

Puintikostean viljan murskesäilöntä uudistuu tehokkuusvaatimusten myötä

Arja Seppälä¹⁾, Saana Orkola²⁾, Matts Nysand³⁾, Maarit Mäki³⁾, Harri Miettinen⁴⁾ ja Marketta Rinne³⁾

¹⁾ Luonnonvarakeskus (Luke), 31600 Jokioinen, nykyinen: Eastman Chemical Company, Tammasaarenkatu 1, 00180 Helsinki, arjaseppala@eastman.com

²⁾ Eastman Chemical Company, Tammasaarenkatu 1, 00180 Helsinki, saanaorkola@eastman.com

³⁾ Luonnonvarakeskus (Luke), 31600 Jokioinen, etunimi.sukunimi@luke.fi

⁴⁾ Kemira Oyj, Helsinki, nykyinen: Nöykkiölaakson tie 27 C 6, 02330, Espoo; homiETTinen@gmail.com

Tiivistelmä

Puintikostean viljan murskesäilönnällä voidaan säästää energiaa ja pienentää sääriskiä. Murskesäilönnän suositeltu viljan kosteus (35 – 45 %) on puintityön työsaavutuksen maksimoimiseksi liian korkea ja sen vuoksi usein päädytään murskaamaan selvästi suosituksia kuivempaa viljaa. Kuivemman viljan etuna on lisäksi helpompi käsiteltävyys jäätyneenä. Suosituksia kuivemman (kosteus 16 – 35 %) viljan murskesäilöntään liittyy kuitenkin viljan homehtumisen riski. Kahdessa kokeessa selvitettiin kuinka homehtumisriskiä voidaan pienentää käyttämällä propionihappoa sisältävää säilöntäainetta.

Täystuleentunut ohra puitiin elokuun alussa 2010 Loimaalla kosteuden ollessa 16 – 28 % ja murskesäilöttiin tuubiin. Viljakuormat punnittiin ja kullekin kuormalle kohdistettiin säilöntäainekäsittely. Käsittelyt olivat muurahaishapon ja propionihapon (AIV Ässä) tai propionihapon (Propcorn NC) seoksia annosteltuna joko 3, 6 tai 9 l/t. Lisäksi mukana oli kontrollikäsittely ilman säilöntäainetta. Kustakin käsittelystä tehtiin vähintään 3 toistoa. Säilötystä viljasta otettiin näytteet kairaamalla joulukuussa 2010. Vilja oli lämpenemisherkkää (stabiilisuus alle 40 h) niissä kahdessa viljakuormassa, joissa kosteus oli 27 – 28 % eikä käytetty säilöntäainetta. Huono stabiilisuus oli yhteydessä korkeaan hiivapitoisuuteen. Kosteuden vaihtelusta (16 – 27 %) huolimatta kaikki säilöntäaineella käsitellyt viljanäytteet olivat stabiileja (> 200 h). Viljan säilöntäainekäsittely paransi myös kyseisestä viljasta tehdyn seosrehun aerobista stabiilisuutta.

Elokuussa 2014 tehtiin säilöntäkoelaboratoriomittakaavassa täystuleentuneella ohralla, jonka kosteus oli 25 tai 18 %. Säilöntäainekäsittelyt lisättiin murskattuun ohraan laboratoriossa ja säilönnät tehtiin 1,7 l lasipurkkeihin. Säilöntäaika oli 23 – 24 tai 113 vrk, jonka jälkeen viljan aerobista pilaantumista seurattiin 15 tai 40 – 41 vrk siilon avaamisen jälkeen. Lyhyen säilöntäjakson jälkeen kosteampi vilja oli pilaantumisherkkää ja vain vahvimmat säilöntäkäsittelyt (laskennallisesti vähintään 12,5 mol/t dissosioitumatonta propionihappoa) pystyivät estämään homehtumisen aerobisen jakson aikana. Pitkän säilöntäjakson jälkeen kuivemmasta viljaerästä vain ilman säilöntäainetta tehdyssä viljassa todettiin silmämääräisesti homeita aerobisen jakson jälkeen.

Näiden tulosten perusteella propionihappoon perustuvat säilöntäaineet voivat estää murskesäilötyn viljan homehtumista. Korkeampi annostelu on tarpeen viljan kosteuden ollessa noin 25 % kuin kosteuden ollessa vain noin 18 %. Annostelua on lisättävä myös, mikäli anaerobinen säilöntävaihe jää lyhyeksi siilon avaamisen tai mahdollisten ilmapuotojen vuoksi. Käytännön tiloilla esiintyvien ongelmien syiden ymmärtämiseksi ja annostelutasojen turvamarginaalien arvioimiseksi tarvitaan lisää maatilamittakaavassa toteutettuja tutkimuksia. Varautuminen vaihteleviin säilöntäolosuhteisiin voi tarkoittaa myös valmiutta vaihtaa annostelutasoa tai säilöntäainetta viljan kuiva-ainepitoisuuden mukaan.

