

## Katsaus nurmipalkokasviaiheisista esityksistä XVI kansainvälisessä säilörehukongressissa Hämeenlinnassa

2. - 4. 7. 2012

Mikko Tuori

mikko.tuori@gmail.com

Kongressiesitelmät ovat löydettävissä osoitteessa:

[https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Artturi/artturi\\_web\\_service/xvi\\_international\\_silage\\_conference/ISC2012\\_Proceedings\\_5July2012.pdf](https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Artturi/artturi_web_service/xvi_international_silage_conference/ISC2012_Proceedings_5July2012.pdf)

[Suullisten esitysten materiaali osoitteessa:](https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Artturi/artturi_web_service/xvi_international_silage_conference/Presentations)

[https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Artturi/artturi\\_web\\_service/xvi\\_international\\_silage\\_conference/Presentations](https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Artturi/artturi_web_service/xvi_international_silage_conference/Presentations)

Säilörehututkimus Suomessa: säilöntäainnovaatioista lypsylehmien ruokinnan kehittämiseen

Huhtanen ym. esittivät laajan katsauksen säilörehututkimuksesta ja innovaatioista lypsylehmien ruokinnan kehittämiseen ym. A.I. Virtasen kehittämä happosäilöntämenetelmä perustui hänen esittämään periaatteeseen nopeaan säilörehun happamuuden lisäämiseen alle pH-arvon 4.0. Tämä rajoittaa kasvisolujen hengitystä, estää valkuaisaineiden ja vitamiinien hajoamista sekä klostridien kasvua. Eri kasvilajit vaativat eri määriä happoa, kuten palkokasvit vs. heinäkasperit, jotta tavoite pH saavutetaan. Virtanen käytti vahvojen epäorgaanisten happojen rikkihapon ja suolahapon seosta säilöntäaineena. Säilöntätutkimus Virtasen jälkeenkin on perustunut fermentaation kontrollointiin säilöntäaineilla. Tutkittiin epäorgaanisten ja orgaanisten happojen seoksia, formaldehydiä lisäämällä vähennettiin valkuaisen hajoamista, ja muurahaihappo tuli yleisimmin käytetyksi säilöntäaineeksi (mm. Lampila ja Ettala). Suomesta puuttuvat helposti säilöttävät kasvit kuten maissi ja runsaasti sokereita sisältävä englanninraiheinä. Meidän tärkeimmät kasvit nurminata ja timotei sisältävät suhteellisen vähän sokereita mikrobien fermentaatioon ja apiloiden suurempi valkuaispitoisuus ja puskurikapasiteetti lisäävät tarvittavan hapon määrää rehun pH-arvon alentamiseen. Happojen käytön suosio onkin perustunut säilöntätuloksen varmuuteen. Saksalainen prof. Weissbach on esittänyt säilörehun raaka-aineen kuiva-aine- ja sokeripitoisuuden sekä puskurikapasiteetin yhteyden rehun säilöttävyyteen ja klostridien kehitykseen ns. fermentaatiokerroimella. Ensiksimmäiset parantavat ja puskurikapasiteetti huonontaa säilöttävyyttä. Fermentaatiokerrointa voidaan käyttää kriteerinä valittaessa säilöntäaine fermentaatiota rajoittavien (happojen) ja maitohappoa tuottavien mikrobiympörien välillä.

Säilöntätutkimus ja teknologinen kehitys ovat kulkeneet käsi kädessä. Niittosilppuri oli suuri edistysaskel, joka suosi heikkojen happojen käyttöä vahvojen asemasta. Tarkkuussilppurit ja pyöröpaalaus tekivät mahdolliseksi rehun esikuivauksen ennen säilöntää, mikä taas edes auttoi maitohappobakteeriympörien käytön lisääntymistä. Näiden vaikutus fermentaatiotuotteisiin, valkuaisen hajoamistuotteisiin (amiinit) ja mikrobisidiset vaikutukset (klostridit) sekä fermentaatio siilon avaamisen jälkeen (aerobinen stabiilisuus) ovat

esimerkkejä tämän hetken tutkimuksen kohteista.

Huhtasen ym. esityksessä keskitytään laajasti säilörehujen sulavuustutkimusten hyödyntämiseen. Pässeillä suoritettujen erilaisten säilörehujen sulavuuskokeet muodostavat tietokannan, jota on käytetty hyväksi kehitettäessä *in vitro*-sulavuusmenetelmä (sellulaasiliukoisuus) ja edelleen sulavuuden määrittämisessä NIR-menetelmällä. Fermentaatiolaatuun on kehitetty elektromagneettinen titrausmenetelmä. Nämä kaksi viimeksimainittua on kehitetty ja käytössä Valion laboratoriossa.

Rehun sulavuutta on pyritty arvioimaan kemiallisen koostumuksen kuten kuitupitoisuuden perusteella. Raakakuitumääriä korvautuminen ND-kuidulla (NDF, non detergent fiber) on mahdollistanut tarkemman arvioinnin. Kun orgaanisesta aineesta (OM, g/ka KA) vähennetään NDF, saadaan kasvisolun liukoinen aine NDS (NDS = OM – NDF). NDS on ns. ideaalinen ravinnekokonaisuus, entiteetti, jonka sulavuus laajoissa pitoisuusrajoissa on vakio. Ns. Lucasin periaatteen mukaan laskettuna NDS:n todellinen sulavuus on lähellä yhtä. Sulavan orgaanisen aineen määrä voidaan siten laskea seuraavalla yhtälöllä:

$$\text{DOM (g/kg DM)} = \text{NDS} + \text{dNDF} - \text{M},$$

missä dNDF on sulavan NDF:n määrä ja M sonnan metabolinen aine (g/kg KA). M:n arvo on 100 g/kg KA. joten

$$\text{DOM (g/kg KA)} = 1.00 \times (\text{OM} - \text{NDF}) + \text{NDF} \times \text{NDFD} - 100,$$

missä NDFD on NDF:n sulavuus. Johtopäätöksenä voidaan vetää, että rehun sulavan orgaanisen aineen määrä (ja sulavuus) NDF:n ja sen sulavuuden funktio, joten päähuomio nurmirehujen rehuarvon arvioinnissa tulee kiinnittää NDF-fraktioon.

ND-kuitu voidaan jakaa täysin sulamattomaan (iNDF) ja potentiaalisesti sulavaan kuituun (pdNDF), mikä on NDF – iNDF. Sulavan orgaanisen aineen määrä (DOM, g/kg KA) voidaan laskea uudella yhtälöllä:

$$\text{DOM (g/kg KA)} = (\text{OM} - \text{NDF}) + \text{pdNDF} \times \text{pdNDFD} - 100,$$

missä OM-NDF kuvaa solun liukoista ainetta, jonka sulavuus 1.0, ja pdNDFD on pdNDF:n sulavuus, jonka arvo on keskimäärin 0.85.

#### Säilörehun laatu ja tuotosvaikutus

Sulavan orgaanisen määrä (= D-arvo) vaikuttaa eläimen rehun syöntiin ja tuotokseen. Säilörehun sulavuus on riippuvainen kasvin kehitys- eli kasvuasteesta. Nurmen ensimmäisen kasvun aika on nopean kehittymisen aikaa eli kasvi vanhenee nopeasti. Keskimäärin heinäkasvin sulavuus vähenee 0,55 %-yksikköä päivässä, kuiva-ainesadon samanaikaisesti suuretessa. Sulavuus lisää rehun syöntiä ja maitotuotosta: keskimäärin 0,027 ja 0,045 kg per g muutosta rehun D-arvossa (g/kg KA). Säilörehun laadun suhteellista vaikutusta syöntiin kuvaa säilörehun syönti-indeksi (SDMI), jossa on D-arvon lisäksi fermentaatiolaatu ja kuiva-ainepitoisuus.

