

Säilörehun säilöntäaineiden vertailu

Aino-Maria Vehkamäki

Opinnäytetyö
Tammikuu 2018
Maaseutuelinkeinojen tutkinto-ohjelma
Luonnonvara- ja ympäristöala

Tekijä(t) Vehkamäki, Aino-Maria	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä tammikuu 2018
	Sivumäärä	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Säilörehun säilöntäaineiden vertailu		
Tutkinto-ohjelma Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Ulla Heinonen		
Toimeksiantaja(t) Kuukkajärven maito		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyössä testattiin ja vertailtiin eri säilöntäaineiden ja säilöntäaineettomuuden vaikutuksia säilörehun säilönnälliseen laatuun, koostumukseen ja rehuarvoihin. Lisäksi analysoitiin kosteuspitouksien, hapen ja hapettomuuden vaikutuksia. Säilöntätestit toteutettiin pienillä vakuumpusseilla, joista osasta imettiin ilma pois kuvaamaan ilmatiivistä säilömistä ja osaan jätettiin ilmaa sisälle kuvaamaan huonommin tiivistettyä säilöntäyksikköä. Säilöntäajankohtia oli kolme samasta rehusta: juuri niitetty, yön yli kuivunut ja vuorokauden karholla ollut.</p> <p>Opinnäytetyö toteutettiin tekemällä kyselytutkimus säilörehun viljelijöille kartoittaen heidän käyttämiään säilöntäaineita ja syitä kyseiseen valintaan. Omakohtaista kokemusta eri tekijöiden vaikutuksista säilörehun säilönnälliseen laatuun saatiin tekemällä säilöntäkokeita. Säilöntäaineina olivat kaksi biologista säilöntäainetta ja yksi muurahaishapposäilöntäaine sekä verrokina koejäsen ilman säilöntäainetta. Tutkimus toteutettiin kvantitatiivisellä menetelmällä.</p> <p>Kyselyssä säilörehun viljelijöillä säilöntäaineen valintaan vaikuttivat eniten korjuuhetken sääolot. Testissä muurahaishapolla säilöittäessä pH jäi korkeimmaksi. Ilman säilöntäainetta käyttäen ja muurahaishapolla säilöittäessä sulavuus (D-arvo) oli parempaa. Sulavan kuidun määrä laski, samaan aikaan sulamattoman kuidun määrä nousi.</p> <p>Tämän testin perusteella säilöntäkokeen tekeminen näin pienellä määrällä on haastavaa. Säilöntäaineiden ja säilöntämenetelmien välillä ei ollut juurikaan eroja. Suuremmalla säilörehumäärällä tulokset olisivat voineet olla erilaisia. Haittamikrobeja ja virheikäymistä kuvaavien arvojen saaminen rehuanalyysiin olisi voinut tuoda toisenlaista tutkimustulosta. Lisäksi ilmaa sisältäviin näytteisiin olisi voinut jättää reiän, jolloin ilmaa pääsisi jatkuvasti rehuun demonstroiden paremmin rikkinäisen muovin vaikutusta rehun säilyvyyteen.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Säilörehu, säilöntä, maitohappo, muurahaishappo, maitohappobakteeri, vakuumpakkaus		
Muut tiedot		

Author(s) Vehkamäki, Aino-Maria	Type of publication Bachelor's thesis	Date January 2018 Language of publication: Finnish
	Number of pages	Permission for web publication: X
Title of publication Comparison of silage preservatives		
Degree programme Agricultural and Rural Industries		
Supervisor(s) Heinonen, Ulla		
Assigned by Kuukkajärven Maito		
Abstract <p>In the study the effects of different preservatives and preservatives without additives on the preservative quality, composition and feed values of silage were investigated and compared. In addition, the effects of moisture content, oxygen and anaerobic were investigated. Preservation tests were performed with small vacuum bags. The air was sucked out from some of the bags to demonstrate the airtight preservation. In other bags, some air was left inside to demonstrate a poorly sealed preservative unit. There were three silage preservation occasions: just harvested, dried overnight and windrowed 24 hours ago.</p> <p>The study was conducted with a survey for silage farmers whose use of preservatives and reasons for their choices were investigated. Individual experience of the effects of various factors on the preservative quality of silage were obtained by performed preservation tests. Preservatives were two biological preservatives, one formic acid preservative and one without preservatives. A quantitative method was used in the study.</p> <p>The choice of the preservative was most affected by weather conditions at harvesting in the survey. When preserved with formic acid, the pH remained the highest. Without the preservative and preserving with formic acid, the digestibility (d-value) was better. The amount of fiber digest decreased, while fiber which does not digest increased.</p> <p>Making a preservation test with such a small amount is challenging. There was not much difference between preservatives and preservation methods. With a higher amount of silage, the results could have been different. Descriptive values for harmful microbes and malfermentation in the feed analysis could have brought different results. There could have been a hole in the vacuum bags containing air. Then air would come in continuously and demonstrates the effect of broken plastic on the preservation of the feed.</p>		
Keywords/tags (subjects) Silage, preservation, lactic acid, formic acid, lactic acid bacteria, vacuum pack		
Miscellaneous		

Sisältö

1	Opinnäytetyön tausta	5
2	Tutkimusasetelma	6
2.1	Tutkimuksen ongelma ja tavoite sekä tutkimuskysymykset	6
2.2	Tutkimusote.....	7
2.3	Tutkimusmenetelmät ja analyysi	7
2.4	Luotettavuus.....	7
3	Aiempaa tutkimusta säilönnästä	8
3.1	Eri maitohappobakteerien ja niiden annostustason vaikutus säilörehun käymislaatuun ja aerobiseen stabiiliuteen	8
3.2	Eri säilöntäaineiden vaikutus hernevehnä- ja härkäpapuvehänäköviljasäilörehuun	10
4	Tietoperusta	11
4.1	Säilöntäprosessi.....	11
4.2	Rehuanalyysi.....	13
4.2.1	Kuiva-aine	13
4.2.2	pH.....	13
4.2.3	Sokeri	14
4.2.4	D-arvo	14
4.2.5	Kuitu NDF ja sulamaton kuitu iNDF	15
4.2.6	Raakavalkuainen	15
4.2.7	Tuhka	15
4.2.8	ME – Muuntokelpoinen energia.....	16
4.2.9	OIV ja PVT	16
4.3	Säilöntäaineet ja entsyymit	16
4.4	Työturvallisuus	17
5	Tutkimuksen toteutus	18
5.1	Kyselytutkimus	18

	2
5.2 Kokeessa käytetyt säilöntäaineet.....	18
5.3 Säilöntämenetelmä	19
5.4 Tutkimuksen kulku	20
5.4.1 Säilöntäkoe	20
5.4.2 Kosteuden ja pH:n mittaus	22
6 Tutkimustulokset.....	23
6.1 Kyselyn tulokset.....	23
6.2 Säilöntäkokeen tulokset	26
6.2.1 Kosteus ja kuiva-aine	26
6.2.2 pH.....	26
6.2.3 Sulava kuitu ja sulamaton kuitu.....	29
6.2.4 D-arvo	30
6.2.5 Sokeri	31
6.2.6 Raakavalkuainen	32
6.2.7 Tuhka	33
6.2.8 Muuntokelpoinen energia	34
6.2.9 OIV ja PVT	35
6.2.10 Primalla 0,5 ml ja 1 ml säilötyt	37
7 Johtopäätökset.....	38
8 Pohdinta.....	39
Lähteet	41
Liitteet	44
Liite 1. Säilöntäkokeen rakenne.....	44
Liite 2 Säilöntäkokeen tulokset.....	45
Liite 3. Kyselylomake.....	46

Kuviot

Kuvio 1. Säilöntäprosessi.....	11
Kuvio 2. Puna-apilan pH:n muutos lasiputkessa ja vakuumpussissa ilman maitohappobakteerin lisääystä ja lisäyksen kanssa.....	20
Kuvio 3. Säilöntäaineet sekoitettiin monitoimikoneessa.....	22
Kuvio 4. Säilörehupussien vakuminointi tehtiin vakuumikoneella Kuukkajärven Maito-tilalla.....	22
Kuvio 5. Säilörehujen pH-mittaus Biotalousinstituutin laboratoriossa.....	23
Kuvio 6. Paali oli säilörehunviljelijöiden suosituin säilöntäpaikka	24
Kuvio 7. Kyselyn tulokset kysymykseen kuinka paljon kyseinen tekijä vaikuttaa säilöntäaineen valintaan	25
Kuvio 8. Kuvio optimaalisesta pH-arvosta kuiva-aineprosentin mukaan	27
Kuvio 9. Primalla säilöttyjen säilörehujen pH-arvot ovat korkeammat kuin punaisilla viivoilla merkityt raja-arvot	27
Kuvio 10. Feedtechillä säilöttyjen pH-arvot eivät ylitä punaisen viivan raja-arvoja	28
Kuvio 11. Josilac Classicilla säilöttyjen pH-arvot eivät ylitä raja-arvojen punaisia viivoja	28
Kuvio 12. Säilöntäaineettomien rehujen pH-arvot, josta esikuivuneet ylittävät raja-arvojen punaiset viivat	29
Kuvio 13. Sulavan kuidun määrät jäävät alle tavoitetun.....	30
Kuvio 14. D-arvot säilörehutestin säilörehuissa ovat punaisella viivalla merkityissä tavoitearvoissa tai sen ylitse	31
Kuvio 15. Sokeripitoisuudet säilörehutestin säilörehuissa olivat punaisilla merkittyjen viivojen tavoitevälissä tai ylitse	32
Kuvio 16. Raakavalkuaispitoisuudet säilörehutestin säilörehuissa ylsivät punaisten viivojen merkitsemään tavoitteeseen tai jäivät sen alapuolelle.....	32
Kuvio 17. Tuhkapitoisuudet eivät ylittäneet säilöntäkokeessa raja-arvoa	33
Kuvio 18. Muuntokelpoisen energian määrät säilöntäkokeen säilörehuissa	35
Kuvio 19. Ohutsuolessa imeytyvän valkuaisen määrät olivat tavoitearvoja korkeammat lukuun ottamatta yhtä koejäsentä	36
Kuvio 20. Pötsin valkuaisosa oli ylitse ja alitse punaisella merkityn tavoitearvon	37

Kuvio 21. Säilönnän tulokset Primalla käyttäen 0,5ml ja 1ml säilöntäainetta kertoen säilöntäaineen määrän vaikutuksista..... 38

1 Opinnäytetyön tausta

Liha- ja lypsynautakarjan tärkein rehu on nurmirehu. Jotta nurmirehua olisi saatavana talvisinkin, tulee sitä säilöä. Säilönnän varmistamiseksi käytetään rehun säilöntäaineita. Säilörehun tuotannossa tavoitellaan, että se vastaa halutun eläinryhmän ruokinnallisiin tarpeisiin. (Anttila, Niskanen, Palva, Puumala, & Vallinhovi 2014.) Onnistuneesti säilynyt rehu maistuu eläimelle, auttaa pysymään terveenä, saa lypsämään ja kasvamaan enemmän eikä aiheuta haju- tai makuvirheitä maitoon. Säilörehun laadulla on vaikutusta taloudelliseen tulokseen. Laadukkaan nurmirehun takaa, kun panostetaan siemenseoksiin, kasvinsuojeluaineisiin, lannoitteisiin, säilöntäaineisiin sekä pakkausmateriaaleihin. (Siemenistä säilörehuksi nurmiopas 2014.)

Tässä opinnäytetyössä tarkastelukohteena oli eri säilöntäaineiden ja säilöntäaineettomuuden vaikutus säilörehunurmen laatuun. Tätä on testattu ennenkin, mutta työn tilaaja halusi testata aihetta omalla tilallaan ja omilla rehuillaan. Kimmoke aiheeseen kumpuaa käytännön havainnoista, että raaka-ainenäytteen ja biologisella säilöntäaineella säilötyn säilörehun D-arvot poikkeavat toisistaan selkeästi, vaikka D-arvon ei pitäisi muuttua säilönnässä. Testissä havainnoitiin myös hapen ja hapettomuuden vaikutusta rehun laatuun. Säilörehun viljelijöille tehtiin kysely, millä kartoitettiin heidän käyttämiään säilöntämenetelmiä ja syitä valitsemilleen säilöntäaineille. Tutkimuksen toimeksiantajana oli Kuukkajärven Maito, joka tarjosi säilöntäaineet, säilörehun, tutkimuksessa vaadittavat laitteet ja tarvikkeet sekä rehuanalyysin, joka tehtiin Valion Seinäjoen laboratoriossa.

Säilörehun säilöttävät koejäsenet jaettiin kosteuspitoisuuksiltaan juuri niitettyyn, esikuivattuun ja ylikuivuneeseen. Jokaisesta eri kosteuspitoisuuksista koejäsenet jaettiin vielä kolmeen eri säilöntäaineryhmään ja yhteen säilöntäaineettomaan erään. Säilöntäaineina oli Feedtechin M20XCE, Josilac Classic ja Hankkijan Prima. Jokainen erä jaettiin vielä siten, että puolesta otettiin ilma pois ja puoleen jäi ilmaa. Nämä erät jaettiin vielä kahteen osaan, joista toiset lähtivät rehuanalyysiin ja toisista mitattiin kosteus. Säilöntäkokeen rakenne on esitetty liitteessä 1.

Aiempaa tutkimustietoa säilöntäaineiden vertailusta löytyy. Tässä työssä käytettiin sekä suomen- että englanninkielistä lähdemateriaalia tutkimustuloksista säilöntäaineiden vertailussa. Tällä opinnäytetyöllä haluttiin tuoda esille onnistuneen säilörehunurmen säilönnän vaikutuksia rehun laatuun, miten eri tekijät vaikuttavat säilönnän onnistumiseen sekä vertailla eri säilöntäaineiden tehokkuutta säilönnässä. Tavoitteena oli vertailla rehun laatua käyttäen kahta erilaista biologista säilöntäainetta, muurahaishappoa sekä säilöä yksi koejäsen ilman säilöntäainetta.

