m (g)	mgN/g	Varsinainen ammoniumtyppimäärä
Perusseos	2,51	0,024	0,022727273
	2,36	0,007	0,006628788
	2,85	0,008	0,007575758
Kuiva perusseos	2,15	0	0
	2,8	0,002	0,001893939
Avo	3,37	0,142	0,134469697
	3,01	0,144	0,136363636
Kuiva avo	2,55	0,129	0,122159091
	2,32	0,137	0,129734848
Vakuumi	2,19	0,005	0,004734848
	3,9	0,011	0,010416667
Kuiva vakuumi	2,27	0	0
	4,15	0,004	0,003787879
40 oC 1.	2,65	0,019	0,017992424
	2,19	0,02	0,018939394
40 oC 2.	2,5	0,007	0,006628788
	2,96	0,007	0,006628788
22 oC + 40 oC	2,42	0,086	0,081439394
	2,54	0,069	0,065340909
	3,51	0,07	0,066287879
Blank	0,11		
Standardi 1.	0,521		
Standardi 2.	0,535		
Standardi ka	0,528		
x	0,9469697		

Seisotetut näytteet (14.7)	m (g)	mgN/g	Varsinainen ammoniumtyppimäärä
Avo	2,21	0,171	0,16056338
	2,79	0,175	0,164319249
Kuiva avo	2,67	0,181	0,169953052
	2,43	0,19	0,178403756
Vakuumi	2,65	0,023	0,021596244
	2,16	0,008	0,007511737
	2,77	0,004	0,003755869
Kuiva vakuumi	2	0,077	0,072300469
	2,18	0,085	0,079812207
40 oC 1.	2,32	0,024	0,022535211
	2,77	0,024	0,022535211
40 oC 2.	2,88	0,025	0,023474178
	3,58	0,029	0,027230047
22 oC + 40 oC	2	0,055	0,051643192
	2,45	0,04	0,037558685
	3,17	0,035	0,03286385
Blank	0,078		
Standardi 1.	0,539		
Standardi 2.	0,526		
Standardi ka	0,5325		
x	0,938967		

Taulukko 14. Näytteiden kokonaistyyppi:

Näytteet 9.7	m (g)	mg N/g	Varsinainen kokonaistyyppi
Perusseos	1,43	11,235	10,08527828
	1,29	9,338	8,382405745
Kuiva perusseos	1,28	7,631	6,850089767
	1,29	11,892	10,67504488
Avo	1,33	21,992	19,74147217
	1,25	22,508	20,20466786
Kuiva avo	1,26	16,535	14,84290844
	1,32	19,197	17,23249551
Vakuumi	1,26	16,673	14,96678636
	1,22	18,799	16,87522442
Kuiva vakuumi	1,28	10,261	9,210951526
	1,27	15,966	14,33213645
40 oC 1.	1,36	15,903	14,27558348
	1,25	14,039	12,60233393
40 oC 2.	1,24	13,559	12,17145422
	1,29	18,354	16,47576302
Standardit	50 ml	0,549 mgN	
	50 ml	0,565 mgN	
0- näyte	50 ml	0,086 ml	
	50 ml	0,071 ml	
Standardi ka		0,557	
Standardikerroin x		0,897666	

Näytteet 16.7	m (g)	mg N/g	Varsinainen kokonaistyyppi
S avo	1,22	10,306	10,60288066
	1,14	18,722	19,26131687
	1,11	21,097	21,70473251
	1,23	21,593	22,21502058
S kuiva avo	1,19	10,077	10,36728395
	1,19	10,548	10,85185185
	1,41	11,912	12,25514403
S 40 oC 1.	1,2	10,95	11,2654321
	1,21	11,912	12,25514403
	1,3	15,446	15,8909465
S 40 oC 2.	1,26	17,588	18,09465021
	1,25	13,204	13,58436214
	1,24	9,666	9,9444444444
22 + 40 oC	1,46	13,091	13,468107
	1,21	14,693	15,11625514
	1,28	14,07	14,47530864
Standardit	50 ml	0,483 mgN	
	50 ml	0,489 mg N	
0- näyte	50 ml	0,125	
	50 ml	0,063	
Standardi ka		0,486	
x		1,028807	