Väkirehun määrän lisääminen on lisännyt EKM-tuotosta 0,48 kg per kg väkirehua. Toisaalta säilörehun sulavuuden paraneminen vaikuttaa ”väkirehua säästävästi” (sulavampi rehu – vähemmän väkirehua – sama tuotos). Vaikutus on ollut 0,81 kg väkirehun kuiva-ainetta per 10 g:n nousu säilörehun D-arvossa. Esimerkiksi jos päivän myöhästyminen säilörehun korjuussa huonontaa D-arvoa 5 g, tuotos laskee 0,22 kg

EKM/pv (5x0,045), kun ruokintaan ei tehdä muutosta. Jos halutaan tuotoksen pysyvän samana, väkirehua pitää lisätä 0,45 kg KA (0,22/0,48).

Johtopäätöksissä Huhtanen ym. esittävät taloudellisesti menestyvän lypsykarjan ruokinnan optimoinnin vaatimuksista seuraavaa:

- Hyvin toimiva rehuarvojärjestelmä
- Tarkka ja halpa tilan säilörehujen analysointi
- Kuiva-aineen syöntimallit yhdistettynä rehu- ja eläinrajoituksiin
- Estimointiyhtälöt puhdasravinteiden saannille ja rajatuotosvaikutuksille ravinteiden saannin vaihdellessa.

Näihin periaatteisiin perustuen Huhtanen ja Nousiainen (2012) ovat esittäneet maidontuotantoon tuotosmallit, jotka ovat käytössä käytännön ruokinnan suunnittelussa Suomessa.

Kongressissa pidettyjä muita, lähinnä palkokasveihin liittyviä esityksiä

#### Nurmipalkokasvilajit

Säilöntätutkimuksissa sinimailanen ja puna-apila olivat eniten tutkimuksissa esiintyneet nurmipalkokasvilajit. Keltamaitetta verrattiin sinimailasen kanssa yhdessä esityksessä lypsylehmillä (Broderick ym.). Eri kasviryhmien (heinät, nurmipalkokasvit, yrtit) kuitu- ja kivennäiskoostumusta verrattiin ensimmäisen sadon näytteistä, jossa aineisto oli kerätty Venäjän Etelä-Karjalasta (Kulakouskaya). Nurmipalkokasveista mukana olivat puna-, alsike- ja valkoapila, vuohenherne ja niittynätkelmä. Tuori ym.<sup>a, b</sup> kahdessa esityksessä säilöttiin eri palkokasveja (puna-apila, sinimailanen, vuohenherne, keltamaite) laboratoriosiiloissa. Tutkittavia faktoreita olivat kasvuaste, esikuivaus (25/40 %KA), säilöntäaine (kontrolli ilman säilöntäainetta, muurahaihappo, maitohappobakteeri (Ecosyl®) ja niiden vaikutus fermentaatiolaatuun ja kuiva-ainetappioon säilönnän aikana.

Etelä-Amerikasta ja Kiinasta oli useita esityksiä, joissa oli tutkittu sikäläisissä ilmastossa viihtyvien palkokasven säilöntää, joista mainittakoon Lablab (hyasinttipapu), Cajanus (pigeonpea), Vigna (cowpea), Astragalus (kurjenherne), Leucaena (ipil-ipil, lyijypuu), Canavalia (brasilian jackbean), Flemingia, Centrosema ja Stylosanthes (nurmipalkokasvi Brasiliassa, vastustuskykyinen anthracnose-sienitautia vastaan). Ei-palkokasveja olivat mm. Pennisetum (elefanttiruoho), Boehmeria (ramie, nokkoskasvi), Bothriochloa (nata-kasvi), Amaranthus (revonhätä), Cynodon (syn. Panicum, bermudagrass), Saccharum (sokeriruoko).

#### Säilönnän mikrobiologiaa

Säilöntäainetutkimus oli keskittynyt pääasiassa erilaisten maitohappobakteeriympörien vaikutusten selvittämiseen säilönnässä. Täysesityksen (plenary paper) säilönnän mikrobiologiasta piti Richard Muck, ja yhteenvedossa hän esitti tulevaisuuden tutkimustarpeita. PCR-pohjaiset tekniikat, joilla tutkitaan säilönnässä mikrobien ekologiaa, tulevat entistä tärkeämmiksi. Kun tähän asti on tutkittu säilöntää hyvissä olosuhteissa, jatkossa pitää kohdentaa pilalle menneiden säilörehujen mikrobien ekologiaan. Pääfermentaatiotuotteiden

analysoinnin lisäksi tarvitaan enemmän analysointia komponenteista, joiden pitoisuus on hyvin alhainen. Esim. jotkut ympit tuottavat vähäisiä määriä antimikrobisia yhdisteitä. Huolta ovat aiheuttaneet säilörehusta haihtuvat orgaaniset yhdisteet ja niiden vaikutus ympäristöön. Metabolomics on uusi menetelmä, jota on alettu käyttää maataloustutkimuksessa. Siinä PCR-tekniikalla analysoidaan esim. säilörehusta pienissä määrin esiintyviä hajoamistuotteita ja haitallisia yhdisteitä yhdistettyinä tavanomaisiin laatuanalyysihin. Tilastollisilla menetelmillä datavuorta voidaan prosessoida ja saada uutta tietoa, mitä tapahtuu silloin ja miten nämä prosessit vaikuttavat eläimiin ja ympäristöön.

#### Kasvilajin vaikutus säilönnässä

Nurmipalkokasvien säilöntää heinäkasveihin verrattuna vaikeuttavat pienempi sokeripitoisuus ja korkeampi puskurikapasiteetti. Irlannissa tehdyssä tutkimuksessa (King ym.) verrattiin puna-apilasta (0 kg N/ha) tehtyä säilörehua englannin raiheinästä (lannoitus 0 kg tai 125 kgN/ha) tehtyyn säilörehuun. Säilörehut valmistettiin laboratoriosiiloissa (6 kg) kustakin kasvusta ensi kasvun viideltä kasvuasteelta. Säilöntäaineesta ei ole mainintaa. Kaikkien säilörehujen, lukuun ottamatta 5. kasvuasteen puna-apilarehua, säilönnällinen laatu oli hyvä. Keskimäärin puna-apilasäilörehujen etanolipitoisuus oli pienempi kuin nurmiheinärehujen. Johtopäätöksissä tutkijat toteavat, että vaikka 125 kg N säilörehun laatu ei ollut huono eikä vaikuttanut kuiva-ainehävikkiin, on sen säilöntä kuitenkin haasteellista. Puna-apilan säilöntä oli vaikeampaa ja kuiva-ainetappiot suuremmat kuin kummallakaan raiheinällä. Säilöntä aikaisella kasvuasteella lisäsi kuiva-ainehävikkiä.