2 Tutkimusasetelma

2.1 Tutkimuksen ongelma ja tavoite sekä tutkimuskysymykset

Tutkimusongelmana oli, kuinka parantaa säilörehun säilyvyyttä. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, miten eri säilöntäaineet ja säilöntäaineettomuus vaikuttavat säilörehun ruokinnalliseen laatuun. Tämän tiedon avulla säilörehun säilyvyyttä voidaan parantaa ottamalla huomioon tutkimuksessa ilmi tulleet laatuun negatiivisesti vaikuttavat tekijät.

Säilörehut säilöttiin vakuumpusseihin, joihin osaan jätettiin ilmaa. Tarkoituksena oli tutkia ilman vaikutusta säilyvyyteen ja laatuun. Tutkimuksessa säilöttiin eri säilörehut eri kosteuspitoisuuksilla. Oli juuri niitettyä, esikuivanutta ja ylikuivanutta rehua.

Tutkimuskysymykset:

1. Vaikuttavatko eri säilöntäaineet ja säilöntäaineettomuus ruokinnalliseen laatuun?
2. Miten hapettomat ja hapelliset olosuhteet vaikuttavat rehun ruokinnalliseen laatuun?
3. Miten eri kosteuspitoisuuden vaikuttavat ruokinnalliseen laatuun?

2.2 Tutkimusote

Opinnäytetyö on monimenetelmäinen tutkimus, sillä se sisältää kokeellista tutkimusta ja kyselytutkimusta. Säilörehun säilöntäkokeen tuloksia pyritään ymmärtämään, että mistä saadut tulokset johtuvat. Opinnäytetyötä varten teetettiin kysely, jonka tarkoituksena oli selvittää säilörehun viljelijöiden säilöntätapoja ja syitä siihen. Kyselytutkimukseen oli vastannut 16 henkilöä, joten se ei ole laaja. Koska otanta ei ole laaja, tuloksia ei voida yleistää. Kyselyn tarkoitus oli tuoda muutaman keskiuomalaisen säilörehun viljelijän syitä säilöntäaineen valintaan.

2.3 Tutkimusmenetelmät ja analyysi

Aineistoa kerättiin tekemällä säilöntäkoetta, josta saatiin rehuanalyysin avulla tuloksia: kuiva-aine, raakavalkuainen, kuitu, sulamaton kuitu, D-arvo, sokeri tuhka, muunto- kelpoinen energia, ohutsuolessa imeytyvä valkuainen ja pötsin valkuaisosa. Jyväskylän ammattikorkeakoulun Biotalousinstituutin laboratoriossa tutkittiin rehujen kosteuspitoisuudet ja pH. Säilörehun viljelijöiltä tuloksia hankittiin teettämällä kysely, jota analysoitiin diagrammien avulla. Kysely tehtiin Menestyvän keskiuomalaisen nautakarjatila -hankkeen järjestämässä säilörehuseminaarissa 3.2.2017.

2.4 Luotettavuus

Jotta säilöntätutkimus olisi luotettava, tulisi sen mitata juuri sitä, mitä halutaan (validiteetti) eli säilöntäaineiden ja -menetelmien vaikutusta säilönnälliseen laatuun. Tämä varmistettiin käyttämällä jokaisessa säilöntäerässä punnitsemalla saman verran säilörehua. Jokainen erä pyöri minuutin ajan monitoimikoneessa. Käytetyt säilöntäaineet laskettiin käyttöohjeiden mukaan vastaamaan 100 gramman rehun säilömiseen tarvittavaa määrää. Säilöntäainetta lisättiin pipetillä oikea määrä rehun sekaan. Näin varmistettiin, että tulokset olisivat samanlaisia ja tuottaisivat tavoitellun tuloksen. Mittaamattomat säilörehu- ja säilöntäaineannokset tuottaisivat virheellistä tutkimus-

tulosta. Kokeessa käytettiin säilöntämenetelmänä tyhjiöpakkaamista vakuumin-koneella, joka on todettu toimivaksi ja luotettavaksi säilöntämenetelmäksi (Johnson, Merry, Bavies, Kell, Theodorou & Griffith 2005, 106-113).

Tutkimuksen reliabiliteetti eli toistettavuus varmistettiin kirjoittamalla kaikki tutkimuksen oleellinen tieto ylös. Tutkimukseen liittyvät ajankohdat on kirjoitettu ylös, esimerkiksi montako tuntia niitosta säilötään ensimmäinen, toinen ja kolmas erä. Säilörehun kosteusprosentit ja pH-arvot tutkittiin, mikä takaa toistettavuuden. Reliabiliteetin varmistamiseksi olisi pitänyt tehdä uusi samanlainen tutkimus.

Tutkimuksesta olisi tehnyt luotettavamman, jos säilöttävät erät olisi tehty kahteen kertaan. Tämän avulla olisi toiset samankaltaiset säilörehuerät mihin verrata tuloksien paikkaansa pitävyyttä. Tämä päätettiin rajata pois kokeesta, jotta opinnäytetyöstä ei tulisi liian laaja.

Kyselytutkimus ei ole reliaabeli, sillä tutkimukseen osallistui 16 henkilöä. Tämä tarkoittaa, että otanta ei ole tarpeeksi laaja, jotta tuloksia voitaisiin yleistää. Validiteetti on hyvä, sillä saatiin haluttuja vastauksia eli säilörehun viljelijöiden mielipiteitä ja toimintatapoja.

3 Aiempaa tutkimusta säilönnästä

3.1 Eri maitohappobakteerien ja niiden annostustason vaikutus säilörehun käymislaatuun ja aerobiseen stabiiliuteen

Laura Puhakan (2011) maisterin tutkielmassa testattiin erilaisten maitohappobakteerien sekä eri annostustasojen vaikutuksia säilörehun aerobiseen stabiiliuteen ja käy-

mislaatuun. Kontrollirehuina toimivat muurahaishapolla säilötty rehu sekä painorehu, joihin verrattiin biologisilla säilöntäaineilla säilöttyjen säilörehujen laatua. Säilörehu koostui timoteista ja nurminadasta.

Säilöntäaineina olivat muurahaishappo, *L. plantarum* 1×10^5 pmy/g, *L. plantarum* 1×10^6 pmy/g, *Lactobacillus plantarum* ja *Pediococcus acidilactici* (lisänä pektinaasi-, ksylanaasi- ja sellulaasientsyymi), *L. plantarum* ja *L. buchneri* 2×10^5 pmy/g ja ilman säilöntäainetta. (Puhakka 2011.)

Kuivaa-ainepitoisuus oli 210g/kg, sokeripitoisuus oli suuri 196g/kg ka, D-arvo 711 g/kg ka. PH oli jokaisella säilörehuerällä alle 4. Säilöntä erät olivat 5 kg suuruisia. (Puhakka 2011.)

Maitohappobakteeria (lukuun ottamatta maitohappobakteeri-entsyymillä säilöttyä) sisältävillä säilöntäaineilla Puhakka sai parempaa rehua käymislaadultaan verrattuna painorehuun. Korkeasta sokeripitoisuudesta johtuen rehussa oli koko ajan riittävästi sokeria maitohappobakteereille. Sokerin vuoksi haitalliset mikrobit lisääntyivät ja tuottivat etikkahappoa runsaasti. (Puhakka 2011.)

Maitohappobakteerin molemmilla annostustasoilla (1×10^5 pmy/g ja 1×10^6 pmy/g) rehusta tuli hyvää laadultaan. Heterofermantatiivinen ymppi nosti rehun pH:ta. Lisäksi se pienensi maitohappo-etikkahapposuhdetta homofermantatiiviseen ymppiin verrattuna. (Puhakka 2011.)

Loppupäätelmänä biologisilla säilöntäaineilla säilöittäessä saadaan käymislaadultaan hyvää säilörehua verrattuna painorehuun, kun sokeripitoisuus on rehussa suuri. Kummallakaan maitohappobakteerin annostustasolla ei ollut vaikutusta aerobiseen stabiiliuteen verrattuna painorehuun. Siilon avaamisen jälkeen muurahaishapporehu lämpeni vähiten. (Puhakka 2011.)

3.2 Eri säilöntäaineiden vaikutus hernevehnä- ja härkäpapuveh্নäkokoviljasäilörehuun

Katja Kuusisto (2015) tutki maisterintutkielmassaan eri säilöntäaineiden vaikutusta hernevehnä- ja härkäpapuveh্নäkokoviljasäilörehun käymislaatuun ja aerobiseen stabiiliuteen. Koe-erinä olivat hernevehnäsäilörehu ja härkäpapuveh্নäkokoviljasäilörehu, jotka olivat korjuuhetkellä märkiä.

Tuloksina Kuusisto sai muurahaishapolla käsitellyn rehun pH:n olevan korkeampi, mutta vähemmän käymishappoja (etikka- ja maitohappo). Kahdella eri maitohappobakteerivalmisteella säilötyt rehut olivat voimakkaasti käyneitä, sisälsivät paljon käymishappoja ja kokonaistypestä ammoniumtyypen osuus oli iso. Biologisilla säilöntäaineilla säilötyt säilörehuerät olivat yhtä huonoja käymislaadultaan verrattuna ilman säilöntäainetta säilöttyyn rehuun: molemmat olivat käyneet voimakkaasti ja käymislaatu oli tyydyttävä. Käymislaatu oli puolestaan melko hyvä muurahaishappopohjaisella säilöntäaineella säilötyllä erällä. (Kuusisto 2015)

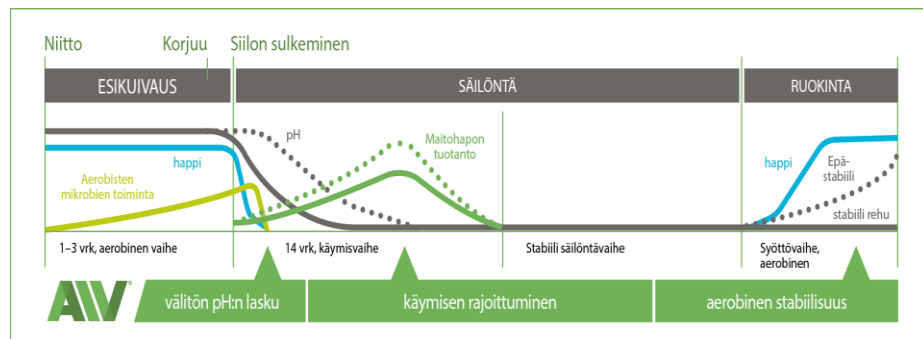
Loppupäätelmänä Kuusisto toteaa, ettei säilöntäaineettomuus ole hyvä vaihtoehto. Parhaan tuloksen kyseisessä tutkimuksessa tuotti muurahaishappopohjainen säilöntäaine. Todennäköisesti säilönnälliseen laatuun vaikutti eniten säilörehukasvustojen korkea kosteus. (Kuusisto 2015.)

4 Tietoperusta

4.1 Säilöntäprosessi

Tavoitteena säilönnässä on haitallisten mikrobien ja kasvientsyymien toiminnan estäminen ja hyödyllisten mikrobien kuten maitohappobakteerien toiminnan edistäminen säilörehussa. Mikrobit tarvitsevat toimiakseen vettä, sopivan pH:n, ravintoaineita, riittävän lämpötilan sekä happea. Kun säilönnässä kyseiset tekijät saadaan hallintaan, on hyvä säilönnällinen laatu taattu. (Jaakkola, Sairanen, Nousiainen & Rinne 2010, 87.)

Rehussa on maitohappobakteereita jo luonnostaan. (Jaakkola ym. 2010, 87.) Niiden toiminta vaatii olosuhteiltaan hapetonta ja kosteaa ympäristöä sekä sokeria ravinokseen (Biologinen rehunsäilöntä n.d.). Rehun sokereita käyttämällä maitohappobakteerit tuottavat maitohappoa. Maitohappo laskee rehun pH-arvoa (ks. kuvio 1), joka saavuttaessaan alle sopivan pH-arvon takaa, etteivät haitalliset mikrobit pääse kasvamaan. Säilönnällisen laadun tärkein mittari on happamuus eli pH. (Seppälä 2012.) Märkä rehu vaatii pH:n pudotuksen alle 4,5:n, kun taas kuiva-ainepitoisuudeltaan korkeampaa oleva säilörehu sallii hieman korkeamman pH-arvon. Mitä märempi rehu, sitä suurempaa pudotusta alhaisen happamuuden saavuttamiseksi tarvitaan. (Mäki & Viitanen n.d.).



Kuvio 1. Säilöntäprosessi (Säilörehu 2015)

Säilöntäaineen avulla pH saadaan nopeaan laskuun. Nopea pH:n lasku ja hapettomuus estävät kasvientsyymien toiminnan, jotka hengittäessään kuluttavat rehun sokereita ja aiheuttavat lämpenemistä. Lämpeneminen edesauttaa haittamikrobien kasvua ja ravinnetappioita. (Jaakkola ym. 2010, 88)

Haittamikrobit vähentävät tuotantoeläinten rehun syöntiä, aiheuttavat ravinnetappioita, vaikuttavat maidon laatuun ja voivat olla ihmisten ja eläinten terveydelle vaaraksi. Haittamikrobien aiheuttamassa rehun virhekäymisessä mikrobit käyttävät maitohappoa ja sokereita, joista muodostuu etikkahappoa, voihappoa sekä etanolia. Hapellisissa oloissa elävät homeet, hiivat, listeria ja bacillukset. Hiivat toimivat myös hapettomissa oloissa. Nopea hapettoman olosuhteen aikaansaaminen estää hapellisesta olosuhteissa elävien haittamikrobien lisääntymistä (ks. kuvio 1). Hapettomuus parantaa maitohappobakteerien kasvua, sillä maitohappobakteerit toimivat vain hapettomissa olosuhteissa. Lisäksi tarvitaan riittävän kuiva rehu, matala pH ja säilöntäaineen, jonka antimikrobiaalisilla ominaisuuksilla on haittamikrobien toimintaa estävä vaikutus. Tällöin hapettomissa olosuhteissa elävät voihappo- ja kolibakteerit eivät kykene toimimaan. (Jaakkola ym. 2010, 88.)