Näytteet 21.7	m (g)	mg N/g	Varsinainen kokonaistyyppi
S 22 + 40 oC	1,23	17,146	15,84658041
	1,03	17,469	16,14510166
	1,23	18,749	17,32809612
S vakuumi	1,16	18,072	16,70240296
	1,24	16,06	14,84288355
	1,27	20,03	18,51201479
S kuiva vakuumi	1,13	14,29	13,20702403
	1,23	12,682	11,72088725
	1,22	12,147	11,22643253
Standardi	50 ml	0,549	
	50 ml	0,533	
0- näyte	50 ml	0,157	
	50 ml	0,129	
Standardi ka		0,541	
x		0,924214	

Taulukko 15. Hiilihydraattien ja ligniinin määritys:

Kylmäkuivatut näytteet	Alku m (kylmäkuivauksen jälkeen g)	Loppu m (vesi- ja etanoliuuton jälkeen g TS)	Pitkäketjuiset hiilihydraatit	Vesi- ja etanoliliukoiset aineet (% TS)
Perusseos	5,69	4,35	76,4%	24%
Kuiva perusseos	7,15	5,77	80,7%	19,3%
Avo	4,79	3,21	67,0%	33,0%
Kuiva avo	3,95	2,5	63,3%	36,7%
Vakuumi	4,9	3,76	76,7%	23,3%
Kuiva vakuumi	5,67	4,68	82,5%	17,5%
1. 40 oC	5,27	Virhe	0%	0%
2. 40 oC	5,33	3,93	73,7%	26,3%
22 oC + 40 oC	5,16	3,69	71,5%	28,5%

Näytteet	Alku m (mg)	Loppu m (happohydrolyysin jälkeen) (mg)	Happohydrolyysin jäännös	Keskiarvot
Perusseos				
1.	297,4	42,6	14,32%	14,5%
2.	301,8	46,5	15,41%	
3.	298,5	41	13,74%	
Kuiva perusseos				
1.	299,3	47,6	15,90%	17,63%
2.	302,8	54,9	18,13%	
3.	301,7	56,9	18,86%	
2. 40 oC				
1.	303,4	68,9	22,71%	21,06%
2.	299,9	60,2	20,07%	
3.	300,4	61,3	20,41%	
22 oc + 40 oC				
1.	302,4	64,1	21,20%	21,09%
2.	307,1	63,8	20,77%	
3.	302,7	64,5	21,31%	
Vakuumi				
1.	300,1	56,7	18,89%	19,46%
2.	307,4	63,7	20,72%	
3.	299,3	56,2	18,78%	
Kuiva vakuumi				
1.	303,3	49,3	16,25%	18,27%
2.	302,4	62,6	20,70%	
3.	302,1	53,9	17,84%	
Avo				
1.	299,7	62,7	20,92%	20,89%
2.	300	62	20,67%	
3.	305,4	64,4	21,09%	
Kuiva avo				
1.	303,8	58,1	19,12%	16,78%
2.	303,9	43,7	14,38%	
3.	303,5	51,1	16,84%	

Taulukko 16. Sokerimääritys (glukoosimääritys laimennuskertoimella 4):

Näytteet (suodokset)	Pitoisuus g/l	Alkumassa (g)	Glukoosimäärä	Keskiarvot
Perusseos				
1.	0,284	0,2974	38,20 %	38,19 %
2.	0,282	0,3018	37,38 %	
3.	0,291	0,2985	38,99 %	
Kuiva perusseos				
1.	0,222	0,2993	29,67 %	27,88 %
2.	0,225	0,3028	29,72 %	
3.	0,183	0,3017	24,26 %	
Vakuumi				
1.	0,205	0,3001	27,32 %	33,02 %
2.	0,239	0,3074	31,10 %	
3.	0,304	0,2993	40,63 %	
Kuiva vakuumi				
1.	0,329	0,3033	43,39 %	38,33 %
2.	0,283	0,3024	37,43 %	
3.	0,258	0,3021	34,16 %	
Avo				
1.	0,336	0,2997	44,84 %	46,04 %
2.	0,344	0,3	45,87 %	
3.	0,362	0,3054	47,41 %	
Kuiva avo				
1.	0,388	0,3038	51,09 %	52,98 %
2.	0,425	0,3039	55,94 %	
3.	0,394	0,3035	51,93 %	
22 oc + 40 oC				
1.	0,308	0,3024	40,74 %	43,00 %
2.	0,361	0,3071	47,02 %	
3.	0,312	0,3027	41,23 %	
2. 40 oC				
1.	0,271	0,3034	35,73 %	37,50 %
2.	0,288	0,2999	38,41 %	
3.	0,288	0,3004	38,35 %	