Davies ym. (Aberystwyth, Englanti) vertasivat eri kasvilajien säilöntää samalla maitohappobakteeriympillä tarkoituksena selvittää, sopiiko sama ympäri eri kasveille. Säilöttävät kasvit olivat sinimailanen, puna-apila ja englanninraiheinä. Käytetty säilöntäaine oli Alltechin Sill-All 4x4, joka sisälsi homofermentatiivisia maitohappobakteereja sekä neljä eri entsyymiä. Kasvustot niitettiin tarkkuussilppurilla, esikuivattiin yli yön ja säilöttiin laboratoriosiiloihin (1,5 l). Kuiva-ainepitoisuus säilöttäessä oli matala, 157, 122 ja 262 g KA/kg sinimailaselle, puna-apilalle ja englanninraiheinälle. Monet fermentaatiolaatua kuvaavat parametrit paranivat ympin käytöllä (esim. pH 6,18-3,99; 3,83-3,60; 3,62-3,45 kontrolli/ympäri em. kasveilla). Myös ammoniakki-N väheni, vaikkakin se sinimailasella myös ymppirehussa jäi korkeaksi (231-158 g/kgKA). Säilöntäaineen käyttö vähensi kuiva-ainetappioita säilönnän aikana: 17,08-8,00; 17,51-12,28; 4,19-2,42 % % kuiva-aineesta ilman ja säilöntäaineen kanssa vastaavasti eri kasveilla. Tutkijoiden johtopäätös oli, että tutkittu säilöntäaine sopii myös eri kasvilajeille eikä ole tarvetta tehdä kasvikohtaisia formulointeja.

Samoin Janatkauskas ym.<sup>a</sup> esittivät johtopäätöksinään, että tutkimuksessa ollut maitohappobakteeriseos oli lupaava säilöntäaine sekä nurmiheinä- ja heinä-palkonurmiseokselle sekä maissille. Kyseinen ympärioseos sisälsi seuraavat lajit: *Enterococcus faecium* NCIMB, 1181/DSM 22502, *Lactococcus lactis* NCIMB 30117 ja *Lactobacillus plantarum* SM 16568. Säilönnässä seos kiihdytti maitohappofermentaation alkua, vähensi valkuaisen hajoamista ja kuiva-ainetappiota. Puna-apila-nurmiheinä -seoksessa maitohappobakteeriseos yhdessä ksylanaasin kanssa tuotti vastaavasti hyvälaatuisia säilörehua ja vähensi kuiva-ainetappiota.

Tuorin ym. tutkimuksessa sinimailanen ja vuohenherne olivat puna-apilaa vaikeampia säilöä nuppuasteella

maitohappobakteeria käyttäen. Tällöin molemmilla esikuivaustasoilla (25/40 % KA) sinimailas- ja vuohenhernerehun ammoniakki-N -pitoisuus oli korkea (220/151 ja 114/123 g/kg N), ja säilönnällinen laatu (DLG) huono. Puna-apilarehussa ammoniakki-N oli vastaavasti 128/91 g ja laatu huono/erittäin hyvä nuppuasteen kahdella esikuivaustasolla. Kukintavaiheessa sinimailasen ja vuohenherneen ammoniakki-N oli edelleen korkea (esikuivaus 25%) ja vasta esikuivattaessa 40 %:iin em. kolmen säilörehun laatu oli moitteeton maitohappobakteerilla säilöttynä. Keltamaitteen säilönnällinen laatu oli koko ajan erittäin hyvä ja ammoniakki-N matala. Muurahaishapolla saatiin hyvälaatuisia rehua kaikista kasveista myös nuppuasteen alemmalla esikuivaustasolla.

Sinimailasen säilöntäominaisuuksien parantamista tutkittiin Kiinassa (Huili Wang ym.) säilömällä sinimailasta yhdessä rehukattaran kanssa (*Bromus inermis*, rehu- eli idänkattara). Paras fermentaatiolaatu saatiin sinimailas-kattara -suhteilla 0:100 ja 25:75, ja kattaran osuuden lisääminen nurmessa on potentiaalinen tapa parantaa sinimailassäilörehun säilönnällistä laatua. Myös maissi sinimailasen kanssa paransi säilönnällistä laatua (Lin Wang ym. Sisä-Mongoliassa, Kiinassa). Samoin Sisä-Mongoliassa Feng ym. säilöi maissin kanssa kurjenhernettä (*Astragalus adsurgens* Pall . Tällöin tavoitteena oli täydentää kurjenherneen matalaa metioniinipitoisuutta säilörehussa. Kurjenherneen metioniinipitoisuus on matala, tässä tutkimuksessa sen pitoisuus oli 0.0197% kun se maissilla oli 0,0443 % kuiva-aineessa. (Kirjoittajan lisäys: Pohjois-Amerikassa *Astragalus cicer*, cicer milkvetch käytetään laidunkasvina, joka ei aiheuta puhaltumista).

#### Raaka-ainekoostumuksen yhteys fermentaatiolaatuun

Ruotsissa (Kasmaei ym.) tutkittiin laajaa säilörehukoeaineistoa askeltavalla regressioanalyysillä. Kasvilajin perusteella aineisto jaettiin kahteen osaan: nurmiheinä-, nurmipalkokasvit ja niiden seokset (n=52) ja toiseen ryhmään maissisäilörehut (n=60). Yleisesti ottaen yhteys oli heikko. Nurmisäilörehujen etikahappopitoisuuden ( $r^2= 0,626$ ) merkitseviä selittäjiä olivat kuiva-ainepitoisuus (negatiivinen) sekä kasvuston maitohappobakteeripitoisuus ja raakavalkuaispitoisuus, molemmat positiivisia. Maissisäilörehun maitohappopitoisuuden selittäjiä olivat raakavalkuais- ja tuhkapitoisuus (positiivisia) sekä kuiva-ainepitoisuus (negatiivinen). Selitysaste oli 0,744.

#### Fermentaatio säilönnän aikana

Fermentaatiolaatua kuvaavat pH, maitohappopitoisuus, sokerien eli liukoisten hiilihydraattien pitoisuus, haihtuvien rasvahappojen pitoisuus sekä etanolipitoisuus ja ammoniakkitypen osuus kokonaistypestä. Tärkeimmät haihtuvat rasvahapot ovat etikka-, propioni- ja voihapo,. Nadeau ym.<sup>b</sup> Ruotsista säilöivät nurmiheinä-apila-sinimailas -kasvustoa maitohappobakteeri- ja kemiallisella säilöntäaineella (Kofasil Life ja Kofasil Ultra K). Fermentaatiotuotteita seurattiin 5, 10, 30 ja 125 kuluttua säilönnästä. Kofasil Life -rehujen happamuus ja maitohappopitoisuus oli suurempi kuin kontrollirehun. Kofasil Ultra K -rehun maitohappopitoisuus pysyi kontrollirehua merkitsevästi alempana koko seuranta-ajan lukuunottamatta 30 pv säilönnästä. Kuitenkaan 125 pv säilönnästä pH-arvossa ei ollut eroa eri käsittelyjen välillä. Seuranta-aikana keskimääräinen maitohappopitoisuus lisääntyi 30 päivään asti aiheuttaen samanaikaisen pH:n laskun. Ammoniakkitypen osuus lisääntyi koko seuranta-ajan 125 päivään asti.

Tyrolova ym. seurasivat säilöntäaineiden vaikutusta säilörehun maitohappobakteerien (LAB) määrään säilönnän aikana sinimaillassäilörehussa. Käsittelyt olivat kontrolli (ilman säilöntäainetta), LAB-ryhmä (*Lactobacillus paracasei*, *Lactobacillus plantarum* ja *Pediococcus pentosaceus*  $3 \times 10^5$  cfu/g rehua), ja kemiallinen säilöntäaine (muurahaishappopohjainen + bentsoehappo). Esikuivaus lisäsi LAB-määrää tuoreeseen kasvustoon verrattuna. Säilönnän alusta (2 pv) LAB-määrä suureni 10 päivään asti, ja LAB-rehussa nousu oli nopeampaa kuin kontrollirehussa. LAB määrä oli laskenut kaikissa ryhmissä 90 päivää säilönnän jälkeen, ja oli alin LAB-rehussa, ja happosäilörehun pH oli tällöin alempi kuin kontrolli- tai LAB-rehun.