Kun rehu ja säilöntäaineet saadaan hapettomaan eli anaerobiseen tilaan, alkaa rehun käymisprosessi, joka kestää 3-4 viikkoa. Tämän aikana pH laskee tarpeeksi alhaiseksi lopettaen mikrobien kasvun. Tämän jälkeen säilöntäprosessi on valmis. (Orom 2003.)

Kun säilö avataan, pääsevät epäonnistuneet säilönnän haittamikrobit lisääntymään saadessaan happea (ks. kuvio 1). Hiivat, bakteerit ja homeet alkavat hajottaa ravinteita, jolloin aiheutuu rehun jälkilämpenemistä. Jälkilämpenemistä voidaan estää säilöntäaineilla, jotka sisältävät homeiden ja hiivojen kasvua estävää sorbiinihappoa, propionihappoa, etikkahappoa ja bentsoehappoa. (Jaakkola ym. 2010, 89.) Näin avaamisen jälkeen säilörehussa haittamikrobit eivät pääse lisääntymään ja rehu on stabiilia.

Onnistunut säilöntä vaatii kuiva-ainepitoisuudeltaan sopivaa rehua, puhdasta kasvi-materiaalia, nopean pH:n laskun säilöntäaineiden avulla, sokeria maitohappobakteereille ja rehun saamisen tiiviisti hapettomiin olosuhteisiin. Kuiva-ainepitoisuus ja kasvilaji vaikuttavat paljon käytettävän säilöntäaineen valintaan.

4.2 Rehuanalyysi

Kahden kuukauden kuluttua säilötyt säilörehut lähetettiin säilöheinä nimikkeellä rehuanalyysiin Valion Seinäjoen laboratorioon. Valion laboratoriossa analysoitiin kuiva-aine, raakavalkuainen, kuitu, D-arvo, sokeri, sulamaton kuitu, tuhka, muuntokelpoinen energia, ohutsuolessa imeytyvä valkuainen ja pötsinvalkuuainestase.

4.2.1 Kuiva-aine

Kuiva-aine ilmaisee, kuinka paljon rehukilolle jää painoa, kun vesi poistetaan. Mitä kosteampaa rehu on, sitä vähemmän siinä on kuiva-ainetta kilossa. Kuiva-aine ilmaistaan grammoina per kilogramma (g/kg). (Rehuanalyysissä ilmoitetaan muiden ravintoarvojen määrät kuiva-ainekilossa. Niiden pitoisuudet saadaan kertomalla ne kuiva-aineprocentilla. (Mäki & Viitanen n.d.)

Kuiva-ainepitoisuuden noustessa rehussa voi pH olla korkeampi ja saada aikaan samanlaisen säilömislaadun (Jaakkola ym. 2010, 90). Esimerkiksi kun kuiva-ainepitoisuus on 20 %, säilyvyyden kannalta hyvä pH on 3,7-4. Kun taas kuiva-ainepitoisuuden ollessa 40 % hyvä pH on 3,7-4,6. (Seppälä 2012.)

4.2.2 pH

pH-arvo kuvaa rehun happamuutta, jonka tavoitearvo on alle 4. Tällöin pötsin mikrobitoiminta pysyy tasapainossa ja rehu on eläimille maittavaa. Rehu pyritään saamaan

alhaiseksi, sillä alhainen pH estää rehun pilaajamikrobien toiminnan. Rehun pH:n ollessa korkea, se kertoo virhekäymisestä ja korkeasta ammoniakkin määrästä. Liian korkea pH mahdollistaa virhekäymisen ja ammoniakkin tuotannon. (Hartojoki 2015.) Kuiva-ainepitoisuus vaikuttaa vaadittavaan happamuuteen, eli pH:n tulee olla sitä alhaisempaa, mitä märempää säilöttävänä oleva rehu on. (Jaakkola ym. 2010, 90.)

4.2.3 Sokeri

Hapolla säilytyssä säilörehussa sokeripitoisuus on korkeampi verrattuna biologisella säilöttyyn. Alhainen sokeripitoisuus kertoo useimmiten virheellisestä käymisestä. (Hartojoki 2015.) Virhekäymisessä haittamikrobit käyttävät rehun sokereita ravinnokseen. Muurahaishapon mukana ei lisätä maitohappobakteereita, joten rehun sokeripitoisuus ei ole niin tärkeässä asemassa. Rehun luontainen sokeri riittää rehun luontaisille maitohappobakteereille. Biologisen säilöntäaineen maitohappobakteerit kuluttavat rehun sokereita tuottaen maitohappoa. Ilman säilöntäainetta ja biologisilla aineilla säilötyessä rehun sokeripitoisuuden tulisi olla 2,5-3,0 %, jotta maitohappobakteereilla on tarpeeksi ravintoa laskeakseen pH:n riittävän alhaiseksi. Vaadittuun sokeripitoisuuteen tarvitaan yleensä rehun esikuvatusta. (Jaakkola ym. 2010, 88-90.)

4.2.4 D-arvo

D-arvo ilmaisee rehun sulavan orgaanisen aineen osuuden kuiva-aineessa, eli kuinka paljon rehussa on eloperäistä ainetta, jonka eläimen suolisto kykenee sulattamaan. Nurmirehujen D-arvoon vaikuttaa korjuuajankohta. Aikaisin korjatulla rehulla on parempi sulavuus kuin myöhäisessä vaiheessa korjatulla. Alkukesästä D-arvo laskee vuorokaudessa 5g/kg ka. (Hartojoki 2015.) Jos säilörehulla on liian korkea sulavuus (yli 700g/kg ka), on rehussa liukoisia ravintoaineita paljon. Ne aiheuttavat pötsikäymisen sekä pH:n laskemisen pötsissä, josta seuraa ruokinnasta johtuvia häiriöitä, kuten sorkkakuumetta, puhaltumista, pötsin happamoitumista ja juoksutusmahasiirtymää. Rehussa on liikaa valkuaista, joka jää energian puutteen vuoksi hyödyntämättä rasittaen elimistöä. Liian sulavassa rehussa on myös liian vähän NDF-kuitua (kelluva

aine, joka ylläpitää toimintaa pötsissä sekä aktivoi märehmistä), joka lisää riskiä toimintahäiriöille pötsissä. (Hartojoki 2015, 17.) Liian matala sulavuus laskee eläimen syöntiä ja tuotosta. Tavoiteltava D-arvo on lypsylehmälle 680-700g/kg ka. (Säilörehun tarve ja laadun merkitys n.d.)

4.2.5 Kuitu NDF ja sulamaton kuitu iNDF

Kuitu (Neutral Detergent Fibre eli NDF) kuvaa kasvien huonosti sulavaa soluseinän määrää, joka koostuu hemiselluloosasta, selluloosasta ja ligniinistä. Mitä myöhäisemmässä korjuuasteessa korjataan heinää, sitä enemmän siinä on kuitua. Mitä suurempi kuitupitoisuus, sitä huonompi sulavuus sekä hyödynnettävyys. (Koostumus n.d.) Sulamaton kuitu (iNDF) on kuitua, jota märehelijän pötsi ei pysty hajottamaan (Mustonen 2013.) Sulavan kuidun tavoitearvot esikuivatulle säilörehulle on 500-600 g/kg ka (Hartojoki 2015, liite 3). Yleensä sulavan kuidun pitoisuus säilörehussa on 540-580 g/kg ka. Kuitu ylläpitää toimintaa pötsissä, lisää kelluvaa ainesta pötsissä ja aktivoi eläintä märehmään. (Hartojoki 2015, 17)

4.2.6 Raakavalkuainen

Raakavalkuainen kertoo valkuaispitoisuuden säilörehussa. Korjuuaste, typpilannoitus ja kasvilaji vaikuttavat säilörehun raakavalkuaisen määrään. Lypsylehmille tavoite on 130-160 g/kg ka. (Hartojoki 2015.) Raakavalkuaispitoisuus ilmaisee, onko kasvukaudella kasveille ollut typpeä riittävästi saatavilla (Hyttinen 2013, 15). Raakavalkuainen hajoaa pötsissä aminohapoiksi, lyhyiksi proteiiniketjuiksi ja ammoniakiksi. (Hyttinen 2013, 16.)

4.2.7 Tuhka

Tuhka on hehkutusjäännöstä. Se on epäorgaaninen aine, joka jää jäljelle, kun rehua poltetaan. Tuhka sisältää rehun kivennäisaineet. Jos tuhkapitoisuus on korkea, todennäköisesti maa-ainesta on joutunut rehun mukaan. (Hartojoki 2015, 18)

4.2.8 ME – Muuntokelpoinen energia

Muuntokelpoinen energia kuvaa energian määrää megajouleina kilossa kuiva-ainetta. Se lasketaan rehussa olevan D-arvon mukaan. Säilörehun, heinän, olkien ja kookiviljasäilörehun laskenta eroaa hieman toisistaan. Säilörehulla laskentakaava on ME (MJ) = 0,016 * D-arvo. (Luonnonvarakeskus n.d.a.)

4.2.9 OIV ja PVT

OIV tarkoittaa ohutsuolessa imeytyvää valkuaista. Se kuvastaa rehuvalkuaista, joka ei hajoa pötsissä sekä pötsissä tuotettua mikrobivalkuaisten määrää. PVT eli pötsin valkuaistase kuvastaa valkuaisten ja energian suhdetta. (Valkuaisarvo, märehitjät n.d.) OIV:n tavoitearvo on 80-85 g/kg ka ja PVT:n tavoite on 0 tai positiivinen luku (Hartojoki 2015).

4.3 Säilöntäaineet ja entsyymit

Säilöntäaineita on erilaisia, jotka on tarkoitettu eri olosuhteisiin. Esimerkiksi biologinen säilöntäaine vaatii esikuivaamisen. Märälle rehulle suositellaan AIV-happoa, jonka vaikuttava aine on muurahaishappo. (Seppälä 2012.) Käymistä rajoittavat hapot toimivat luoden rehussa luontaisesti oleville maitohappobakteereille suotuisan kasvupaikan laskien pH:n nopeasti alas (Säilöntäprosessi n.d.). Fermentaatiota stimuloivat säilöntäaineet (maitohappobakteerit ja ympit) puolestaan lisätään tehostamaan rehun oman sokerin muuttamista pH:ta alentavaksi maitohapoksi (Jaakkola ym. 2010).

Maitohappobakteerit voidaan jakaa homofermantatiivisiin ja heterofermantatiivisiin. Homofermantatiivisia maitohappobakteereja lisätään yleensä kosteaan rehuun, sillä maitohappobakteerit kasvavat nopeasti rehussa laskien pH:ta. Heterofermantatiiviset maitohappobakteereita käytetään yleensä kuivaan rehuun, jossa hiivojen ja ho-

meiden kasvu on estettävä säilön avaamisen jälkeen. Heterofermantatiiviset maitohappobakteerit (esim. *Lactobacillus buchneri*) muuttavat osan tuotetusta maitohapposta muiksi käymistuotteiksi. Syntyneet käymistuotteet ovat etikka- ja propaanihappoa, propyleeniglykolia ja propanolia, jotka estävät homeiden ja hiivojen kasvua luoden aerobisen stabiiliuden. (Biologinen rehunsäilöntä n.d.)

Entsyymejä käytetään biologisissa säilöntäaineissa. Entsyymipohjaiset lisäaineet sisältävät yleensä sellulaasia, hemisellulaasia ja pektinaasia. Niiden tehtävänä on lisätä sokeria maitohappobakteerien käyttöön hajottamalla nurmen kuitua selluloosaa ja hemiselluloosaa. (Hoffman & Muck 1999, 1.)

4.4 Työturvallisuus

Työturvallisuuden näkökulmasta biologiset säilöntäaineet ovat parempia kuin muurahaishapolliset säilöntäaineet. Muurahaishappoa sisältävät säilöntäaineet syövyttävät ihoa ja korjuukoneita. Muurahaishappoa käytettäessä on muistettava suojavarusteet. Muurahaishappoa sisältävistä säilöntäaineista on kehitelty vähemmän syövyttäviä li-säämällä muurahaishapon suolaa ammoniumformiaattia. Sen tarkoituksena on parantaa työturvallisuutta vähentämällä liuoksen höyrystymistä, hajua ja syövyttävyyttä. (Kemira AIV® – suomalaiset rehunsäilöntäratkaisut n.d., 18-20.) Muurahaishapon höyry ärsyttää voimakkaasti hengitysteitä ja silmiä. Neste puolestaan syövyttää ihoa ja silmiä, aiheuttaa voimakasta kirvelyä ja kutinaa ihossa ja aiheuttaa rakkuloita. Muurahaishappo on haitallista ympäristölle ja eliöille happamuutensa vuoksi. (Happojen ja emästen varastointi ja käsittely 2000.)

5 Tutkimuksen toteutus

5.1 Kyselytutkimus

Kyselytutkimusta varten tehtiin kyselylomake (ks. liite 3), jossa oli seitsemän kysymystä. Kysymysten tarkoituksena oli kartoittaa mitä säilöntäaineita viljelijät käyttävät ja miksi. Alussa kysyttiin tietoja tilan tuotantosuunnasta, eläinryhmistä, viljeltävästä alasta ja tuotantomuodosta. Kysymyksiin oli annettu vastausvaihtoehdot, joihin kyselyyn vastanneet laittoivat rastin. Tämä helpotti kyselyn tulosten koontia. Yksi avoin kysymys oli, johon vastaajat saivat kertoa vapaasti, mitkä tekijät vaikuttivat säilöntäaineen valintaan ja käyttäkö hän eri sadoilla eri säilöntäainetta.