Asiasanat: homeet, muurahaishappo, murskesäilöntä, propionihappo, tuubi, vilja

Johdanto

Puintikostean viljan murskesäilöntä säästää energiaa ja pienentää puintityön sääriskiä, kun viljan puinti voidaan aloittaa jo ennen kuin vilja on täystuleentunutta. Lisäksi säilönnän yhteydessä murskattu vilja on syöttövalmista, erillistä jauhatusta ei tarvita nautoja ruokittaessa. Menetelmä on tunnettu jo vuosikymmenien ajan (Palva ym. 2005, Jaakkola ym. 2005). Tilakoon kasvu ja seosrehuruokinta ovat lisänneet menetelmän käyttöä karjatilastoilla. Samalla kuitenkin tilakoon kasvu on luonut menetelmälle kehitystarpeita.

Murskesäilönnälle suositeltu viljan kosteus (35 – 45 %, Palva ym. 2005) ei mahdollista puintityössä optimaalista työsaavutusta. Työteknisistä syistä vilja puidaan usein suositusta kuivempana. Ratkaisuksi on ehdotettu veden lisäämistä murskausvaiheessa, mutta käytännössä lisätty vesi ei ehdi imeytyä viljaan enää murskausvaiheessa, eikä vesilisäysmahdollisuutta aina ole edes käytettävissä. Kuivemman viljan etuna on lisäksi sen helpompi käsiteltävyys pakkasella.

Suosituksia kuivemman (kosteus 16 – 35 %) viljan murskesäilöntään liittyy kuitenkin viljan homehtumisen riski. Esimerkiksi ruotsalaisessa tutkimuksessa (Olstorpe ym. 2010) kerättiin tiloilta viljanäytteitä (kosteus oli 17 – 23 %) ilmatiiviiseen muovituubiin (halkaisija 2 m, pituus 10 - 15 m) murskesäilötystä viljasta, johon ei ollut lisätty mitään säilöntäaineita. Kohonneita homepitoisuuksia (yli 10 000 pmy/g) mitattiin 75 %:ssa näytteistä. Homeet viljassa altistavat viljan nopealle pilaantumiselle, jos säilö avataan lämpimällä ilmalla. Homeet jatkavat kasvuaan myös seosrehussa aiheuttaen ravintoainetappioita ja vähentäen syöntiä. Vakavimmillaan homehtuneeseen rehuun liittyy terveysriskejä sekä eläimille (esim. tiinehtymisongelmat), kotieläintuottajalle (esim. homepölykeuhko) että kuluttajalle (esim. mykotoksiinit maidossa). Taloudellisista tappioista osa on hankalasti tilaolosuhteissa havaittavia (kuten eläinten hidastunut kasvu), kun taas pilaantuneen rehun erottelusta seuraava työllisiä ja haaskautunut rehu ovat helpommin havaittavia haittoja.

Haitallisten mikrobien kasvua voidaan estää orgaanisten happojen seoksilla. Erityisesti dissosioitumaton propionihappo on tunnettu hiivojen ja homeiden kasvun estäjä (Kung ym. 2003). Dissosioitumaton muurahaishappo puolestaan estää haitallisten bakteerien kasvua (McDonald ym. 1991).

Kosteahkon viljan (kosteus 16 - 30 %) murskesäilönnän hallintaan tarvitaan lisää tutkittua tietoa sekä havaintomateriaalia käytännön tilanteista. Kehitettävien menetelmien tulee olla helppoja, edullisia ja soveltuvia nykyisen kotieläintuotannon tehokkuusvaatimuksiin.

Aineisto ja menetelmät

Maatilamittakaavan säilöntäko

Täystuleentunut ohra (lajikkeet Justiina ja Triple) puitiin 10. - 12. elokuuta 2010 (Loimaa, Varsinais-Suomi). Jokainen viljakuorma punnittiin (2700 - 8300 kg) ja punnituksen jälkeen vilja murskattiin käyttäen Murska 1400 s2x2 valssimyllyä (Aimo Kortteen Konepaja, Ylivieska). Säilöntäainekäsittelyt annosteltiin viljaan murskauksen yhteydessä murskaimen sisällä ennen viljan pakkaamista tuubiin. Kunkin kuorman jälkeen säilöntäainemenekki mitattiin ja käsittelyn vaihtuminen merkittiin muovituubin ulkopintaan.