Maitohappobakteeriympit tuottavat maitohappoa, jolloin pH laskee ja haitallisten valkuaisista hajottavien mikrobien kasvu hidastuu. Korketuottoisilla lypsylehmillä runsaalla väkirehuruokinnalla tärkeilyn fermentoinnissa muodostuu pötsissä maitohappoa, mikä voi johtaa asidoosiin. Davies pohti säilönnässä tuotetun maitohapon osuutta säilörehun happamuuteen eli pH-arvoon. Etenkin runsaasti valkuaisista sisältäviä nurmipalkokasveja säilöittäessä muodostuu erilaisia pH:a puskuroivia valkuaisen hajoamistuotteita. Tällöin saman pH-arvon saavuttamiseen tarvitaan enemmän happoa kuin vähemmän valkuaisista sisältävien kasvien. Erilaisilla kasvilajeilla ja säilöntäaineilla tehtyihin säilöntäkokeisiin perustuen hän totesi, että säilörehun pH-arvon selitysaste ammoniakki-N:n kanssa (0,88) oli paljon suurempi kuin maitohappopitoisuuden kanssa (0,64). Lopuksi esitetään kysymys, onko hyvälaatuisen säilörehun matala pH positiivinen vai negatiivinen pötsin terveydelle ja sitä kautta eläimen hyvinvoinnille.

#### Vaikutus valkuaisen laatuun

Säilönnän aikana proteolyttiset entsyymit hajottavat valkuaisaineita muodostaen erilaisia NPN-yhdisteitä kuten vapaita aminohappoja sekä edelleen erilaisia hajoamistuotteita kuten biogeenisiä amiineja ja lopulta ammoniakkeja. Guo ym. (Lanzhoun yliopisto, Kiina) tutkivat sinimailasan valkuaisista hajottavia entsyymejä. Endopeptidaasit jaettiin neljään ryhmään (seriini-, metalli-, asparagiinihappo- ja kysteiinipeptidaasi). Eksopeptidaasit jaettiin viiteen ryhmään (aminopeptidaasi, karboksypeptidaasi, dipeptidaasi, dipeptidylpeptidaasi ja tripeptidylpeptidaasi). Aiemmin endopeptidaaseja on pidetty tärkeimpinä valkuaisista hajottavina entsyymeinä, mutta Guo ym. mukaan sekä endo- että eksopeptidaasit ovat yhtäläisiä NPN:n muodostuksessa sinimailasan säilönnän aikana.

Valkuaisen hajoamistuotteista amiinit ovat haitallisia, koska ne vähentävät rehun maittavuutta, ja suurina määrinä ovat yhteydessä mm. asetonitautiin. Kongressissa oli useita esityksiä, joissa tutkittiin eri säilöntäaineiden, lähinnä bakteeriympien, vaikutusta amiinien muodostumiseen. Pieper ym. Saksassa säilöivät erilaisia kasveja (sinimailanen, karheanurmikka (*Poa trivialis* L, pehmytmesiheinä (*Holcus mollis* L.), englanninraiheinä, puna-apila) eri kasvuasteilla laboratoriosiloissa (1,5 l), ja määrittivät valmiista rehuista valkuaisen hajoamistuotteita. Kontrollin (ilman säilöntäainetta) lisäksi säilönnässä käytetyt säilöntäaineet olivat: maitohappobakteerit (LAB, *L. plantarum* DSMZ 8862 ja 8866), Na-formiaatti, LAB+Na-form., LAB+melassi sekä kemiallinen säilöntäaine Kofasil liquid. Ennen säilöntää silputtuun kasvimateriaaliin sekoitettiin lantaa klostridi-itiöiden lisäämiseksi rehuun. Johtopäätöksiä kokeesta: rehun matala NH<sub>3</sub>-N (<7

%) oli useimmiten osoitus matalasta amiinien pitoisuudesta (<5 g/kg KA). Yhdistelmä LAB+Na-formiaatti (*Lactobacillus plantarum* DSMZ

8862 ja 8866 sekä puskuroitu muurahaishappo) vähensi eniten fermentaatiotappioita, biogeenisiä amiineja, NH<sub>3</sub>-N:ä ja klostridi-itiöitä.

Weisjberg ym. Tanskassa tutkivat eri kasvilajeista tehtyjen säilörehujen valkuaisen hajoamistuotteita NH<sub>3</sub>-N:ä ja amiineja säilömällä kasveja vakuumpusseissa ilman säilöntäainetta. Englanninraiheinä ja rainata saivat lannoite-N:ä eri määriä, valkoapila, puna-apila ja sinimailanen kasvoivat ilman N-lannoitusta. Kasvit säilöttiin ensimmäisen kasvun ja toisen jälkikasvun kolmella kasvuasteella. Amiineista määritettiin putreskiini, tyramiini, kadaveriini, histamiini ja tryptamiini. Keskimäärin valmiissa säilörehussa amiinien pitoisuus (amiini-N, % kok.N:stä) vaihteli 1,5 %:sta (puna-apila) 4,5 %:iin (sinimailanen). Esikuivaus 25 %:sta 31 %:iin vähensi amiinityypen osuutta kokonaistypestä 27, 37, 41, 50 ja 56 % raiheinällä, rainadalla, valkoapilalla, puna-apilalla ja sinimailasella. Tämä on osoitus esikuivauksen merkityksestä valkuaisen hajoamiseen nurmipalkokasveilla. Tämä korostuu sinimailasella, jonka amiinipitoisuus eri kasveista oli suurin. Lisäksi tutkijat toteavat, että ammonium-N ei ole hyvä ennustaja amiinien määrälle verrattaessa eri säilöntäteknologioita.

Puolassa Purwin ym.<sup>a</sup> tutkivat pyöröpaalirehun tiivyyden vaikutusta valkuaisen hajoamistuotteisiin. Puna-apilaa, sinimailasta ja punanataa paalattiin kahdella pyöröpaalaimella joko ilman säilöntäainetta tai muurahaishappoa käyttäen. Säilörehuista määritettiin proteiini-N, puskuriliukoinen-N (BSN), puskuriliukoinen proteiini-N (BSPN), ei-proteiini-puskuriliukoinen N (NPBSN), vapaat aminohapot (free AA-N), happodetergenttiin liukenematon N (ADIN) sekä biogeeniset amiinit histamiini, tyramiini, kadaveriini ja putreskiini. Sinimailassäilörehu sisälsi eniten amiineja (297 mg/kg KA), puna-apila 192 g ja punanata 170 g. Paalin tiheydellä oli suurempi vaikutus säilörehujen typpifraktioiden koostumukseen kuin muurahaishapolla. Puskuriliukoisen tyypin osuus väheni kun paalin tiheyttä lisättiin, muurahaishapolla ei ollut vaikutusta. Muurahaishappo vähensi amiinien määrää merkitsevästi (110 vs 329 mg /kg N), paalauksella vaikutus ei ollut merkitsevä (184 vs 255 g/kg KA)

Suuri osa säilörehun NPN:stä on vapaina aminohappoina, joita muodostuu jo esikuivauksen aikana sekä säilönnän aikana proteaasien hajottaessa valkuaisaineita. Toisessa esityksessä Purwin ym.<sup>b</sup> tutkivat puna-apilan, sinimailasen ja punanadan vapaiden aminohappojen muodostusta esikuivauksen ja säilönnän aikana. Tuoreessa kasvustossa ennen esikuivausta vapaiden aminohappojen osuus oli suurin puna-apilalla (35,6 g/kg N), sinimailasella 24,9 g ja puna-nadalla 19,7 g. Esikuivauksen jälkeen vapaiden aminohappojen osuus oli suurentunut: 46,6; 60,1 ja 27,0 g/kg N vastaavasti eri kasveilla, ja säilörehuissa vastaavat osudet olivat 60,7; 108 ja 100 g/kg N. Punanadalla vapaiden aminohappojen osuus lisääntyi pääasiassa säilönnän aikana. Puna-apilalla ja sinimailasella vapaita aminohappoja muodostui sekä esikuivauksen että säilönnän aikana. Säilörehussa sinimailasen ja punanadan aminohapoista proliini, valiini, isoleusiini, leusiini ja lysiini olivat eniten vapaina aminohappoina. Kaikilla kasveilla kystiini, metioniini, histidiini ja arginiini olivat vähiten vapaina aminohappoina.