Kysely teetettiin Menestyvän keskisuomalaisen nautakarjatila -hankkeen järjestämässä säilörehuseminaarissa 3.2.2017 Saarijärven Biotalousinstituutissa. Saadut tulokset koottiin SurveyMonkeyn kyselytutkimusalustalla, joka kokosi tuloksista diagrammeja.

5.2 Kokeessa käytetyt säilöntäaineet

Tutkimusta rajattiin käyttämällä neljää eri säilöntäainekäsittelyä: säilöntäaineeton, Feedtechin M20XCE biologista säilöntäainetta, Josilac Classic säilöntäainetta ja Hankkijan Prima happoa.

Hankkijan Prima sisältää muurahaishappoa 60 %, natriumformiaattia 12 % ja propionihappoa 4 %. Säilörehulle annostus on 5 l/tn. Se soveltuu säilörehulle, jonka kuivaainepitoisuus on 25-40 %. Propionihappo ehkäisee jälkilämpenemistä ja torjuu ho-
meiden ja hiivojen kasvua. (Hankkijan Prima irto n.d.)

Feedtech M20XCE sisältää *Lactobacillus plantarum* Milab 393, *Lactococcus lactis* ja *Enterococcus faecium* maitohappobakteereita sekä ksylanaasi entsyymiä. Säilöntäaine ehkäisee klostridi-bakteereita ja jälkilämpenemistä. Entsyymi pilkkoo rehun solun seinämien sokereita käytettävämpään muotoon. (Feedtech M20XCE biologinen säilöntäaine n.d.) Säilörehun kuiva-ainesuositus on 23-45 % (Feedtech™ Silage M20XCE n.d.). Annosteluna on 250g säilöntäainejauhetta, joka sekoitetaan 200 litraan vettä, saadaan säilöttyä 50 000kg rehua (Feedtech™ Rehun säilöntä-, vasikka- ja lehmätuotteet. 2015).

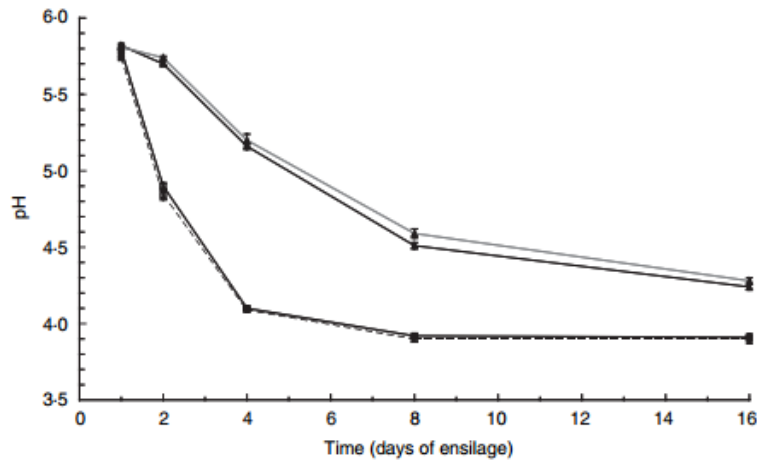
Josilac Classic sisältää homofermatatiivisia maitohappobakteereita ja entyysimejä. Se edistää tehokasta ja nopeaa maitohappokäymistä, joka estää virheikäymistä. Valkuainen säilyy hyvin rehussa, ja valkuaisen hajoaminen vähenee pienentäen ammoniumtyppipitoisuutta. Entsyymit vapauttavat soluseinämistä sokeria maitohappobakteereille käyttöön. Annostelu on 6 g/tonnia säilörehua kohti ja sekoitetaan klooraamattomaan 0,4-4 litraan vettä. (Josilac® classic n.d.)

5.3 Säilöntämenetelmä

Tutkimuksessa käytettiin säilöntämenetelmänä vakuumpakkausta. Vakuumpakkauksessa ilma poistetaan kokonaan, jolloin happea tarvitsevat bakteerit eivät pääse lisääntymään (Säilyvyyden parantaminen n.d.). Kun tyhjiön määrä vakuumissa on 90 %, pH laskee nopeammin, laktaattiarvot nousevat hitaammin ja pysyvät matalammalla ja kaasun muodostus on vähäisempää verrattuna siihen, kun tyhjiön prosenttiosuus oli 60. Mitä ilmatiiviimmin rehu saadaan säilöttyä, sitä paremmin se säilyy. Tyhjiöpakkauksien käyttö mahdollistaa joustavan menetelmän säilöntäprosessien tutkimiselle. (Johnson ym. 2005, 106-113)

Kuviossa 2 kaksi ylempää viivaa osoittavat pH-arvon laskemisen puna-apilan säilönässä ilman maitohappobakteerin lisäystä vakuumpussissa ja lasiputkessa. Alemmat kaksi viivaa osoittavat, kun maitohappobakteeria on lisätty sekä vakuumpussi- että

lasiputkisäilöön. Maitohappobakteerin lisäyksellä pH saadaan riittävän alhaiseksi ja nopeasti.



Kuvio 2. Puna-apilan pH:n muutos lasiputkessa ja vakuumpussissa ilman maitohappobakteerin lisäystä ja lisäyksen kanssa (Johnson ym. 2004)

5.4 Tutkimuksen kulku

5.4.1 Säilöntäkoee

Säilörehun säilöntäkokeet suoritettiin 15-16.08.2017 Kuukkajärven Maito -tilalla. Säilörehuna käytettiin Kantolan tilan Aino Kankaanpään 15.8.2017 kello 17 niittämää rehua, joka sisälsi timoteita ja nurminataa. Säilörehu haettiin noin 15 kilometrin päästä säilöntäpaikalta, jonka vuoksi tarvittava säilörehun määrä jouduttiin arvioimaan. Ensimmäisenä säilöttiin juuri niitettyä heinää kello 18-22. Esikuivattu rehu säilöttiin 16.8.2017 kello 13-15 ja ylikuivunut säilöttiin samana päivänä kello 18-20. Säilörehu pilkottiin saksilla lyhyemmäksi, jotta se pyörisi paremmin tehosekoittimessa.

Biologisen säilöntäaineet ja vesi annosteltiin muovipulloihin. Tuotteen ohjeena oli 250g/200l vettä per 50 000kg säilörehua. Tämän mukaan käytetyt annostussuhteet olivat Feedtechillä 0,5 litraa vettä säilöntäainetta 0,75 g. Säilörehua punnittiin 100 gramman annoksiin, joihin tiputettiin pipetillä 0,4 ml säilöntäainetta. Josilacin oh-

jeena oli käyttää 6g säilöntäainetta, 0,4-4 litraa vettä per 1000 kg säilörehua. Käytimme testissä neljän litran annosteluohjetta, josta sopivat sekoitussuhteet laskettiin. Josilacia annosteltiin 0,5 litraan vettä säilöntöainetta 0,75 g verran. 100 grammaan säilörehua sekoitettiin 0,4 ml Josilacin säilöntäainetta. Koska 0,4 ml oli pieni annos mitata pipetillä, laimensimme annoksen vedellä ja käytimme 0,8 ml säilöntäaineen ja veden sekoitusta. Hankkijan priman käyttöohjeena oli 5 litraa/1000 kg säilörehua. Prima sekoitettiin 100 gramman säilörehuun 0,5 ml.

Liitteessä 1 on havainnollistettu säilöntäkokeen rakenne. Tutkimuksessa kolmessa koe-erässä käytettiin kolmea eri säilöntäainetta ja yksi erä säilöttiin ilman säilöntäainetta. Jokaista erää säilöttiin eri kosteuspitoisuuksina: juuri niitettynä, esikuivuneena ja ylikuivuneena. Poikkeuksena Josilac Classicia ja Prima ei säilötty yli kuivuneena säilörehun riittämättömyyden vuoksi. Jokaisesta säilöntäerästä otettiin osasta ilma pois vakuumikoneella ja osa puristettiin käsin tyhjäksi ja vain suljettiin. Juuri niitetyistä erästä lähetettiin 100 g pusseina osa analyysiin ja osasta mitattiin pH. Esikuivastusta säilörehusta pH-mittaukseen jääneet säilöttiin 100 gramman eriin ja analyysiin lähetettiin 200 gramman erissä, sillä selvisi, että rehuanalyysiin tarvitaan vähintään 200 grammaa säilörehua. Ylikuivuneesta säilörehusta säilöttiin koe-erät ilman säilöntäainetta ja Feedtech M20XCE:llä. PH-mittaukseen jääneet erät säilöttiin 100 gramman ja analyysiin lähtevät 200 gramman eriin.

Jokainen säilörehuerä punnittiin 100 gramman eriin, ja ne pyörivät monitoimikoneessa (ks. kuvio 3) minuutin ajan. Sekoituksen aikana pipetillä tiputettiin säilöntäainetta. Säilörehu pakattiin vakuumipussiin, josta imettiin ilmat ja suljettiin tai vain suljettiin vakuumikoneella (ks. kuvio 4). Jokainen pussi nimettiin ja laitettiin laatikkoon. Säilörehupussit olivat laatikoissa ulkona katoksessa ja varjossa kahden kuukauden ajan, jonka jälkeen ne lähetettiin rehuanalyysiin.



Kuvio 3. Säilöntäaineet sekoitettiin monitoimikoneessa



Kuvio 4. Säilörehupussien vakuminointi tehtiin vakuumikoneella Kuukkajärven Maito-tilalla

5.4.2 Kosteuden ja pH:n mittaus

Säilörehujen kosteuspitoisuudet tutkittiin standardin SFS-EN ISO 18134-2:2017 mukaisesti, joka käsittelee kiinteiden biopolttoaineiden kosteuspitoisuuden määrittämisen uuninkuivausmenetelmällä. Kosteuspitoisuus mitattiin käyttämällä Biotalousinstituutin laboratorion 105 asteista uunia. Jokaisesta eri kosteuspitoisesta, eli juuri niitetyistä, esikuivuneesta ja ylikuivuneesta, rehusta otettiin 100 gramman näyte vakuumpussiin. Saman kosteuspitoisuuden sisältävät rehunäytteet jaettiin kahteen noin 50 gramman erään, jotta pystyttäisiin arvioimaan, saadaanko sama tulos.

Säilörehut laitettiin lasipurkkeihin tislattuun veteen noin 20 tunniksi. Lasipurkit nimettiin, jotta tiedettäisiin mitä missäkin on. Seuraavana päivänä happamuus mitattiin pH-mittarilla (ks. kuvio 5).

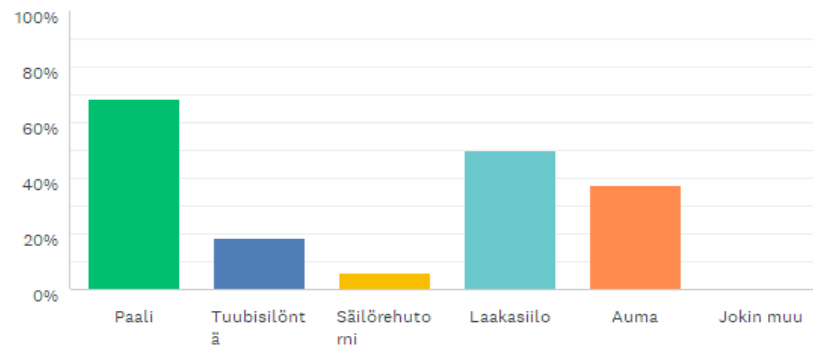


Kuvio 5. Säilörehujen pH-mittaus Biotalousinstituutin laboratoriossa

6 Tutkimustulokset

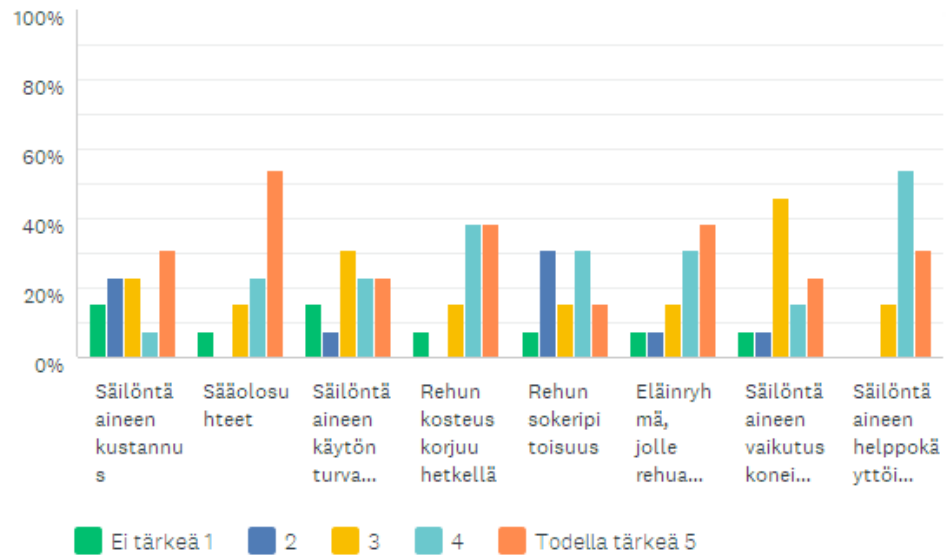
6.1 Kyselyn tulokset

Helmikuussa järjestetyssä kyselyssä oli vastaajia 16 säilörehun viljelijää. Suurin osa vastaajista oli maidontuottajia, neljä henkilöä lihakarjan tuottajia ja yksi pääsääntöinen kasvinviljelijä. Vastanneista kahdella oli luomutila, loput 15 viljelivät tavanomaisesti. Eniten viljeltiin säilörehualana 21-30 hehtaaria ja yli 51 hehtaaria. Lukuun ottamatta yhtä viljelijää kaikki esikuivasivat säilörehun. Korjuukoneena eniten käytettiin pyöröpaalainta, jonka jälkeen sijoittuivat noukinvaunu, tarkkuussilppuri ja ajosilppuri. Käytetyin rehun varastointitapa oli paali, jota käytti 11 vastanneista (ks. kuvio 6).