Säilöntäainekäsittelyt (Kemira Oyj, nykyisin Eastman Chemical Company) olivat AIV Ässä (590 muurahaishappo, 200 propionihappo, 45 ammoniumformiaatti, 25 bentsoehappo/sorbaatti ja 140 vesi g/kg) tai Propcorn NC (726 propionihappo, 214 ammoniumpropionaatti ja 60 vesi g/kg). Annostelutasot olivat 0, 3, 6 ja 9 l/t. Säilöntäaine annosteltiin joko Tuhti (taso 3 l/t) tai Elho Pro Flow 6000 -pumpulla (tasot 6 ja 9 l/t). Kustakin käsittelystä tehtiin vähintään kolme toistoa, joiden järjestys oli satunnaistettu. Viljatuubista otettiin näytteet joulukuussa 2010 näytekairalla. Näytteistä analysoitiin kuiva-aine, käymislaatu, mikrobiologinen laatu sekä aerobinen stabiilisuus.

Aerobisen stabiilisuuden määrittämistä varten punnittiin 800 g näytteet jotka laitettiin avoimessa muovipussissa 2.5 dm³ polystyreenilaatikkoon. Kunkin näytteen keskelle työnnettiin termoparikaapeli, joka oli kytketty dataloggeriin. Lämpötila rehunäytteissä sekä ympäröivässä tilassa tallennettiin 10 min välein 320 tunnin ajan. Kunkin näytteen aerobinen stabiilisuus katsottiin päättyneeksi, kun näyte oli mikrobien toiminnan vaikutuksesta lämmennyt yli 2 astetta ympäröivää tilaa lämpimämmäksi. Lisäksi kustakin viljanäytteestä tehtiin seosrehua sekoittamalla viljaa (400 g/kg ka) ja nurmisäilörehua (600 g/kg ka). Nurmisäilörehu oli sama kaikille viljanäytteille. Valmiin seosrehun kuiva-ainepitoisuus oli 390 g/kg. Seosrehun aerobinen stabiilisuus mitattiin samoin kuin viljanäytteistä, mutta näytekoko oli 500 g seosrehua. Tilastolliset testit tehtiin SAS-ohjelmiston GLM-proseduurilla, hyödyntäen varianssianalyysiä ja Tukeyn testiä. Annostelutason vaikutus testattiin lisäksi lineaarisilla kontrasteilla.

Säilöntäkoee laboratoriomittakaavassa

Edellisenä iltana (9.8.2014, Loimaa) puitua täystuleentunutta ohraa (Marthe) murskattiin maatilamittakaavassa käyttäen samaa Murska-myllyä kuin maatilamittakaavan kokeessa. Kahdesta kuiva-ainepitoisuudeltaan erilaisesta viljakuormasta kuljetettiin heti murskauksen jälkeen erät laboratorioon säilöntäkoetta varten. Raaka-aineesta määritettiin kuiva-aine ja mikrobiologinen laatu.

Säilöntäainekäsittelyt (Taulukko 1) sekoitettiin 5 kg eriin, joita tehtiin kolme rinnakkaista kuttakin säilöntäainekäsittelyä kohden. Kustakin 5 kg erästä täytettiin 3 kpl 1,7 litran tiivistekorkillisia lasipurkkeja eri mittastarkoituksia (a, b ja c) varten.

- a) Lyhyt (23-24 vrk) ilmatiivis säilöntäjakso ja 15 vrk aerobinen jakso. Lämpötila-anturi työnnettiin viljan sekaan heti purkkien täyttövaiheessa. Anturin läpiviennin vuoksi purkkien sulkemiseen käytettiin muovipussia ja teippiä. Lämpötilaa seurattiin ensin 23-24 vrk suljetuista purkkeista ja sen jälkeen kunkin purkin kansi avattiin ja lämpötilaseurantaa jatkettiin 15 vrk (aerobinen seurantajakso).
- b) Pitkä ilmatiivis säilöntäjakso (113 vrk, ei lämpötila-anturia), jonka jälkeen vilja sekoitettiin ja siitä määritettiin hiiva ja homepesäkkeiden määrät sekä pH.
- c) Pitkä ilmatiivis säilöntäjakso (113 vrk, ei lämpötila-anturia), jonka jälkeen purkit avattiin ja jokaiseen purkkiin työnnettiin lämpötila-anturi. Lämpötilaa seurattiin tämän jälkeen 41 vrk (aerobinen seurantajakso).

Lämpötilaseurannan tallennusväli oli 10 min. Siilot tyhjennettiin kunkin aerobisen seurantajakson jälkeen (a ja c) ja viljan homeutumisen määrä arvioitiin silmämääräisesti (Taulukko 1).