Taulukko 17. Liukoisten sokerien määrittäminen: (näytteet kuivaa avonäytettä lukuun ottamatta laimennuskertoimella 10 ja kuiva avonäyte sekä seisotetut näytteet laimennuskertoimella 2)

Näytteet (uutteet)	Pitoisuus g/l	Uuton näytemäärä (g)	Uuton vesimäärä (l)	Näytteen TS %	Liukoiset sokerit	Ka
Perusseos				0,253		
1.	0,137	15	0,15		5,42 %	5,53 %
2.	0,143	15	0,15		5,65 %	
Kuiva perusseos				28,0 %		
1.	0,151	15	0,15		5,39 %	5,52 %
2.	0,158	15	0,15		5,64 %	
Avo				0,247		
1.	0,036	15	0,15		1,46 %	1,42 %
2.	0,034	15	0,15		1,38 %	
Kuiva avo				0,301		
1.	0,075	15	0,15		0,50 %	0,5 %
Vakuumi				0,221		
1.	0,042	15	0,15		1,90 %	1,92 %
2.	0,043	15	0,15		1,95 %	
Kuiva vakuumi				0,291		
1.	0,039	15	0,15		1,34 %	1,31 %
2.	0,037	15	0,15		1,27 %	
1. 40 oC				0,237		
1.	0,032	15	0,15		1,35 %	1,35 %
2.	0,032	15	0,15		1,35 %	
2. 40 oC				0,189		
1.	0,033	15	0,15		1,75 %	1,72 %
2.	0,032	15	0,15		1,69 %	
22 oC + 40 oC				0,237		
1.	0,035	15	0,15		1,48 %	1,48 %
2.	0,035	15	0,15		1,48 %	
Seisotettu avo					0,394	
1.	0,096	15	0,15			0,49 %
Seisotettu kuiva avo					0,37	
1.	0,086	15	0,15			0,46 %
Seisotettu vakuumi					0,21	
1.	0,055	15	0,15			0,52 %
Seisotettu kuiva vakuumi					0,315	
1.	0,069	15	0,15			0,44 %
Seisotettu 1. 40 oC					0,286	
1.	0,097	15	0,15			0,68 %
Seisotettu 2. 40 oC					0,263	
1.	0,115	15	0,15			0,87 %
Seisotettu 22 oC + 40 oC					0,238	
1.	0,062	15	0,15			0,52 %

Eri näytteille tehtävät analyysit

Taulukko 18. Eri näytteille tehtävät analyysit

Kaikista pusseista pH. Jos Ok, voi yhdistää rinnakkaiset yhdeksi näytteeksi, joista uutto	punnitus	TS/VS	pH	uutto / VFA, ammo	liukoiset sokerit	*Uuteaineet, gravimetrinen	kokonais hiilihydraatit	1 vko seisoitus	seisotusta pH	Seisotetusta punnitus, TS ja uutto, josta sokeri ym.
Tuore, kuiva, joka laitettiin heti pakkaseen		x	x	x	x	x	x			
Tuore, märkä, joka laitettiin heti pakkaseen		x	x	x	x	x	x			
vakuumi, heti lämmin (40 OC viikon ajan)	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x
vakuumi, ensin 22 OC viikon ajan ja sitten 40 oC	2x	2x	2x	x	x	x	x	x	x	x
1 kuiva avo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1 märkä avo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1 kuiva lisäys avo			x					x		
1 märkä lisäys avo			x					x		
kuiva vakuumi	2x	2x	2x	x	x	x	x	x	x	x
märkä vakuumi	2x	2x	2x	x	x	x	x	x	x	x
kuiva lisäys vakuumi			2x					x	2x	
märkä lisäys vakuumi			2x					x	2x	
sekaätteet										
1 sekajäte avo	x		x					x	x	
1 sekajäte avo lisäys			x					x	x	
2 sekajäte vakuumi	2x		2x					2x	2x	
2 sekajäte vakuumi lisäys			2x					2x	2x	