Kuvio 6. Paali oli säilörehunviljelijöiden suosituin säilöntäpaikka

Ensisijaisena säilöntäaineena käytettiin eniten biologista säilöntäainetta, lisäksi käytettiin sekä biologistasäilöntää että haposäilöntää. Viisi vastanneista ilmoitti, ettei käytä säilöntäainetta. Kuviossa 7 on kuvattuna pylväsdiagrammeihin säilörehun viljelijöiden vastaukset kysymykseen: kuinka paljon kyseinen tekijä vaikuttaa säilöntäaineen valintaan? Säilöntäaineen valintaan vaikuttavista tekijöistä tärkeimpänä pidettiin korjuuhetken sääolosuhteista. 7 henkilöä oli kokenut sen todella tärkeäksi. Seuraavaksi tärkeimmiksi kriteereiksi osoittautuivat rehun kosteus korjuuhetkellä ja eläinryhmä, jolle rehu syötetään. Myös säilöntäaineen helppokäyttöisyys ja annosteltavuus koettiin tärkeäksi. Vähiten tärkeäksi säilöntäaineen valinnassa koettiin säilöntäaineen kustannukset ja säilöntäaineen käytön turvallisuus.



Kuvio 7. Kyselyn tulokset kysymykseen kuinka paljon kyseinen tekijä vaikuttaa säilöntäaineen valintaan

Kyselyssä säälolosuhteiden pitäminen tärkeimpänä tekijänä säilöntäaineen valintaan korjuuhetkellä johtuu siitä, että biologiset säilöntäaineet toimivat parhaiten esikuivatulla rehulla. Kostealla varmimmin toimii muurahaishapolla säilöminen. Vähiten säilöntäaineen valintaan vaikutti säilöntäaineen kustannus ja työturvallisuus, vaikuttaisi että viljelijöille tärkeintä on saada varmasti säilyvää säilörehua, kuin ostaa halvinta säilöntäainetta. Työturvallisuuden vähäinen vaikutus valintaan uskoisin johtuvan siitä, että happopohjaiset säilöntäaineet ovat turvallisia oikein käytettynä ja käyttämällä suojavarusteita.

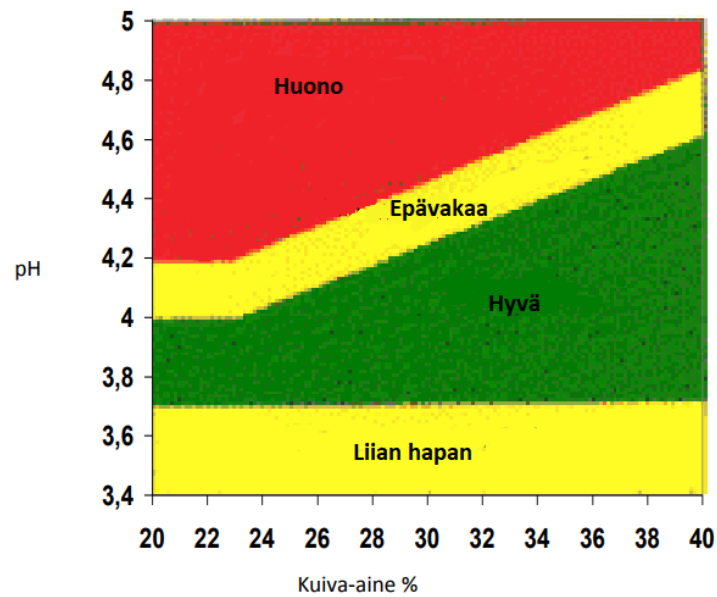
6.2 Säilöntäkokeen tulokset

6.2.1 Kosteus ja kuiva-aine

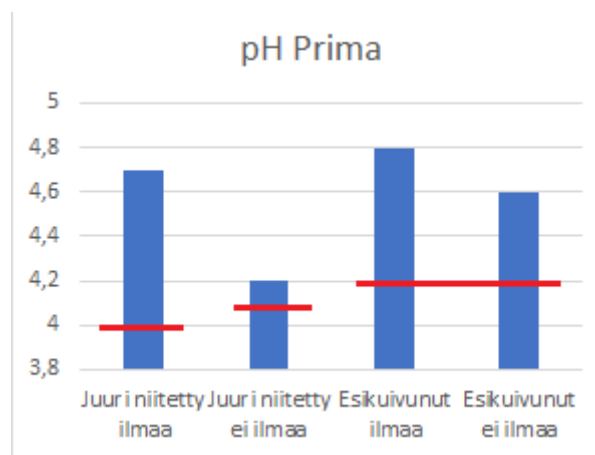
Juuri niitetyn (4 h niitosta) säilörehun kosteuspitoisuus oli 77 %, esikuivatun (20 h niitosta) kosteuspitoisuus oli 75 % ja ylikuivuneen (25 h niitosta) kosteuspitoisuus oli 60 %. Juuri niitetystä ja yön yli karholla olleesta säilörehusta oli yllättävän pieni ero. Tämä johtuu kosteasta yöstä, jolloin veden haihtumista eri juurikaan kerennyt tapahtua. Liitteessä kaksi on esitettyinä säilöntäkokeen tulokset. Kuiva-ainepitoisuudet nousivat, mitä kauemmin säilörehu oli saanut kuivua. Kuiva-aineet olivat välillä 232-426 g/kg.

6.2.2 pH

Tavoitteelliset pH-arvot olivat Seppälän (2012) diasarjan kuviosta (ks. kuvio 8). Testissä pH-arvot olivat välillä 3,8-4,7. Korkeimmat pH-arvot olivat muurahaishappoa sisältävällä Primalla, arvot olivat välillä 4,2-4,8. Punaiset viivat merkitsevät korkeimman tavoitearvon (ks. kuvio 9). Biologisilla säilöttyjen erien pH-arvot olivat 4 tai alle. Säilöntäaineettoman erät puolestaan 3,9-4,4. Kaikki Primalla säilötyt säilörehuerät olivat pH-arvoltaan liian korkeat, joka johtui liian pienestä annostelusta. Myös esikuivatut säilöntäaineettomat erät jäivät happamuudeltaan liian korkeiksi ollessaan 4,3. Tavoitearvo olisi ollut välillä 3,7-4,1.

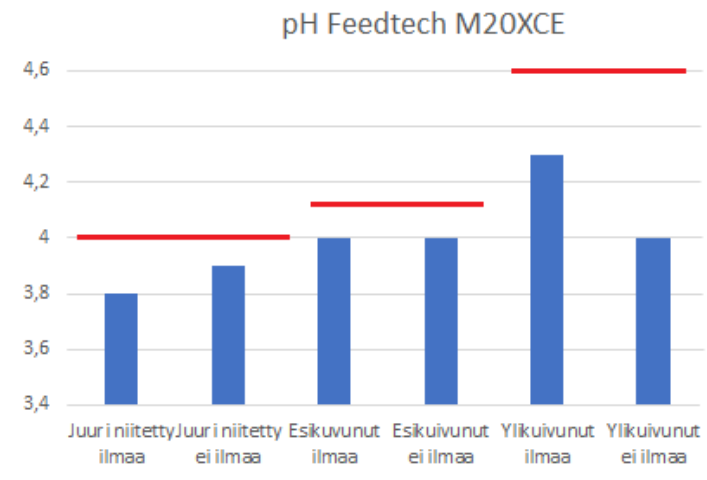


Kuvio 8. Kuvio optimaalisesta pH-arvosta kuiva-aineprosentin mukaan (Seppälä 2012, kuvaa muokattu)

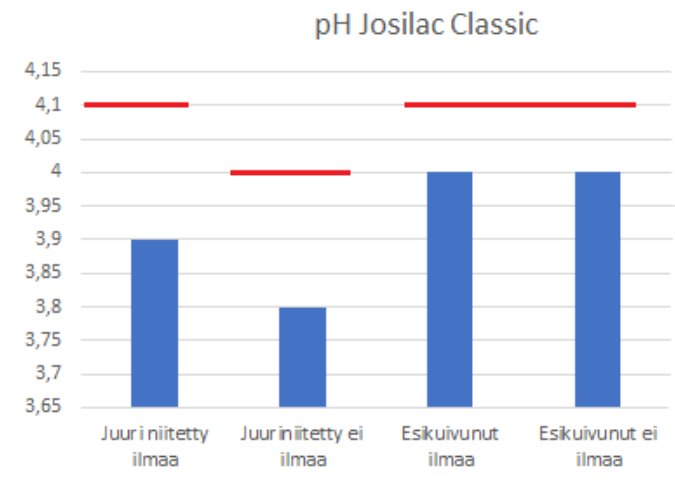


Kuvio 9. Primalla säilöttyjen säilörehujen pH-arvot ovat korkeammat kuin punaisilla viivoilla merkityt raja-arvot

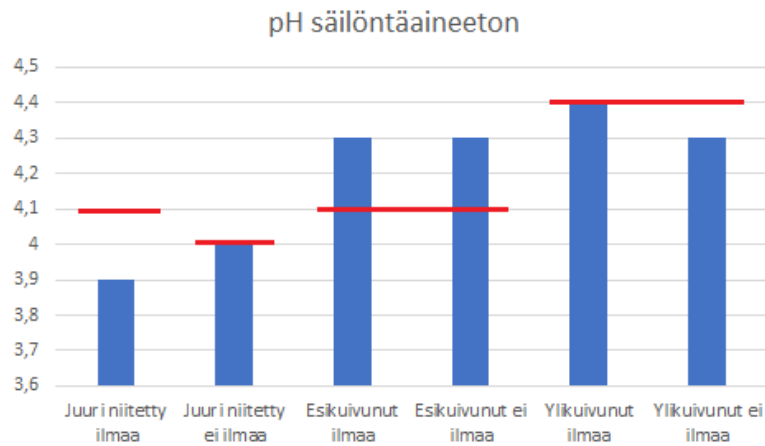
Biologisilla säilöntäaineilla säilöittäessä kaikilla koe-erillä happamuus oli tavoitteenmukainen (ks. kuviot 10 ja 11). Ilman säilöntäainetta säilöittäessä esikuivatut erät jäivät happamuudeltaan liian korkeiksi (ks. kuvio 12).



Kuvio 10. Feedtechillä säilöttyjen pH-arvot eivät ylitä punaisen viivan raja-arvoja



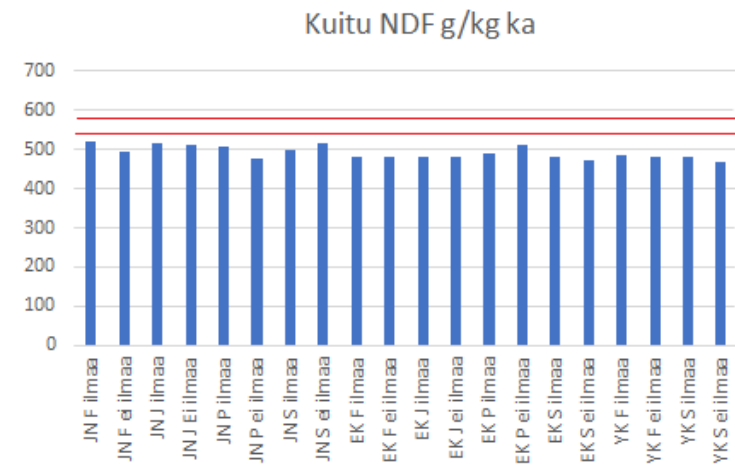
Kuvio 11. Josilac Classicilla säilöttyjen pH-arvot eivät ylitä raja-arvojen punaisia viivoja



Kuvio 12. Säilöntäaineettomien rehujen pH-arvot, josta esikuivuneet ylittävät raja-arvojen punaiset viivat

6.2.3 Sulava kuitu ja sulamaton kuitu

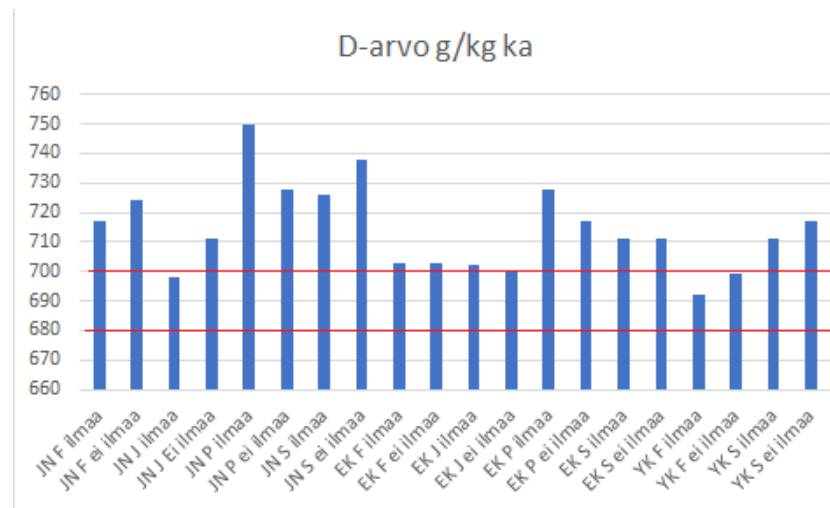
Sulavan kuidun osalta yksikään erä ei yltänyt tavoitearvoihin 540-580 g/kg ka (ks. kuvio 13). Sulavan kuidun määrä laskee, kun mitä kauemmin niitosta on. Juuri niitetyn keskiarvo oli 505 g/kg ka, kun 24 tuntia niitosta olleen rehun keskiarvo oli 478 g/kg ka. Sulamattoman kuidun määrä puolestaan nousee, kun sulavan kuidun määrä laskee. Juuri niitetyllä sulamattoman kuidun keskiarvo oli 28 g/kg ka ja 24 tuntia niitosta olleella 50 g/kg ka. Kuidulla ja sulamattomalla kuidulla oli yhteys, sillä sulavan kuidun pitoisuudet laskevat, kun sulamattoman kuidun määrä nousee. Säilöntäkokeessa käytetyissä biologisissa säilöntäaineissa oli entsyymejä. Feedtech M20XCE sisälsi *Ksylanaasi* entsyymiä ja Josilac Classic *Trichoderma longibrachiatum* entsyymiä. Entsyymit pilkkovat kasvin kuitua, muodostaen siitä sokeria. Tämä on voinut olla syynä sulavan kuidun määrän laskemiseen.