Analyysimenetelmät

Viljanäytteistä määritettiin kuiva-aine uunikuivauksella (korjaus haihtuvien komponenttien osalta tehtiin Huidan ym. 1986 mukaan) haihtuvat rasvahapot (Huhtanen ym. 1998), maitohappo- (Haacker ym. 1983) ja etanolipitoisuus (entsyymäattinen menetelmä, Cat No.981680, ja analysaattori Pro 981489 (KONE Instruments). Hiiva- ja homekasvustojen määrät mitattiin maljausmenetelmällä (Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol Agar medium, Difco 258710, johon oli lisätty okratetrasykliinihydrokloridia 50 µg/ml, 25°C, pesäkkeet laskettiin 5 vrk kuluttua). Aerobisten bakteerien kokonaismäärä määritettiin myös maljausmenetelmällä (Plate Count Agar, Difco 247940, 30°C, 3 vrk), kuten myös maitohappobakteerien (Lactobacilli MRS Broth, Difco 288130, Bacto Agar 15g/l, Difco 214010, 30 °C, 3 vrk) ja enterobakteerien (Violet Red Bile Glucose-medium, LAB088, Lab M Ltd, 37 °C, 1 vrk ja oxidase testi Merck 1.13300.0001 ja glukoosi-fermentaatio testi) määrät.

Tulokset

Maatilamittakaavan säilöntäkoee

Kokeeseen sisältyneen viljan puinti ja murskesäilöntä tuubiin jaksottuivat kolmen päivän ajalle. Tästä johtuen viljan kosteudessa oli jonkin verran vaihtelua (vaihteluväli 16,2 – 27,9 %, keskimäärin 22,3 %). Ennen säilöntää viljassa oli aerobisia bakteereita 8,4, hiivoja 6,3 ja homeita 6,0 log₁₀ pmy/g.

Näin kuivasta viljasta mitatut käymistuotteiden määrät olivat ruokintalaadun kannalta merkityksellömän pieniä, (alle 10 % määristä, joita nurmisäilörehusta tyypillisesti mitataan). Käymistuotteiden määrät kuitenkin kertovat viljassa tapahtuneesta mikrobitoiminnasta. Viljan kosteuden vaihtelu näkyi käymistuotteiden määrässä ilman säilöntäainekäsittelyä säilötyssä viljassa. Kahdessa kosteimmassa (kosteus 27,4 tai 27,9 %) ilman säilöntäainetta säilötyssä näytteessä oli hieman käymistuotteita (maitohappoa 2 - 6, etikkahappoa 2.7 – 3.2 ja etanolia 11 g/kg ka), kuivemmissä näytteissä (kosteus < 20 %) ei käymistuotteita juurikaan ollut (Kuvat 1-8). Säilöntäainekäsitellyissä viljanäytteissä käymistuotteiden pitoisuudet jäivät merkityksellömän pieniksi (maitohappoa ei havaittu, etikkahappoa < 1,4; etanolia < 6,8 g/kg ka). Säilöntäaineen annostelutaso vaikutti lineaarisesti viljan pH-arvoon (p < 0.001) ja AIV Ässä laski pH:ta enemmän kuin Propcorn NC vastaavalla annostustasolla. Osassa (14 % näytteistä) viljanäytteitä havaittiin korkeita (> 5,5 log₁₀ pmy/g) hiivapitoisuuksia, ja osassa (9 % näytteistä) myös homepitoisuudet olivat korkeat (> 6 log₁₀ pmy/g). Ilman säilöntäainetta säilötyssä viljassa oli kaikissa näytteissä aerobisia bakteereita yli miljoona pmy/g, kun taas säilöntäainekäsitellyistä näytteistä vain 11 % ylitti tuon bakteerimäärän. Ilman säilöntäainetta säilötty murskevilja, jossa hiivoja oli runsaasti, oli lämpenemisherkkää (aerobinen stabiilisuus oli alle 40 h). Muiden säilönnän jälkeisten viljanäytteiden aerobinen stabiilisuus oli hyvä (yli 200 h). Viljaan säilöntävaiheessa lisätty säilöntäaine

paransi seosrehun aerobista stabiilisuutta lineaarisesti (6.3 tuntia/l Propcorn NC:tä; 4.3 tuntia/l AIV Ässä), kun ilman ainetta säilöystä viljasta tehdyn seosrehun aerobinen stabiilisuus oli 90 tuntia.