Ruotsissa Nadeau ym.<sup>a</sup> tutkivat esikuivauksen ja eri pituisten säilöntäaikojen vaikutusta valkuaisfraktioihin. Säilöttävä nurmi oli heinäkasvi-puna-apila-sinimailasseos (77-18-5), ja säilöttiin käyttäen säilöntäaineena Kofasil Life ja Kofasil Ultra K. Kontrolli säilöttiin ilman säilöntäainetta. Rehuvalkuainen fraktioitiin Cornellin

nettoproteiini- ja hiilihydraattisysteemin mukaan. Rehun ohitusvalkuainen (EDP8) laskettiin regressioyhtälöllä Cornellin valkuaisfraktioista käyttäen 8 %:n virtausvakiota. Esikuivaus lisäsi ei-proteiinityypen (NPN), neutraalidetergentti-liukoisen valkuaisen (NDSP) ja happodetergentti-liukoisen valkuaisen osuutta sekä vähensi puskuriliukoisen valkuaisen (BSP) osuutta raakavalkuaisesta, jolloin esikuivatun rehun UDP8 suureni (350 g vs 292 g/kg RV). Säilönnän aikana (kontrolli ilman säilöntäainetta) NPN:n osuus suureni ja BSP:n ja NDSP:n osuus väheni, jolloin UDP8 pieneni (210g/kg RV). Säilöntäaineiden käyttö lisäsi UDP8:n osuutta 11 % vähentämällä NPN:n osuutta ja lisäämällä NDSP:n osuutta. Johtopäätöksenä tutkijat toteavat, että esikuivaus parantaa tuoreen nurmirehun valkuaisen laatua lisäämällä UDP8:n osuutta, mutta säilöntä huonontaa. Säilöntäaineiden käyttö tuntui lisäävän UDP8:ä, ja tutkitut Kofasil Life ja Kofasil Ultra K olivat saman arvoiset. Käsittelyt eivät vaikuttaneet ADIP:n (happodetergenttiin liukenematon valkuainen) osuuteen.

#### Vaikutus aerobiseen stabiilisuuteen

Kun säilörehusäiliö avataan, rehu joutuu kosketuksiin ilman kanssa. Tällöin alkaa sekundäärinen fermentaatio, missä rehun fermentoitumatta jäänyt sokeri sekä orgaaniset hapot ovat hiivojen ja homeiden ravintoa ja tuloksena on rehun homehtumista ja jopa toksisia yhdisteitä. Tunnetuin jälkikäymistä rajoittava mikrobi on heterofermentatiivinen maitohappobakteeri *Lactobacillus buchneri*, joka fermentoinnissa tuottaa etikkahapoa rajoittaen hiivojen ja homeiden kasvua säilörehussa. *L. buchneri* oli yleensä muita maitohappobakteereja parempi ja nämä ilman säilöntäainetta olevaa kontrollia parempi (Hindrichsen ym., Jatkauskas ym.<sup>b</sup>, Wambacq ym.). Königin ym. kahdessa kokeessa timotei-nurminatarehulla *L. buchneri* ei kuitenkaan parantanut aerobista stabiilisuutta ilman säilöntäainetta olevaan kontrolliin verrattuna.

#### Maitohappobakteeriympien inhiboiva vaikutus mikrobeihin ja haitta-aineisiin

Liettuassa Hindrichsen ym. tutkivat viiden eri maitohappobakteerikannan vaikutusta hapen pelkistymiseen, patogeenien, hiivojen ja homeiden kasvuun käyttäen keinotekoista säilörehua. Aerobinen stabiilisuus määritettiin puna-apila-raiheinä -säilörehulla (70:30) mittaamalla lämpötilan nousu 160 tunnin ajan siilon avaamisesta. *Lactococcus lactis* DSM 11037 oli ylivoimainen hapen poistamisessa, ja *L. lactis* NCIMB 30117 oli testatuista ainoa ymppilaji, joka inhiboi klostridien kasvua, mikä johtuu ympin tuottamasta Z-nisiinistä. Hiivojen ja homeiden kasvua tehokkaimmin rajoittivat *Lactobacillus plantarum* DSM 16568 and *Lactobacillus buchneri* DSM 22501. Viimeksi mainittu alensi pH:a hitaimmin, mutta paransi aerobista stabiilisuutta enemmän kuin muut maitohappobakteeriympit.

Monet lämpimän ilmaston palkokasvit sisältävät eläimille haitallisia yhdisteitä. *Leucaena leucocephala* (ipil-ipil, lead tree, lyijypuu) on valkuaisrikas pensas/puu, joka kuitenkin sisältää toksista aminohappoa mimosiinia sekä valkuaisen hajoavuutta ja sulavuutta rajoittavaa tanniinia. Kiinassa Zhang ym. säilöivät *Leucaena* (CP 25,7 %, WSC 3,7 %, mimosiini 5 % ja tanniinit 1,3 % kuiva-aineessa) maitohappobakteeriympillä (LAB), sakkaroosilla tai molempien seoksella. Sakkaroosi ja LAB+sakkaroosi vähensivät eniten mimosiinia ja tanniineja 90 pv:n säilönnän aikana (%): mimosiinia 25,5; 30,7; 49,0; 48,0 sekä tanniineja 40,0; 42,3; 52,4 ja 54,7 % (kontrolli ilman säilöntäainetta, LAB, sakkaroosi, LAB+sakkaroosi)

#### Polyfenolioksidaasin vaikutus lipolyysiin ja valkuaisen hajoamiseen



Puna-apilan sisältämä polyfenolioksidaasi (PPO) ja o-difenolit rajoittavat valkuaisen hajoamista säilönnän aikana, mikä ilmenee pienempänä ammoniakki-N:n osuutena verrattuna esim. heinäkasvisäilörehuihin. Puna-apila vähentää myös lipolyttistä aktiivisuutta, mistä johtuen mm. apilaruokinnalla maidon linoleenihapon (18:3n-3) pitoisuus on suurempi kuin heinäkasvisäilörehuruokinnalla. Koivunen ym. tutkivat kasvilajin (puna-apila vs. timotei-nurminata, TN), kasvuasteen ja muurahaishappotason (0-2-4-6 l/tn) säilörehun rasvahappojen lipolyysiin. Puna-apilakasvuston linoleenihapon pitoisuus oli suurempi ruohon. Linoleenihapon ja esteröityjen rasvahappojen kokonaismäärä (TEL) pieneni kasvin vanhetessa. Säilöntä vähensi linoleenihapon pitoisuutta puna-apilarehussa, mutta TN-rehussa vain marginaalisesti. Muurahaishappo vähensi nettolipolyysiä puna-apilarehussa, mutta TN-rehussa lipolyysi lisääntyi.