Kuvio 13. Sulavan kuidun määrät jäävät alle tavoitetun (punaiset viivat ovat tavoiteväli)

6.2.4 D-arvo

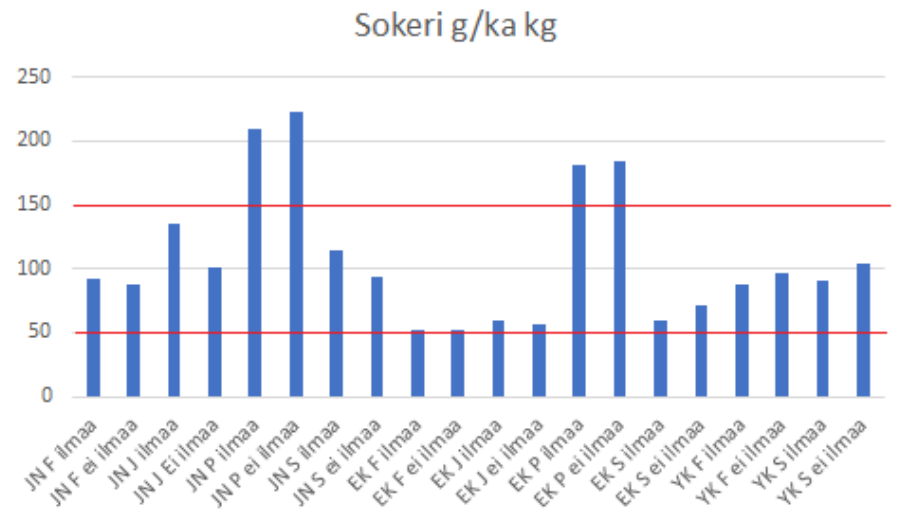
D-arvot olivat välillä 692-750 g/kg ka (ks. kuvio 14). Pääasiassa sulavuus oli kaikilla yli tavoitearvojen 680-700 g/kg ka, joka on hyvä lypsylehmien ruokinnassa. Tuloksista huomaa, että Primalla ja ilman säilöntäainetta säilötyissä rehuissa on kaikista korkeimmat sulavuudet. D-arvo pitoisuudet olivat 690-750 g/kg ka välillä. Keskiarvoltaan D-arvo laski juuri niitetyn erän 724 g/kg ka ylikuivuneen 705 g/kg ka. Säilörehun sulavuus oli hyvää. Tulokset olivat tavoitteen mukaiset tai sulavuus parempaa kuin tavoitearvot. Rehu oli siis hyvään aikaan korjattu. Jos säilörehua olisi annettu kauemmin kasvaa olisi kasvua rajoittavana tekijänä tullut typhen riittämättömyys, jonka voi huomata raakavalkuaispitoisuudesta. D-arvo oli primalla ja ilman säilöntäainetta säilötessä korkeampi kuin muilla säilötyissä. Tämä voisi johtua, että biologiset säilöntäaineet sisältävät maitohappobakteereita, jotka käyttävät sulavaa orgaanista ainesta (sokereita) laskien D-arvoa.



Kuvio 14. D-arvot säilörehutestin säilörehuissa ovat punaisella viivalla merkityissä tavoitearvoissa tai sen ylitse

6.2.5 Sokeri

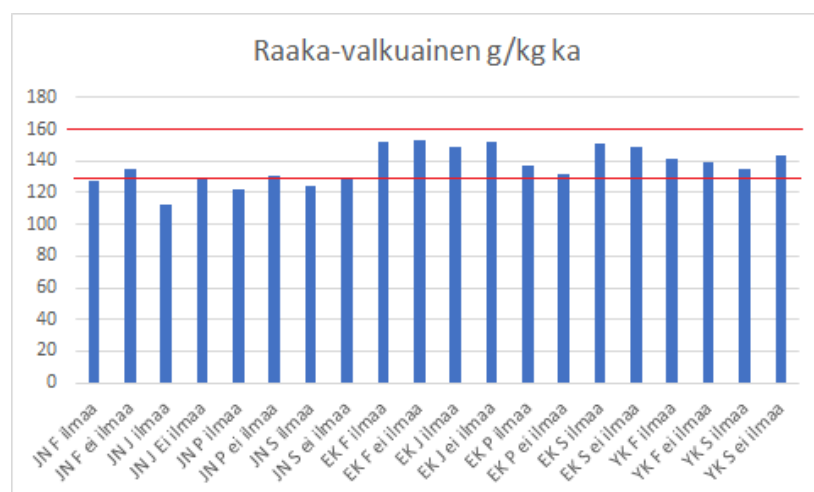
Sokerin tavoitearvot ovat 50-150 g/kg ka. Sokerin osalta kaikki pääsivät tavoitearvoihin lukuun ottamatta Primalla säilöttyjä (ks. kuvio 15). Primalla säilöttyjen erien pitoisuudet olivat 181-223 g/kg ka. Lukuun ottamatta Primalla säilöttyjä, kaikilla muilla sokeripitoisuudet olivat optimaaliset. Primalla säilöittäessä sokeripitoisuus jäi liian korkeaksi. Biologisten säilöntäaineiden mukana tulee maitohappobakteereita, jotka käyttävät rehun sokereita tuottaessaan maitohappoa, jonka vuoksi pH laskee.



Kuvio 15. Sokeripitoisuudet säilörehutestin säilörehuissa olivat punaisilla merkittyjen viivojen tavoitevälissä tai ylitse

6.2.6 Raakavalkuainen

Raakavalkuaisen tavoitearvot ovat 130-160 g/kg ka. Juuri niitetyllä koe-erällä raakavalkuaispitoisuus jäi suurimmalta osalta saavuttamatta. Esikuivunut ja ylikuivunut säilörehu saavuttivat tavoitearvot.



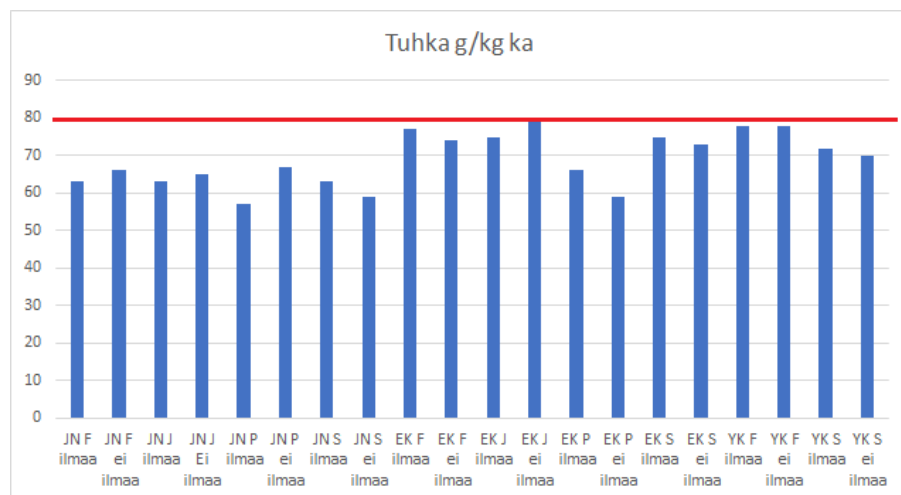
Kuvio 16. Raakavalkuaispitoisuudet säilörehutestin säilörehuissa ylsivät punaisten viivojen merkitsemään tavoitteeseen tai jäivät sen alapuolelle

6.2.7 Tuhka

Tuhkapitoisuus ei ylitä suositellun nurmikasvien 80g/kg ka, joka on hyvä asia (ks. kuvio 17). Tämä viittaa siihen, että säilörehussa ei ole korjuun aikana tullut maa-ainesta mukaan. Pitoisuudet olivat 59-79 g/kg ka välillä. Juuri niitettyjen säilörehujen tulokset tuhkapitoisuudeltaan olivat Feedtechillä ilmaa sisältävällä 63 g/kg ka ja ilmattomassa 66 g/kg ka. Josilac Classicilla ilmaa sisältävällä 63 g/kg ka ja ilmattomassa 65 g/kg ka. Primalla ilmaa sisältävällä 57 g/kg ka ja ilmattomassa 67 g/kg ka. Säilöntäaineettomalla ilmaa sisältävällä oli tuloksena 63 g/kg ka ja ilmattomassa 59 g/kg ka.

Esikuivatuilla säilörehuilla tuhkapitoisuus oli Feedtechillä säilötyssä ilmaa sisältävässä 77 g/kg ka ja ilmattomassa 74 g/kg ka. Josilac Classicilla tulos oli ilmaa sisältävässä 75 g/kg ka ja ilmattomassa 79 g/kg ka. Priman tulokset olivat ilmaa sisältävässä 66 g/kg ka ja ilmattomassa 59 g/kg ka. Säilöntäaineettomassa erässä oli ilmaa sisältävässä 75 g/kg ka ja ilmattomassa 79 g/kg ka.

Ylikuivuneissa säilörehuissa tuhkapitoisuus oli Feedtechillä ilmaa sisältävässä 78 g/kg ka ja ilmattomassa 78 g/kg ka. Säilöntäaineettomassa erässä oli ilmaa sisältävässä 72 g/kg ka ja ilmattomassa 70 g/kg ka.



Kuvio 17. Tuhkapitoisuudet eivät ylittäneet säilöntäkokeessa raja-arvoa

6.2.8 Muuntokelpoinen energia

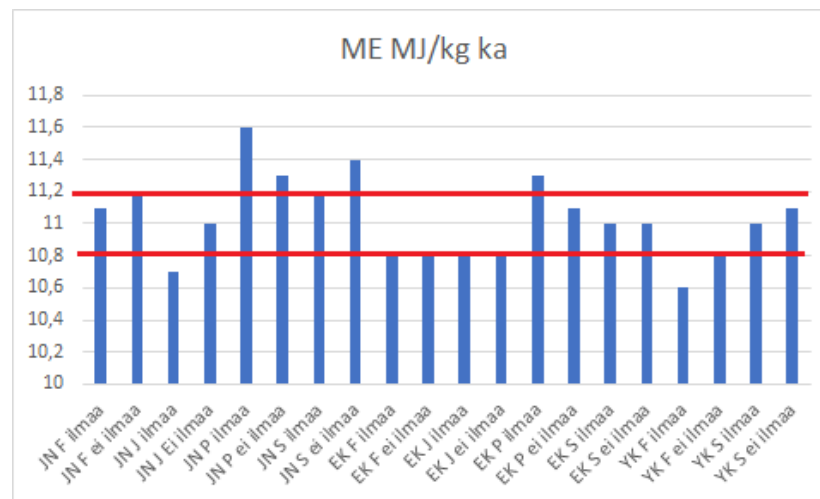
Tavoitearvot muuntokelpoisen energialla on 10,8-11,2 (ks. kuvio 18). Tulokset olivat 10,6-11,6 MJ/kg ka, eli hyvin tavoitearvojen mukaiset.

Juuri niitetyn säilörehun muuntokelpoisen energian määrä oli Feedtechillä ilmaa sisältävässä erässä 11,1 g/kg ka ja ilmattomassa 11,2 g/kg ka. Josilac Classicilla ilmaa sisältävässä oli 10,7 g/kg ka ja ilmattomassa 11 g/kg ka. Primalla ilmaa sisältävässä oli 11,6 g/kg ka ja ilmattomassa 11,3 g/kg ka. Säilöntäaineettomilla erillä ilmaa sisältävässä oli 11,2 g/kg ka ja ilmattomassa 11,4 g/kg ka.

Esikuivatuilla säilörehuilla muuntokelpoisen energian määrä oli Feedtechillä ja Josilac Classicilla ilmaa sisältävissä ja ilmattomissa kaikissa 10,8 g/kg ka. Primalla ilmaa sisältävässä oli 11,3 g/kg ka ja ilmattomassa 11,1 g/kg ka. Säilöntäaineettomalla ilmaa sisältävässä ja ilmattomassa oli 11 g/kg ka.

Ylikuivuneilla säilörehuilla muuntokelpoista energiaa oli Feedtechin ilmaa sisältävässä 10,6 g/kg ka ja ilmattomassa 10,8 g/kg ka. Säilöntäaineettomassa ilmaa sisältävässä oli 11 g/kg ka ja ilmattomassa 11,1 g/kg ka.

Primalla säilöttyjen rehujen muuntokelpoinen energiapitoisuuskin oli ylitse rajojen, johtuen korkeasta sokeripitoisuudesta. Suurimmalla osalla eli 14/20 olivat energiapitoisuuksiltaan tavoitellut. Primalla säilötyillä energiapitoisuudet olivat korkeimmat.



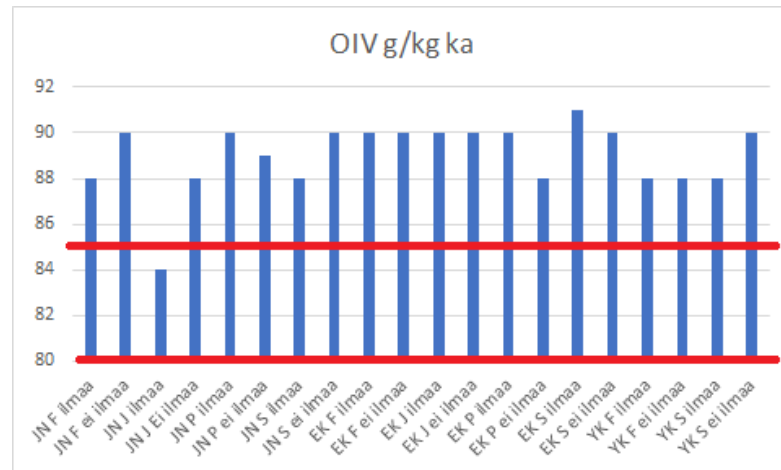
Kuvio 18. Muuntokelpoisen energian määrät säilöntäkokeen säilörehuissa

6.2.9 OIV ja PVT

Ohutsuolessa imeytyvän valkuaisen (OIV) tavoitearvot ovat 80-85 g/kg ka. Juuri niite-
tyissä säilörehuerissä Feedtechillä säilöittäessä ilmaa sisältävässä oli ohutsuolessa
imeytyvää valkuaista 88 g/kg ka ja ilmattomassa 90 g/kg ka (ks. kuvio 19). Josilac
Classicilla ilmaa sisältävässä oli 84 g/kg ka ja ilmattomassa 88 g/kg ka. Primalla säilöt-
täessä ilmaa sisältävässä oli 90 g/kg ka ja ilmattomassa 89 g/kg ka. Säilöntäaineetto-
malla erällä ilmaa sisältävässä oli 88 g/kg ka ja ilmattomassa 90 g/kg ka.