Säilöntäkoelaboratoriomittakaavassa

Kokeessa säilötyt kaksi viljaerää olivat kosteudeltaan erilaiset. Ennen säilöntää otetuissa näytteissä kosteuspuitoisuudet raaka-aineessa olivat 19,0 ja 27,3 %, ja säilöntäjakson jälkeen keskimääräiset kosteudet olivat 18,4 ja 24,6 %. Kummassakin viljassa mikrobipitoisuudet ennen säilöntää olivat korkeat (kosteustasoilla 19,0 ja 27,3 % tässä järjestyksessä enterobakteereita 6,3 ja 7,1; aerobisia bakteereita 7,6 ja 7,9; maitohappobakteereita 4,3 ja 4,8; hiivoja 6,2 ja 6,1 ja homeita 4,6 ja 5,1 log₁₀ pmy/g).

Eri säilöntäainekäsittelyjen välillä havaittiin eroja lämpötilaseurannassa, mutta eroja ei pystytty esittämään stabiilisuuksina, sillä kahden asteen raja ei aina ylittynyt vaikka vilja homehtui selvästi. Ilman säilöntäainekäsittelyä säilöystä viljasta mitattiin noin asteen ympäristöä korkeampaa lämpötilaa lyhyen ilmatiiviin säilöntäjakson aikana (purkki a). Tämä havaittu lämmöntuotto suljetuissa siiloissa voi johtua joko siitä, että viljan seassa oli happea riittävästi homeille tai että johtuen lämpötila-anturin läpiviennistä siilot eivät olleetkaan täysin ilmatiiviitä. Tällainen vilja, joka oli lämmintä jo ennen siilon avaamista oli 15 vrk aerobisen seurantajakson jälkeen läpeensä homeessa (Taulukko 1). Vahvimmat happokäsittelyt (yli 12,5 mol dissosioitumatonta propionihappoa/t) pystyivät estämään viljan lämpenemisen ja homehtumisen kaikissa seurantatilanteissa.

Tulosten tarkastelu

Kummassakin kokeessa raaka-aineena käytetty vilja oli aistinvaraisesti hyvälaatuista, vaikka mikrobimäärät ennen säilöntää olivat huomattavan korkeat. Useiden tuntien tai jopa vuorokausien viive puinnin ja murskesäilönnän välillä on maatilamittakaavan toiminnassa tavallista mahdollistaen aerobisten mikrobien lisääntymisen jo ennen säilöntävaihetta.

Kokeiden tuloksista voidaan havaita, että ilman säilöntäainetta tällaisen puintikostean (kosteus 180 - 250 g/kg) viljan homehtumisen riski on ilmeinen joko ennen säilöntää, säilönnän aikana tai säilönnän jälkeen. Homehtumisen riskiä lisäävät mahdolliset ilmavuodot tai anaerobisen säilöntäjakson lyhyys. Nämä havainnot ovat linjassa Olstorpen ym. (2010) havaintojen kanssa. Propionihappoa sisältävillä säilöntäaineilla homehtumisen riskiä voidaan pienentää huomattavasti, ja samalla varmistaa, että vilja ei pilaannu myöskään syöttövaiheessa. Säilöntäaineen annostelutasoa on mahdollista säätää tiedossa olevien riskitekijöiden mukaan. Viljan säilönnässä käytetty happoseos toimii edelleen myös seosrehussa lämpenemisen estäjänä.

Johtopäätökset

Puintikosteassa (kosteus 16 - 28 %) viljassa kykenevät aerobiset mikrobit lisääntymään puinnin ja säilönnän välisen viiveen aikana. Ennen murskesäilöntää maatilamittakaavan viljanäytteistä mitattiin korkeita määriä hiivoja, homeita ja aerobisia bakteereita jo varsin lyhyen ajan (alle vrk) kuluttua puinnin jälkeen. Tällainen vilja on herkkää pilaantumaan ilman oikeanlaista säilöntää. Murskesäilöntään liittyvä viljan homehtuminen liittyy joko ilmavuotoihin säilönnän aikana, tai nopeaan homeiden kasvuun siilon avaamisen jälkeen. Laboratoriomittakaavan kokeessa viljan homehtumisen riskiä lisäsi, mikäli ilmatiivis säilöntäjakso jäi lyhyeksi tai jos kosteutta oli noin 25 %, mikä riitti homeiden kasvuun. Pilaantumisherkinä siilon avaamisen jälkeen oli näiden tekijöiden yhdistelmä (kosteus noin 25 % ja vain lyhyt ilmatiivis säilöntä). Vahvimmat säilöntäainekäsittelyt (vastaten yli 12,5 mol/t dissosioitumatonta propionihappoa) pystyivät pitämään myös tällaisen viljan stabiilina siilon avaamisen jälkeen.