Ruotsissa Knicky ym. tutkivat esikuivauksen ja säilönnän vaikutusta eri kasvilajien rasvahappokoostumukseen. Säilöntä vähensi linoleenihapon osuutta puna-apilassa, valkoapilassa, keltamaitteessa, nurminadassa, mutta ei ruokonadassa tai timoteissa. Säilönnän vaikutusta pystykurjenherneen (*Astragalus adsurgens*) ja englanninraiheinän ja niiden seosten rasvahappokoostumukseen tutkivat Xueying ja Zhu Kiinassa. Kurjenherneen C 16:0 osuus lisääntyi säilöittäessä. Raiheinä sisälsi enemmän linoli- ja linoleenihappoja kuin kurjenherne.

Puna-apilasäilörehun lipolyysiä rajoittava mekanismia pötsissä tutkivat Halmemies-Beauchet-Filleau ym. Puna-apila ei vaikuttanut pötsin lipidifraktioissa rasvahappojen suhteelliseen jakaumaan, mutta lisäsi huomattavasti linolihiapon (18:2n-6) ja linoleenihapon virtausta pötsistä satakertaan timotei-nurminata säilörehuun (TN) verrattuna sekä muutti maidon rasvahappokoostumusta TN-säilörehuun verrattuna. Tämä selittyy suurimmaksi osaksi eroista tyydyttymättömien rasvahappojen lipolyysissä ja biohydrogenaatiossa. Kuitenkaan nämä erot puna-apila- ja TN-säilörehun välillä eivät johtuneet eroista PPO-aktiivisuuden vaikutuksesta lipolyysiin, vaan todennäköisesti yhdistelmän lipidi + suojattu proteiinimatriisi osuudesta pötsin sulatuskinetiikkaan ja partikkelivirtaukseen pötsistä.

Heinäkasveista rehukattara (*Bromus inermis*) ja koiranheinä (*Dactylis glomerata*) sisältävät merkittäviä määriä PPO:a, mutta niiden o-difenolipitoisuus on vähäinen. Ruokonata ja timotei sisältävät o-difenoleja, ja säilöimällä näitä kasveja seoksena voitaisiin vähentää valkuaisen hajoamista. Marita ym. tutkivat ko. kasviseoksista tehtyjä säilörehuja karitsoilla, ja tyypitaseella määritetty säilörehun metabolisen valkuaisen määrä suureni yhdistämällä PPO:a ja o-difenoleja sisältäviä kasveja.

Nurmipalkokasvisäilörehut maidon- ja lihantuotannossa

Richard Dewhurst täysesityksessä (plenary paper) toteaa nurmipalkokasvisäilörehujen suuren tuotantopotentiaalin, joista erikseen mainitsee valkoapilan, puna-apilan ja sinimailasen. Hän kävi läpi säilörehut alkaen kasvilajeista päätyen maidon laatuun ja ympäristövaikutuksiin. Puna-apilan kasvurytmi verrattuna heinäkasviin on hitaampi: raakavalkuaispitoisuus ja sulavuus vähenevät ja kuitupitoisuus suurenee hitaammin kasvin vanhentuessa verrattuna heinäkasviin. Rehun syönti yleensä lisääntyy korvattaessa nurmisäilörehua puna-apilasäilörehulla, samoin maitotuotos, mutta rasva- ja

valkuaispitoisuus alenevat. Puna-apilasäilörehun fermentaatio pötsissä ja rehupartikkelien hajoaminen ja virtaus pötsistä satakertaan nopeampaa. Typen hyväksikäyttö on myös parempi nurmisäilörehuun verrattuna. Sinimaillassäilörehu on puna-apilasäilörehua tehokkaampi maidontuotannossa, mutta typen hyväksikäytössä yleensä heikompi. Puna-apila lisää maidon monityydyttymättömien rasvahappojen osuutta ja erityisesti linoleenihappopitoisuutta heinäkasvirehuun verrattuna. Dewhurst käsitteli myös puna-apilan vaikutusta maidon aistinvaraiseen laatuun. Joissakin tutkimuksissa puna-apilaruokinta on vaikuttanut mm. maidon väriin (vaaleampaa) ja rakenteeseen (juoksevampaa) ja poikkeavuutta organoleptiseen laatuun. Puna-apila sisältää runsaasti fyto- eli kasviestrogeeneja kuten isoflavoneja ja flavonoideja, joilla saattaa olla ihmiselle terveysvaikutuksia

Tulevaisuuden tutkimustarpeista Dewhurst mainitsee seuraavat:

- Palkokasvirehujen syötiin vaikuttavat tekijät kuten kasvuaste ja fermentaatiolaatu
- Nurmisäilörehujen virtausnopeus pötsistä
- Nurmipalkokasvisäilörehujen vaikutus maidon fysikaalisiin ja organoleptisiin ominaisuuksiin
- Kuiva-aine- ja N- saantien erillisen vaikutuksen ymmärtäminen typen hyväksikäyttöön
- Palkokasvi- ja maissisäilörehujen ja niiden seosten vaikutus metaanin tuotantoon

Ursula Hymes-Fechtin ym. esityksessä puna-apilasäilörehu tuotti merkitsevästi vähemmän maitoa kuin sinimaillassäilörehu (26,4 vs 30,5 kg/d), johtuen erosta rehunsyönnissä (19,7 vs. 23,0 kg KA/d). Maidon ureapitoisuus oli puna-apilaryhmässä pienempi (15,0 vs. 14,5 mg/100ml, p=0,02). Tutkijat odottivat NPN-analyysijä, jotka voisivat vahvistaa puna-apilaryhmän tehokkaamman mikrobivalkuaisyynteesin. Edelleen tutkijat toteavat kokeen tulosten vahvistavan heidän hypoteesiaan, että sinimailanen yleensä suosii tuotosta, mutta typen hyväksikäyttö on parempi puna-apilalla.

Muck ym. <sup>a</sup> vertasivat sinimaillassäilörehuja säilöttynä joko ilman säilöntäainetta tai maitohappobakteeriympillä (Ecosyl). Taustalla oli *in vitro* -tulos, jossa ymppe paransi mikrobivalkuaisyynteesiä pötsissä. Ymppeiryhmä söi säilörehua hieman enemmän, ja maitotuotos oli parempi (40,4 vs. 39,6 kg/d). Maidontuotannon tehokkuudessa ei ollut eroa, maidon valkuaispitoisuus oli alempi, valkuaisuutoksessa ei eroa, mutta maidon ureapitoisuus oli ymppeiryhmässä pienempi. Tämä oli viite, että ymppeiryhmässä muutettiin enemmän rehuvalkuaista mikrobivalkuaiseksi ja vähemmän ammoniakiksi pötsissä. Edelleen Muck ym. <sup>b</sup> tutkivat maitohappobakteeriympin vaikutustapaa mikrobisynteesiin. In vitrokokeessa ymppeisäilörehun uute lisäsi mikrobi- ja kaasuntuotantoa, joten ymppeirehun uute mahdollisesti sisältää tekijän, joka parantaa pötsissä mikrobien kasvua.