Esikuivatuissa säilörehuerissä ohutsuolessa imeytyvän valkuaisen (OIV) määrä oli
Feedtechillä ja Josilac Classicilla ilmaa sisältävissä ja ilmattomissa 90 g/kg ka. Primalla
ilmaa sisältävissä oli 90 g/kg ka ja ilmattomissa 88 g/kg ka. Säilöntäaineettomissa oli
ilmaa sisältävissä 91 g/kg ka ja ilmattomissa 90 g/kg ka.

Ylikuivuneilla säilörehuilla ohutsuolessa imeytyvän valkuaisen (OIV) määrä oli Feedtechillä ilmaa sisältävissä ja ilmattomassa 88 g/kg ka. Säilöntäaineettomilla oli ilmaa sisältävissä 88 g/kg ka ja ilmatomissa 90 g/kg ka. Ohutsuolessa imeytyvän valkuaisen osalta lukuun ottamatta yhtä, kaikki tulokset olivat ylitse raja-arvon.



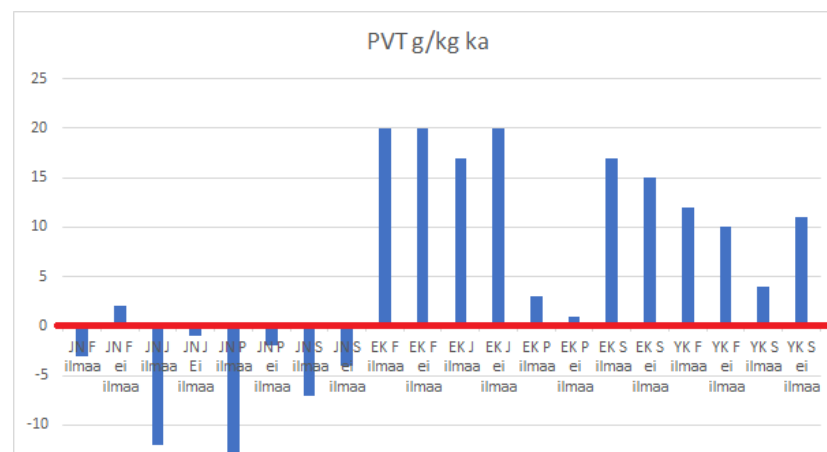
Kuvio 19. Ohutsuolessa imeytyvän valkuaisen määrät olivat tavoitearvoja korkeammat lukuun ottamatta yhtä koejäsentä

Pötsin valkuaiastaseen (PVT) tavoitearvot ovat 0 tai positiivinen luku. Juuri niitetyillä säilörehuerillä PVT:n määrä oli Feedtechillä säilöttäessä ilmaa sisältävässä -3 g/kg ka ja ilmatomissa 2 g/kg ka (ks. kuvio 20). Josilac Classicilla ilmaa sisältävässä oli -12 g/kg ka ja ilmatomissa -1 g/kg ka. Primalla ilmaa sisältävässä oli -13 g/kg ka ja ilmatomissa -2 g/kg ka. Säilöntäaineettomilla oli ilmaa sisältävässä -7 g/kg ka ja ilmatomissa -4 g/kg ka.

Esikuivuneilla säilörehuilla pötsin valkuaiastaseen (PVT) määrä oli Feedtechillä ilmaa sisältävässä ja ilmatomassa 20 g/kg ka. Josilac Classicilla oli ilmaa sisältävässä 17 g/kg ka ja ilmatomassa 20 g/kg ka. Primalla ilmaa sisältävässä oli 3 g/kg ka ja ilmatomassa 1 g/kg ka. Säilöntäaineettomilla oli ilmaa sisältävässä 17 g/kg ka ja ilmatomassa 15 g/kg ka.

Ylikuivuneilla säilörehuilla pötsin valkuaiastaseen (PVT) määrä oli Feetechillä ilmaa sisältävässä 12 g/kg ka ja ilmattomassa 10 g/kg ka. Säilöntäaineettomilla ilmaa sisältävässä oli 4 g/kg ka ja ilmattomassa 11 g/kg ka. Pötsin valkuaiastase oli yhtä lukuun ottamatta kaikilla juuri niitetyillä säilörehuilla negatiivinen. Esikuivatuilla ja ylikuivuneilla rehuilla luvut olivat positiiviset.

Pötsinvalkuaiastase (PVT) on laskennallinen ja se kertoo pötsimikrobien energian tarvetta suhteessa hajoavaan valkuaiseen. Juuri niitetyillä rehulla oli valkuaispitoisuus alhainen ja tämä vaikutti, että pötsinvalkuaiastase oli juuri niitetyillä negatiivinen.



Kuvio 20. Pötsin valkuaiastase oli ylitse ja alitse punaisella merkityn tavoitearvon

6.2.10 Primalla 0,5 ml ja 1 ml säilötyt

Säilöntäkoetta tehdessä tuli vahingossa kaksi erilaista erää juuri niitetyille Primalla säilöittäessä. Toiseen erään tuli 0,5ml säilöntäainetta/100g rehua ja toiseen 1ml säilöntäainetta/100g rehua eli kaksinkertainen määrä säilöntäainetta suhteessa rehumäärään. Kuiva-aineen määrä oli alhaisempaa 0,5 ml säilöntäaineen määrällä kuin käytettäessä 1 ml. Muuten tulokset eivät juurikaan poikenneet toisistaan (ks. kuvio 21).

Säilöntäkokeessa, jossa primalla säilötiin 0,5ml ja 1ml määrillä oli kuiva-ainepitoisuus suurempi 1ml säilötyssä. Raakavalkuaispitoisuus oli parempi niissä erissä, missä ilmaa ei ollut. Kuidun määrä oli alhaisempi ilmatiiviissä säilönnässä. D-arvoltaan olivat näytteet todella sulavia ja sisälsivät paljon sokeria, yli 200g/kg ka. Säännöllisiä eroavaisuuksia ei ollut hapellisen ja hapettoman säilönnän välillä ja säilöntäaineen määrällä ei ollut huomattavaa vaikutusta. Tähän voisi olla syynä, että säilöntä erät ja säilöntäainemäärät olivat todella pieniä.

	JN P ilmaa 0,5ml	JN P ei ilmaa 0,5ml	JN P ilmaa 1ml	JN P ei ilmaa 1ml	Tavoite-arvot (Märehtijät, lehmät) Lähde: Hartojoki 2015
Kuiva-aine g/kg	246	248	260	277	
Raaka- valkuainen g/kg	122	131	118	126	130-160
Kuitu NDF g/kg ka	507	478	490	482	540-580
D-arvo g/kg ka	750	728	744	750	680-700
Sokeri g/ka kg	210	223	216	224	50-150
Sulamaton kuitu iNDF g/kg ka	24	49	42	27	
Tuhka g/kg ka	57	67	59	51	Nurmikasvit 80
ME MJ/kg ka	11,6	11,3	11,5	11,6	10,8-11,2
OIV g/kg ka	90	89	89	91	80-85
PVT g/kg ka	-13	-2	-15	-10	0 tai positiivine

Kuvio 21. Säilönnän tulokset Primalla käyttäen 0,5ml ja 1ml säilöntäainetta kertoen säilöntäaineen määrän vaikutuksista

7 Johtopäätökset

Säilöntäkokeen tuloksista yllättävää teki se, että muurahaishappoa sisältävien säilöntäaineiden pitäisi olla tehokkaimpia pH:n laskijoita. Juuri niitetyllä ja esikuivatulla erällä pH jäi 4,2-4,8 välille. Tämän säilöntäkokeen perusteella eri säilöntäaineet vaikuttivat ruokinnalliseen laatuun antaen jokaisesta säilöntäerästä erilaiset tulokset. Hapettomien ja hapellisten säilörehujen välillä ei ollut mitään johdonmukaista eroa.

Tämän säilöntäkokeen perusteella hapella ja hapettomuudella ei ole vaikutuksia säilörehun ruokinnalliseen laatuun. D-arvon, sulavan kuidun ja sulamattoman kuidun muutosten mukaan kosteuspitoisuudet vaikuttivat säilörehun ruokinnalliseen laatuun.

8 Pohdinta

Opinnäytetyön kokeita tehdessä, huomattiin joitakin suunnitteluvirheitä, joita ei osattu ottaa huomioon. Säilörehusta olisi voinut ottaa raaka-ainenäytteen ja lähettää se analysoitavaksi, jotta säilönnän tuloksia olisi voinut verrata siihen. Myös rehua olisi voinut ottaa enemmän pellolta, sillä ylikuivuneesta erästä piti karsia Josilac Classicilla ja Primalla säilöminen pois säilörehun riittämättömyyden vuoksi. Tutkimuksessa oli suunniteltuna jälkilämpenemisen mittausta antureilla, kun vakuumpakkaukset avataan. Tätä varten oli säilötty 100 grammaa, josta olisi 50 grammasta mitattu lämpötila ja toisesta 50 grammasta happamuus. Esikokeessa huomattiin, ettei 50 grammaa riitä aiheuttamaan rehussa jälkilämpenemistä. Aluksi suunniteltiin näytteille kerrannaisia ja että säilöntäerät olisivat kilon suuruisia, mutta pohdinnan jälkeen se olisi tehnyt säilöntäkokeen toteutuksesta liian työlää, sillä välineistö oli käsi-työvoittoista ja pientä. Säilöntäaineen lisäys oli näin pieniin eriin (100g ja 200g) hankalaa, sillä kyseessä oli vain pienimmillään 0,4 millilitran kokoinen säilöntäaineannos.

Säilöntäkokeen tuloksia tarkasteltaessa nousi ajatus, että esikuivuneella primalla säilöttyjen erien näyte olisi epäonnistunut. Tuhkapitoisuus poikkeaa muista esikuivattusta rehuista ja kuiva-ainepitoisuus on korkeampi. Säilörehuerät olivat säilötty myös siten, että toisissa pusseissa oli jätetty ilmaa ja toisissa ei. Tuloksissa ei huomannut mitään erityistä eroa oliko pussissa ilmaa vai ei. Ilmaa on saattanut olla sopivan vähän, jonka happea käyttävät bakteerit ovat käyttäneet kokonaan ja happi ei vaikuta enää tuloksiin. Toisin olisi voinut tehdä jättämällä pussiin reiän, että pussiin pääsisi aina ilmaa ja katsoa vaikuttaako tämä.

Virheikäymisistä ja haittamikrobien toiminnasta olisi saatu tietoa, jos rehuanalyysissä olisi tutkittu maito- ja muurahaishapot, liukoinen typpi, ammoniakkityppi ja haihtuvat rasvahapot. Siihen olisi tarvinnut vielä isommat näytteet, jotta analyysilaboratorio olisi voinut analysoida, joten tämä osuus karsittiin pois. Tuloksia käsitellessäni huomasin, kuinka hankalaa oli analysoida ja esitellä tulokset selkeästi, sillä eri koeeriä oli kaksikymmentä.

Tutkimuksen validiteetti oli hyvä, sillä se antoi samankaltaisia tuloksia kuin säilörehuanalyyseistä tulee. Tulokset eivät olleet tavoitearvoista liian poikkeavia. Primalla säilöttyjen sokeripitoisuuden tulokset olivat oikeanlaiset. Sokeri jäi korkeaksi, sillä siihen ei lisätty maitohappobakteereita. Näyttäisi siltä, että säilörehuerät ja säilöntäainemäärät olivat pieniä tekemään eroja säilöntäaineiden välille. Oletin, että säilöntäaineettomat erät olisivat huonoja, mutta mitään merkittävää eroa muihin näytteisiin ei ollut. Aiemmin esiteltyinä olleen Kuusiston (2015) progradun mukaan, oli johtopäätöksenä, että säilörehussa on suositeltavaa käyttää säilöntäainetta. Opinnäyttyöni tuloksista tällaista johtopäätöstä ei juurikaan voi tehdä. Toisaalta hänellä oli 35kg säilöntäerät.

Tässä säilörehun säilöntätetestissä oli tarkoitus tutkia säilöntäaineiden, säilöntäaineettomuuden, hapen ja hapellisuuden vaikutuksia ruokinnalliseen laatuun. Tässä mittakaavassa saatiin yllämainittuja tuloksia. Maatilan mittakaavassa tulokset voivat olla erilaisia, sillä siellä on monta erilaista muuttujaa. Kaikkia tekijöitä ei kyetä hallitsemaan käytännön elämässä saman lailla kuin laboratoriomittakaavassa tehtävissä tutkimuksissa.

Lähteet

Anttila, A., Niskanen, M., Palva, R., Puumala, L. & Vallinhovi, S. 2014. Hävikit kuriin ja säilörehun laadunvaihtelu hallintaan. NurmiArtturi-hanke 8.3.2011–30.6.2014. Vaasa: Fram Oy. Viitattu 8.1.2018.

https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/nurmiartturi-lehti_pienempi_resoluutio_2.pdf

Biologinen rehunsäilöntä. N.d. Artikkelit Farmit verkkosivuilla. Viitattu 20.11.2017.