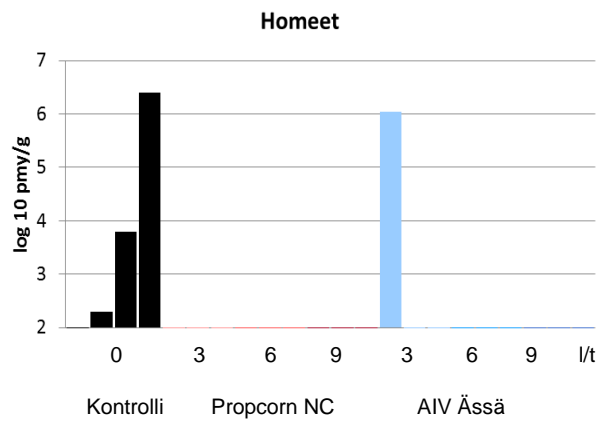
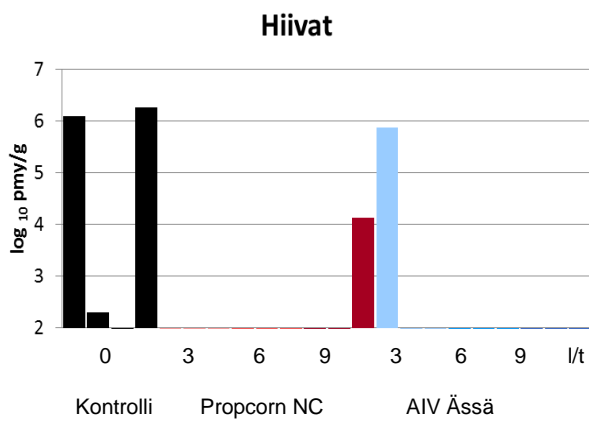
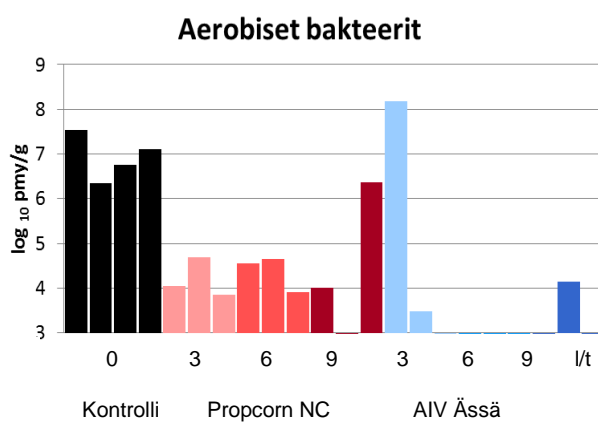
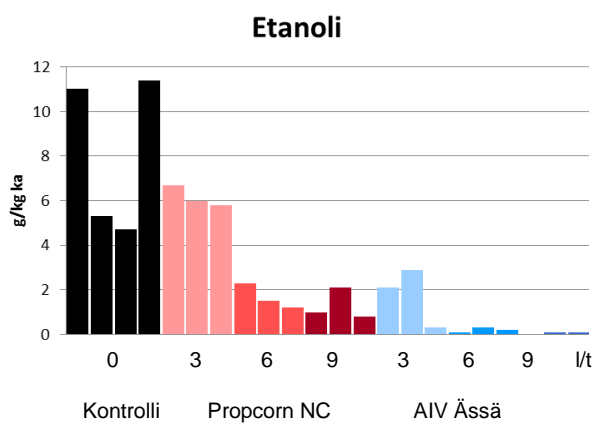
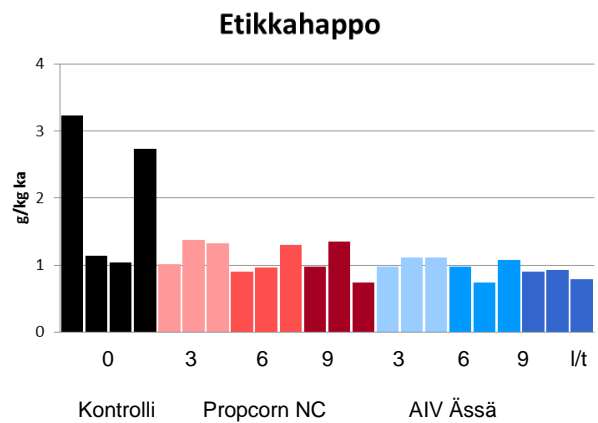
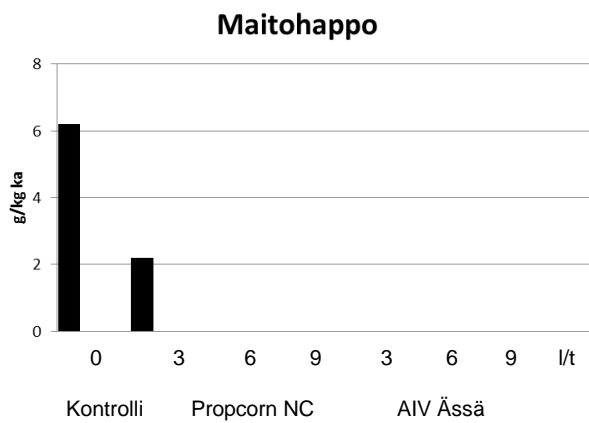
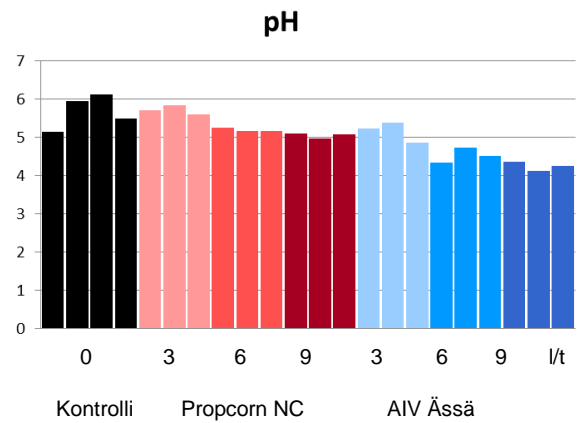
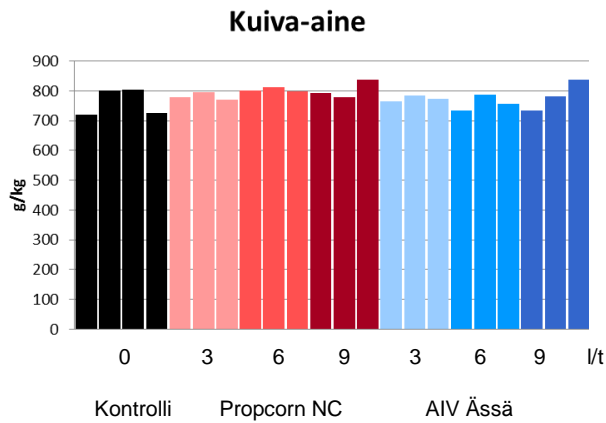
Maatilamittakaavassa toteutetussa tuubisäilönnässä säilöntäaika oli 120 vrk, ja kaikki AIV Ässä tai Propcorn NC –käsittelyt viljanäytteet olivat stabiileja (> 200 h). Kuitenkin myös maatilamittakaavan säilönnässä ilman säilöntäainetta säilötyt kosteammat viljakuormat olivat epästabiileja (< 40 h) ollen näin linjassa laboratoriomittakaavan tulosten kanssa. Viljan säilöntäainekäsittely paransi myös kyseisestä viljasta tehdyn seosrehun aerobista stabiilisuutta.