Keltamaitteen sisältämä kondensoidut tanniinit vähentävät valkuaisen hajoavuutta. Broderick ym. vertasivat erilaisia keltamaitelinjoja sinimaillassäilörehujen kanssa lypsylehmillä. Keltamaitetta oli jalostettu tanniinipitoisuuden mukaan kolme linjaa: Matala pitoisuus (LBFT), keskinkertainen (MBFT) ja korkea pitoisuus (HBFT). Keltamaiteryhmien säilörehun syönti oli suurempi kuin sinimailaryhmässä (25,3; 27,6; 28,1 ja 26,7 kg KA/d sinimailanen, LBFT, MBFT ja HBFT). Maitotuotoksessa ei ollut merkitsevää eroa (41,8; 42,4; 43,3; 41,8 kg/d), mutta maidontuotannon tehokkuus (kg EKM/kg KA-syönti) oli sinimailaryhmässä paras (1,61; 1,49; 1,50 ja 1,48). LBFT- ja MBFT-ryhmien valkuaisuutosto oli merkitsevästi parempi kuin

sinimailasryhmässä ( 1,26; 1,33; 1,33 ja 1,27 kg/d) ja maidon ureapitoisuus kaikissa keltamaiteryhmissä pienempi kuin sinimailasryhmässä (14,8; 12,8; 12,4 ja 1,20 mg/dl). Valkuaistuotokseen ja numeerisesti suurempaan maito- ja EKM-tuotokseen perustuen tutkijat pitivät MBFT-säilörehua optimaalisena rehuna.

Rinne ym. tutkivat rypsiä ja soijaa lypsylehmien valkuaislähteenä puna-apilaa sisältävällä säilörehuruokinnalla. Kun rypsirehut olivat aiemmin vertailussa osoittautuneet soijan veroisiksi valkuaisen hyväksikäytössä nurmisäilörehuruokinnalla, nyt säilörehu oli puoliksi puhdasta puna-apilaa ja nurmiheinäkasvia.

Väkirehusta, jota annettiin 9 kg/pv, korvattiin kahdella tasolla isonitrogeenisesti rypsi- tai soijapuristeella: alempi taso 1,78 ja 1,34 kg, korkeampi taso 3,34 ja 2,51 ka rypsipuristein/ soijapuristein kuiva-ainetta. Kontrolli oli ilman valkuais täydennystä. Valkuaistuotos parani kun valkuaisrehuja lisättiin: rypsipuristein lisäys (regressiosuoran kulmakertoimen) 102 g ja soijapuristein lisäys 55 g maitovalkuaisista per kg dieetin raakavalkuaisista. Aminohappojen virtauksessa pötsistä satakertaan dieettien välillä ei ollut eroa. Plasman aminohappo-pitoisuuksissa erot olivat pieniä, joskin soijadieeteillä oli suuntaus pienempään metionipitoisuuteen verrattuna rypsidieetteihin. Yleisesti ottaen dieettien valkuaispitoisuuden nostaminen huononsi typen hyväksikäyttöä.

Huhtasen ym, täysesityksen katsauksessa lypsylehmien valkuais täydennyksestä todetaan, että nurmisäilörehu-vilja -ruokinnalla histidiini on lypsylehmillä ensiksi rajoittava aminohappo. Hristovin ym. esityksessä tutkittiin histidiinin vaikutusta ruokinnalla, joka sisälsi maissisäilörehua 40 % ja sinimailasheinäsäilörehua 16 %. Ruokintoja täydennettiin siten, että kontrolli (AMP) sai NRC:n suositusten mukaan metabolista valkuaisista (MP). Kolme ryhmää oli MP-puutosryhmiä, joista DMP oli negatiivinen kontrolli (-15 % NRC:n suositus), DMPLM-ruokintaa täydennettiin pötsisuojujalla lysiinillä ja metioniinilla. Kolmas ryhmä DMPLMH, sai metioniinin ja lysiinin lisäksi suojattua histidiiniä. DMP-ruokinnalla rehun syönti ja maitotuotos laskivat (syönti 24,5; 23,0; 23,7 ja 24,3 kg KA/d ja maitotuotos 38,8; 35,2; 36,9 ja 38,5 kg/d ruokintoilla AMP, DMP, DMPLM ja DMPLMH). Aminohappotäydennys suojatulla lysiinillä ja metioniinilla pienensi syönnin ja maitotuotoksen eroa AMP-ruokintaan verrattuna, mutta histidiinitäydennys poisti eron. Tutkijoiden johtopäätös: aminohapoilla, samoin kuin yksimahaisilla, on rooli märehijöiden syönnin säätelyssä. Tulokset osoittivat, että histidiini on rajoittava aminohappo korkeatuottoisilla lypsylehmillä, joiden ruokinta perustuu maissisäilörehuun, sinimailasheinäsäilörehuun ja maissiväkirehuun sekä dieetissä on MP-puutos. Tällöin mikrobivalkuainen muodostaa suuren osan MP:sta. MP-puutos -ruokinnat tehostivat valkuaisen hyväksikäyttöä ja vähensivät dramaattisesti N-hävikkiä virtsassa.

Kanadassa Berthiaume ym. vertasivat puna-apilasäilörehun vaikutusta härkien kasvuun, lihan laatuominaisuuksiin ja kuluttajan silmävaraiseen arvioon. Tutkimuksessa Angus-risteytys-sonneja kasvatettiin vieroituksen (240 pv) jälkeen vuoden ikäisiksi ja saivat puna-apila-ruoho- (55 % apilaa) tai koiranheinäsäilörehua. Rehun syönnissä ja kasvussa ei ollut eroa ryhmien välillä. Puna-apilasäilörehuruokinnalla teurasruhot olivat vähärasvaisempia, mutta aistinvaraisessa arvostelussa ei ollut eroa. Kuluttaja-arvostelu, mikä perustui paistin ulkonäköön, piti puna-apilalla ruokittujen eläinten lihaksensisäisen rasvan väriä vähemmän voimakkaana ja hyväksyttävämpänä. Kuluttajien näköarvion mukaan puna-apilaa saaneiden eläinten liha oli myös mureampaa ja kuluttajalle vetoavampaa.

Kirjallisuusluettelo

Esitykset ovat XVI Kansainvälisen Säilörehukongressin julkaisussa *"Proceedings of the XVI International Silage Conference Hämeenlinna, Finland, 2-4 July 2012"*