<https://www.farmit.net/kotielain/rehunsailonta/biologinen-rehunsailonta>

Biologinen säilöntä. N.d. Artikkelit Farmit verkkosivuilla. Viitattu 16.10.2017.

<https://www.farmit.net/kotielain/rehunsailonta/biologinen-rehunsailonta>

Feedtech M20XCE biologinen säilöntäaine. N.d. Hankkijan verkkosivu. Viitattu 29.9.2017.

http://www.hankkija.fi/Maatalous_ja_metsa/nurmen-ja-viljanviljelytarvikkeet/sailontaaineet/feedtech-m20xce-biologinen-sailontaaine/

Feedtech™ Rehun säilöntä-, vasikka- ja lehmätuotteet. 2015. DeLavalin Feedtech rehunsäilöntä ja eläinten ravitseminen 2015 -ohje. Viitattu 14.12.2017.

http://www.delaval.fi/ImageVaultFiles/id_29989/cf_5/Feedtech_rehuns-il-nt- ja_elinten_ravitseminen_2015.PDF

Feedtech™ Silage M20XCE. N.d. DeLavalin verkkosivu. Viitattu 29.9.2017.

<http://www.delaval.fi/-/Tuotteet/Ruokinta/Products/Feeding-additives/Feedtech-silage/Feedtech-Silage-M20XCE/>

Hankkijan Prima irto. N.d. Hankkijan verkkosivu. Viitattu 29.9.2017.

http://www.hankkija.fi/Maatalous_ja_metsa/nurmen-ja-viljanviljelytarvikkeet/sailontaaineet/hankkijan-prima-irto/

Happojen ja emästen varastointi ja käsittely. 2000. Kemikaalineuvottelukunnan opas. 5. p. Helsinki: Oy Edita Ab. Viitattu 25.10.2017.

<https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/71995/Opp200007.pdf?sequence=1>

Hartojoki, J. 2015. Karkearehuanalyysit, yleisohjeistus- ja rehuanalyysien tulkintaohjeistukset SeiLab Oy:lle. Opinnäytetyö, AMK. Savonia-ammattikorkeakoulu, luonnonvara- ja ympäristöala, maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma. Viitattu 24.10.2017.

https://theseus.fi/bitstream/handle/10024/103221/Hartojoki_Jenna.pdf?sequence=1

Hoffman, P & Muck, R. 1999. Adding Enzymes to Silage. University of Wisconsin Board of Regents. Viitattu 20.11.2017.

<https://fyi.uwex.edu/forage/files/2014/01/Enzymes.pdf>

Hyttinen, H. 2013. Säilörehun korjuuajan optimointi. Opinnäytetyö, AMK. Savonia-ammattikorkeakoulu, luonnonvara- ja ympäristöala, maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma. Viitattu 22.11.2017.

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/55995/Hyttinen_Henna.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Jaakkola, S., Sairanen, A., Nousiainen, J. & Rinne, M. 2010. Säilöntä ja rehujen laatu. Teoksessa Nurmirehujen tuotanto ja käyttö. Tieto tuottamaan 132. Toim. Peltonen S., Puurunen, T. & Harmoinen, T. Hämeenlinna: ProAgria Keskusten Liitto, 87-91.

Johnson, H.E., Merry, R.J., Davies, D.R., Kell, D.B., Theodorou, M.K. & Griffith G.W. 2004. Vacuum packing: a model system for laboratory-scale silage fermentations. *Journal of Applied Microbiology* 2005, 98, 106–113. Viitattu 6.10.2017.
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2672.2004.02444.x/full>

Josilac® Classic. N.d. Tuote-esite Jocilacin verkkosivuilla. Viitattu 29.9.2017.
http://www.iosilac.com/fi/media/pdf/PB_Josilac_classic_FI.pdf

Järvinen, E. 2017. Hyvä syönti-indeksi: parempi kuiva-aineen syönti ja enemmän maitoa. Artikkelin Maito ja me -sivustolla. Viitattu 24.10.2017.
<http://www.maitojame.fi/articles/hyva-syonti-indeksi-parempi-kuiva-aineen-syonti-ja-enemman-maitoa/2284909>

Kemira AIV® – suomalaiset rehunsäilöntäratkaisut. N.d. Kemiran julkaisu. Viitattu 25.10.2017.
https://www.farmit.net/sites/default/files/images/news/Mikko_Mi/Kemira%20AIV-%20rehuns%C3%A4il%C3%B6nt%C3%A4ratkaisut.pdf

Koostumus. N.d. Hevostietokeskus -verkkosivuilla. Viitattu 16.11.2017.
<http://www.hevostietokeskus.fi/index.php?id=834&kieli=3>

Kuusisto, K. 2015. Eri säilöntäaineiden vaikutus hernevehnä- ja härkäpapuvehänäkokoviljasäilörehun käymislaatuun ja aerobiseen stabiilisuuteen. Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto. Maataloustieteiden laitos, kotieläinten ravitsemustiede. Viitattu 28.9.2017.
https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/155764/Pro_Gradu_Katja_Kuusisto_2015.pdf?sequence=5

Laadukkaan säilörehun edellytykset ja vaikutus kannattavuuteen. N.d. Artikkelin Farmit verkkosivuilla. Viitattu 19.09.2017.
<https://www.farmit.net/kotielain/rehunsailonta/aiv-rehunsailonta-ja-happosailonta/rehunsailontatutkimukset/laatusailorehun-edellytykset-ja-vaikutus-kan>

Lamminen, M. 2014. Kehitysasteen ja säilöntäaineen vaikutus valkolupiini-vehnänsäilörehun käymislaatuun ja aerobiseen stabiilisuuteen. Pro Gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto. Maataloustieteiden laitos, kotieläinten ravitsemustiede. Viitattu 28.9.2017.
<https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/135775/Maisterintutkielma-ML.pdf?sequence=1>

Energia-arvo, märehitjät ja hevoset. N.d. Rehutaulukot. Luonnonvarakeskus. Viitattu 22.11.2017.
https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Rehutaulukot/Rehutaulukot/laskentaperusteet/energia_arvo_marehtijat

Valkuaisarvo, märehitjät. N.d. Luonnonvarakeskus. Viitattu 22.11.2017.
https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Rehutaulukot/Rehutaulukot/laskentaperusteet/Valkuaisarvo_marehtijat

Mustonen, A. 2013. Nurmikasvien kehitysrytmi hallintaan. ProAgria Pohjois-Savo. Viitattu 16.11.2017.

https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/arja_mustonen_nurmikasvien_kehitysrytmi_hallintaan.pdf

Mäki, J & Viitanen, J. N.d. Rehun pH-arvo. Artikkelit Laatuheinä-verkkosivuilla. Viitattu 17.10.2017.

<http://www.laatuheina.com/Rehuanalyysit/RehuanalyysintulkintapHarvo/tabid/11372/language/fi-FI/Default.aspx>

Mäki, J & Viitanen, J. N.d. Kuiva-aine. Artikkelit Laatuheinä-verkkosivuilla. Viitattu 16.11.2017.

<http://www.laatuheina.com/Rehuanalyysit/Rehuanalyysintulkintakuivaaine/tabid/11369/language/fi-FI/Default.aspx>

Orom, T. 2003. Bale Silage - Frequently Asked Questions. Ag-Info Centre, Alberta Agriculture and Rural Development. Muokattu 19.9.2016. Viitattu 17.10.2017.

[http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/faq7379?opendocument](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/faq7379?opendocument)

Siemenistä säilörehuksi nurmiopas. 2014. Raisio Agro. Viitattu 19.9.2017.

http://www.raisioagro.com/c/document_library/get_file?uuid=b8636247-e5a3-4c65-9ff6-97d88f2f059f&groupId=12626

Seppälä, A. 2012. Nurmen säilönnän haasteiden hallinta. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. Viitattu 16.10.2017.

https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/mtt/esittely/toimipaikat/ruukki/Tietopankki/Peltokasvituotanto/Nurmikasvit/26.7.2012_seppala.pdf

Säilyvyyden parantaminen. N.d. Artikkelit ruokatiedon verkkosivuilla. Viitattu 29.9.2017.

<https://www.ruokatieto.fi/ruokakasvatus/lupa-kokata-elintarvikehygienian-perusteet/elintarvikkeiden-hygieninen-kasittely/sailyvyyden-parantaminen>

Säilöntäprosessi. N.d. Artikkelit Farmit verkkosivuilla. Viitattu 17.10.2017

<https://www.farmit.net/kotielain/rehunsailonta/sailorehun-valmistus-ja-sailonta/sailontaprosessi>

Säilörehu. 2015. Aiv. Viitattu 17.10.2017. <http://aiv.fi/sailo-oikein/sailorehu/>

Säilörehun tarve ja laadun merkitys. N.d. Artikkelit Suomen Rehun verkkosivuilla.

Viitattu. 24.10.2017. <http://www.suomenrehu.fi/fi/ruokinta/lypsylehmien-ruokinta/kotoiset-rehut/sailorehun-tarve-ja-laadun-merkitys/>

Liite 2 Säilöntäkokeen tulokset

Valkoisella värillä täytetyt kohdat, ovat tavoitearvojen mukaiset.

	JN F ilmaa	JN F ei ilmaa	JN J ilmaa	JN J ei ilmaa	JN P ilmaa	JN P ei ilmaa	JN S ilmaa	JN S ei ilmaa	EK F ilmaa	EK F ei ilmaa	EK J ilmaa	EK J ei ilmaa	EK P ilmaa	EK P ei ilmaa	EK S ilmaa	EK S ei ilmaa	YK F ilmaa	YK F ei ilmaa	YK S ilmaa	YK S ei ilmaa	Tavoite-arvot (Märehtijät, lehmät)	Lähde: Hartojoki 2015
Kuiva-aine g/kg	240	232	255	243	246	248	251	239	253	248	245	248	285	285	253	258	424	426	369	375		
Raaka- valkuainen g/kg ka	128	135	113	129	122	131	124	130	152	153	149	152	137	132	151	149	141	139	135	144	130-160	
Kuitu NDF g/kg ka	522	492	515	511	507	478	500	516	482	479	481	480	488	511	480	471	486	480	480	467	540-580	
D-arvo g/kg ka	717	724	698	711	750	728	726	738	703	703	702	700	728	717	711	711	692	699	711	717	680-700	
Sokeri g/ka kg	92	87	135	101	210	223	114	93	52	52	59	56	181	185	59	71	88	97	91	104	50-150	
Sulamaton kuitu INDF g/kg ka	23	27	39	28	24	49	25	12	45	46	53	50	48	59	42	43	58	51	44	46		
Tuhka g/kg ka	63	66	63	65	57	67	63	59	77	74	75	79	66	59	75	73	78	78	72	70	Nurmikasvit 80	
ME MJ/kg ka	11,1	11,2	10,7	11	11,6	11,3	11,2	11,4	10,8	10,8	10,8	10,8	11,3	11,1	11	11	10,6	10,8	11	11,1	10,8-11,2	
OIV g/kg ka	88	90	84	88	90	89	88	90	90	90	90	90	90	88	91	90	88	88	88	90	80-85	
PVT g/kg ka	-3	2	-12	-1	-13	-2	-7	-4	20	20	17	20	3	1	17	15	12	10	4	11	0 tai positiivinen	
pH	3,8	3,9	3,9	3,8	4,7	4,2	3,9	4	4	4	4	4	4,8	4,6	4,3	4,3	4,3	4	4,4	4,3		
pH tavoite	3,7-4	3,7-4	3,7-4,1	3,7-4	3,7-4	3,7-4,1	3,7-4,1	3,7-4	3,7-4,1	3,7-4,1	3,7-4,1	3,7-4,1	3,7-4,1	3,7-4,2	3,7-4,1	3,7-4,1	3,7-4,6	3,7-4,4	3,7-4,4	3,7-4,4		

Liite 3. Kyselylomake

Kyselylomake säilörehun viljelijöille

1. Tilan tuotantosuunta

2. Tuotannon eläinryhmät

3. Onko tuotanto

- Tavanomainen
- Luomu

4. Montako hehtaaria viljelet säilörehua?

- 0-10 ha
- 11-20 ha
- 21-30 ha
- 31-40 ha
- 41-50 ha
- yli 51 ha

5. Esikuivataanko säilörehu?

- Kyllä
- Ei

6a. Miten varastoit säilörehun? Ympyröi menetelmä/-t ja ilmoita prosenttiosuus, jos säilönnässä useampi vaihtoehto. Mitä korjuukonetta käytät? Kuiva-ainepitoisuustavoite? Käyttämäsi ensisijainen säilöntäaine?

Säilöntä (ympyröi käyttämäsi menetelmä)	%-osuus	Korjuukone (ympyröi käyttämäsi menetelmä)	Ka-pitoisuustavoite	Ensisijainen säilöntäaine
Paali	/100%	Pyöröpaalaus Kanttipaalaus		
Tuubisäilöntä	/100%			
Säilörehutorni	/100%	Ajosilppuri Tarkkuussilppuri Kelasilppuri Kaksoissilppuri Noukinvaunu Silppurivaunu		
Laakasiilo	/100%			
Auma	/100%			
Jokin muu, mikä?	/100%			

6b. Mitkä tekijät vaikuttavat säilöntäaineen valintaan? Käytätkö eri sadoilla eri säilöntäainetta?

7. Merkitse X, kuinka paljon kyseinen tekijä vaikuttaa säilöntäaineen valintaan.

1=Ei tärkeä, 5=Todella tärkeä

Ei tärkeä Todella tärkeä

	1	2	3	4	5
Säilöntäaineen kustannus					
Sääolosuhteet					
Säilöntäaineen käytön työturvallisuus					
Rehun kosteus korjuu hetkellä					
Rehun sokeripitoisuus					
Eläinryhmä, jolle säilörehua syötetään					
Säilöntäaineen vaikutus koneisiin kuluttavasti					
Säilöntäaineen helppokäyttöisyys ja annosteltavuus					

Kiitos vastauksistasi!