Näiden tulosten perusteella propionihappoon perustuvat säilöntäaineet voivat estää murskesäilötyt viljan homehtumista. Korkeampi annostelu on tarpeen viljan kosteuden ollessa noin 25 % kuin kosteuden ollessa vain noin 18 %. Annostelua on lisättävä myös, mikäli anaerobinen säilöntävaihe jää lyhyeksi siilon avaamisen tai mahdollisten ilmavuotojen vuoksi. Käytännön tiloilla esiintyvien ongel-

mien syiden ymmärtämiseksi ja annostelutasojen turvamarginaalien arvioimiseksi tarvitaan lisää maatilamittakaavassa toteutettuja tutkimuksia. Varautuminen vaihteleviin säilöntäolosuhteisiin voi tarkoittaa myös valmiutta vaihtaa annostelutasoa tai säilöntäainetta viljan kuiva-ainepitoisuuden mukaan.

Taulukko 1. Laboratoriomittakaavan säilöntäkokeen säilöntäainekäsittelyt ja laskennallinen dissosioitumattoman propionihapon määrä (huomioitu annostelutaso ja pH) ja viljan visuaalinen laatu (homeen määrä) kunkin seurantajakson jälkeen. Homehtumisen määrän selitykset: täysin = vilja on kauttaaltaan homeessa ja on käyttökelvotonta; osittain = vilja on osittain (33 – 50 %) homeessa; hieman = viljassa on homepesäkkeitä, joiden volyyymi on alle 33 % viljan kokonaismäärästä; vähän = enintään 3 homepesäkettä, joiden halkaisija on alle 5 cm; ei mitään = viljassa ei ollut silmämääräisesti havaittavaa homehtumista. Suluissa oleva numero ilmaisee rinnakkaisten havaintojen lukumäärän, joilla on sama tulos. Punaisen värin voimakkuus ruudussa visualisoi homehtumisen määrää käsittelyittäin.