- Robert Berthiaume, Adelaide Cino, Carole Lafrenière, Jaclynthe Fortin, Claude Gariépy, Ira Mandell and Luigi Fautitano. Growth, feed efficiency, carcass quality and consumer perception of beef cattle fed PM vs AM cut grass or a red clover-grass mixture. p. 166-167. [\[Url\]](#)
- Glen A. Broderick, Richard E. Muck and John H. Grabber. Effects of replacing dietary lucerne silage with birdsfoot trefoil silage containing different levels of condensed tannin on production of lactating dairy cattle. p. 150-151. [\[Url\]](#)
- X.S. Guo, W. Cheng, L. Tao, Yu Zhu and H. Zhou. Contribution of endo- and exopeptidases to formation of non-protein nitrogen during ensiling of alfalfa. p. 58-59. [\[Url\]](#)
- David R. Davies. Improved silage fermentation often results in silage with a low pH – So what does pH in silage actually relate to? p. 338-339. [\[Url\]](#)
- David R. Davies, Eleanor L. Bakewell and Rhun Fychan. The benefits of adding a multi-strain homo-fermentative biological additive on the silage quality of a range of forage crops. p. 398-399. [\[Url\]](#)
- Richard J. Dewhurst. Milk production from silage: comparison of grass, legume and maize silages and their mixtures. p. 134-143. [\[Url\]](#)
- Peng Feng, Chuncheng Xu and Qizhong Sun. The mixed silage nutrient composition of maize and *Astragalus adsurgens* Pall. p. 240-241. [\[Url\]](#)
- Anni Halmemies-Beauchet-Filleau, Aila Vanhatalo, Vesa Toivonen, Terttu Heikkilä, Michael R.F. Lee and Kevin J. Shingfield. Effect of replacing grass silage with red clover silage on rumen lipid metabolism and milk fatty acid composition. p. 40-41. [\[Url\]](#)
- Ida K. Hindrichsen, Erlanda Upton Augustsson, Bente Lund, Merete M. Jensen, Margaret Raun, Jonas Jatkauskas, Vilma Vrotniakiene and Christer Ohlsson. Characterisation of different lactic acid bacteria in terms of their oxygen consuming capacity, aerobic stability and pathogen inhibition. p. 60-62. [\[Url\]](#)
- Pekka Huhtanen, Seija Jaakkola and Juha Nousiainen. An overview of silage research in Finland: from ensiling innovation to advances in dairy cow feeding p. 16-33. [\[Url\]](#)
- Pekka Huhtanen & Juha Nousiainen, J. 2012. Production responses of lactating dairy cows fed silage-based diets to changes in nutrient supply. *Livestock Science* 148: 146-153.
- Alexander N. Hristov, Chanhee Lee and Helene Lapierre. Can histidine be limiting milk production in dairy cows fed corn silage and alfalfa haylage-based diets? p. 34-35. [\[Url\]](#)
- Ursula C. Hymes-Fecht, Glen A. Broderick, and Richard E. Muck. Effects of feeding red clover versus lucerne silage to lactating dairy cattle. p. 414-415. [\[Url\]](#)
- Jonas Jatkauskas<sup>a</sup>, Vilma Vrotniakiene, Christer Ohlsson and Bente Lund. Effects of mixtures of lactic acid bacterial strains in grass, clover-grass and maize on silage fermentation parameters. p. 402-403. [\[Url\]](#)
- Jonas Jatkauskas<sup>b</sup>, Vilma Vrotniakiene, Christer Ohlsson and Bente Lund. The effects of three silage

- inoculants on aerobic stability in grass, clover-grass, lucerne and maize silage. p. 404-405. [Url]
- Kamyar Mogodiniyai Kasmaei, Bengt-Ove Rustas and Peter Udén. The relationship between crop composition and silage fermentation products under well-controlled ensiling condition. p. 198-199. [Url]
- Colman King, J. McEniry, M. Richardson and P. O'Kiely. Ensilage characteristics of perennial ryegrass grown under two nitrogen fertiliser inputs and red clover, each harvested at five dates in the primary growth. p. 194-195. [Url]
- Martin Knicky, Torsten Ericsson and Rolf Spörndly. Fatty acids composition of a variety of forages before and after ensiling. p. 250-251. [Url]
- Erja Koivunen, Seija Jaakkola, Terttu Heikkilä, Anna-Maija Lampi, Anni Halmemies-Beauchet-Filleau, Michael R. F. Lee, Kevin J. Shingfield, Ana L. Winters and Aila Vanhatalo. Effects of plant species, stage of maturity and level of formic acid addition on plant mediated lipolysis during ensiling. p. 248-249. [Url]
- Tamara Kulakouskaya. Chemical composition and nutritive value of different plant species used for forage production in South Karelia, Russia. p. 150-151. [Url]
- Walter König, Laura Puhakka and Seija Jaakkola. The effect of lactic acid bacteria-based additives and wilting on grass silage fermentation characteristics. p. 378-379. [Url]
- Jane M. Marita, Ronald D. Hatfield, Geoffrey E. Brink and David R. Mertens. Co-ensiling temperate grasses to improve protein use efficiency in ruminants. p. 132-134. [Url]
- Richard E. Muck. Microbiology of ensiling. p. 75-86. [Url]
- Richard E. Muck<sup>a</sup>, Glen A. Broderick, Antonio P. Faciola and Ursula C. Hymes-Fecht. Lactating cow response to lucerne silage inoculated with *Lactobacillus plantarum*. p. 414-415. [Url]
- Richard E. Muck<sup>b</sup>, Zwi G. Weinberg and Francisco E. Contreras-Govea. Silage extracts used to study the mode of action of silage inoculants in ruminants. p. 336-337. [Url]
- Elisabet Nadeau<sup>a</sup>, Wolfram Richardt, Michael Murphy and Horst Auerbach. Protein quality dynamics during wilting and preservation of grass-legume forage. p. 56-57. [Url]
- Elisabet Nadeau<sup>b</sup>, Horst Auerbach, John Jakobsson, Kirsten Weiss and Björn Johansson. Fermentation profile of grass-legume forage ensiled with different additives. p. 400-401. [Url]
- Bernd Pieper, Robert Pieper and Ulrich Korn. Influence of homolactic acid bacteria (*Lactobacillus plantarum* DSMZ 8862 and 8866) in combination with molasses or partly neutralized formic acid while ensiling of nearly unfermentable feedstuffs on the content of biogenic amines and clostridia spores. p. 262-263. [Url]
- C. Purwin<sup>a</sup>, B. Pysera, M. Fijałkowska, Z. Antoszkiewicz, D. Piwczyński I. Wyźlic and K. Lipiński. The influence of ensiling method on the composition of nitrogen fractions in red clover, alfalfa and red fescue silage. p. 256-257. [Url]
- C. Purwin, M. Fijałkowska, B. Pysera, K. Lipiński, Z. Antoszkiewicz, D. Piwczyński and A. Paško. Comparison of free amino acid composition in fresh herbage and red clover, alfalfa and red fescue silage. p. 258-259. [Url]
- Marketta Rinne, Kaisa Kuoppala, Seppo Ahvenjärvi and Aila Vanhatalo. Rapeseed expeller is a better protein supplement than soybean expeller in dairy cow diets based on grass-clover silage. p. 484-485. [Url]

- Mikko Tuori, Liisa Syrjälä Qvist, Arja Seppälä, Seija Jaakkola and Günter Pahlow. Ensiling of forage legumes in Finland. p. 412-413. [[Url](#)]
- Mikko Tuori, Liisa Syrjälä-Qvist, Arja Seppälä, Seija Jaakkola and Günter Pahlow. Ensiling of red clover in Finland. p. 414-415. [[Url](#)]
- Yvona Tyrolova, Alena Vyborna and Radko Loucka. The effects of wilting and additives on the number of lactic acid bacteria in alfalfa forage and silage. p. 382-383. [[Url](#)]
- Eva Wambacq, Latré Joos and Haesaert Geert. Study of the effect of *Lactobacillus buchneri* inoculation on the aerobic stability and fermentation characteristics of alfalfa-ryegrass, red clover and maize silage. p. 408-409. [[Url](#)]
- Huili Wang, Chuncheng Xu, Tingting Ning and Xiaoli Wang. Fermentation quality of *Medicago sativa* and *Bromus inermis* leyss mixed silage. p. 200-201. [[Url](#)]
- Lin Wang, Huijie Zhang, Qizhong Sun, Zhu Yu and Shujing Gao. The mixed silage quality characteristics of corn and alfalfa. p. 204-205. [[Url](#)]
- Martin Riis Weisbjerg, Niels Bastian Kristensen, Karen Søegaard and Rudolf Thøgersen. Effect of forage type on silage fermentation characteristics assessed by vacuum bag ensiling. p. 60-62. [[Url](#)]
- Gu Xueying and Yu Zhu. Characterisation of long-chain fatty acids in mixture silage of erect milkvetch and perennial ryegrass. p. 250-251. [[Url](#)]
- Jianguo Zhang, Fan Feng, Xinzhu Chen and Qinhua Liu. Degrading mimosine and tannins of *Leucaena leucocephala* by ensiling. p. 254-255. [[Url](#)]