Säilöntäaineseoksen komponentit	Annostelutaso l/t	Dissosioitumattoman propionihapon määrä mol/t	Kosteampi (kosteus 25-27%)		Kuivempi (kosteus 18-19 %)	
			24 vrk ilmatiivis + 15 vrk avoin	113 vrk ilmatiivis + 41 vrk avoin	24 vrk ilmatiivis + 15 vrk avoin	113 vrk ilmatiivis + 41 vrk avoin
Kontrolli käsittely ilman säilöntäainetta	0	0	täysin (3)	täysin (3)	täysin (3)	osittain (1) ei mitään (2)
Muurahaishappo, propionihappo, ammoniumformiaatti, natriumformiaatti, pinta-aktiivinen aine, vesi.	3	2,8	täysin (3)	täysin (3)	vähän (1) ei mitään (2)	ei mitään (3)
	5	8,5	täysin (3)	osittain (1) hieman (1) ei mitään (1)	ei mitään (3)	ei mitään (3)
Propionihappoa, ammoniumpropionaatti, natriumbentsoaatti, vesi	4	6,2	täysin (3)	täysin (3)	ei mitään (3)	ei mitään (3)
	6	8,4	osittain (3)	osittain (1) hieman (1) ei mitään (1)	ei mitään (3)	ei mitään (3)
	8	14,0	ei mitään (3)	ei mitään (3)	ei mitään (3)	ei mitään (3)
Propionihappo, ammoniumpropionaatti, vesi (pusku-roitu)	4	17,0	ei mitään (3)	ei mitään (3)	ei mitään (3)	ei mitään (3)
	6	35,3	ei mitään (3)	ei mitään (3)	ei mitään (3)	ei mitään (3)
Propionihappo, ammoniumpropionaatti, vesi	3	9,6	täysin (1) osittain (1) hieman (1)	osittain (1) ei mitään (2)	ei mitään (3)	ei mitään (3)
	6	35,8	-	-	ei mitään (3)	ei mitään (3)



Kuvat 1-8. Tuubikokeen viljanäytteiden analyysitulokset. Kukin pylväs kuvaa yhtä näytettä, joka edustaa yhtä viljakuormaa.

Kirjallisuus

- Jaakkola, S., Saarisalo, E. & Kangasniemi, R.** 2005. Ensiled high moisture barley or dry barley in the grass silage-based diet of dairy cows. In: edited by: R.S. Park, M.D. Stronge. Silage production and utilisation: Proceedings of the XIVth International Silage Conference, a satellite workshop of the XXth International Grassland Congress, July 2005, Belfast, Northern Ireland. Wageningen: Wageningen Academic Publishers. p. 184.
- Haacker, K., Block, H.J. & Weissbach, F.** 1983. Zur kolorimetrischen Milchsäurebestimmung in Silagen mit p-Hydroxydiphenyl. [On the colorimetric determination of lactic acid in silages with p-hydroxydiphenyl]. Archiv für Tierernährung, 33: 505-512.
- Huhtanen, P.J., Blauwikel, R. & Saastamoinen, I.** 1998. Effects of intraruminal infusions of propionate and butyrate with two different protein supplements on milk production and blood metabolites in dairy cows receiving grass silage based diet. Journal of the Science of Food and Agriculture 77: 213-222.
- Huida, L., Väätäinen, H. & Lampila, M.** 1986. Comparison of dry matter contents in grass silages as determined by oven drying and gas chromatographic water analysis. Annales Agriculturae Fenniae 25: 215-230.
- Kung L., Stokes M.R. & Lin C.J.** 2003. Silage Additives. In: Buxton, D.R., Muck, R.E., Harrison, J.H., (eds.) *Silage Science and Technology*. Agronomy Publication No 42, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin USA. pp. 305 - 360.
- McDonald P., Henderson A.R. and Heron S.J.E.** 1991. *The Biochemistry of Silage*. 2nd edition, Chalcombe Publications, Marlow, UK. 340 p. ISBN 0-948617-22-5.
- Olstorpe M., Schnurer J. & Passoth V.** 2010. Microbial changes during storage of moist crimped cereal barley grain under Swedish farm conditions. Anim. Feed Sci. Tech. 156, 37-46.
- Palva, R., Kirkkari, A-M. & Teräväinen, H.** (Eds.) 2005. Viljasadon käsittely ja käyttö: Viljan tuoresäilöntä. Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja 1012: Tieto tuottamaan 108.