

Kuiva-ainepitoisuuden ja säilöntäaineen vaikutus pyöröpaalattun säilörehun laatuun ja maidontuotantoon

Terttu Heikkilä¹⁾, Eeva Saarisalo^{1,4)}, Seija Jaakkola²⁾, Anna-Maija Taimisto³⁾

¹⁾ MTT Kotieläintuotannon tutkimus, 31600 Jokioinen, etunimi.sukunimi@mtt.fi

²⁾ Helsingin yliopisto, Kotieläintieteen laitos, 00014 Helsingin yliopisto, etunimi.sukunimi@helsinki.fi

³⁾ Valio Oy Tutkimus ja tuotekehitys, PL 30, 00039 Valio, etunimi.sukunimi@valio.fi

⁴⁾ Maa- ja metsätalousministeriö, Elintarvike- ja terveystieteiden osasto, PL 30, 00023 Valtioneuvosto, etunimi.sukunimi@mmm.fi

Tiivistelmä

Rehun tehokkuusvaatimus kasvaa tila- ja karjakoon sekä säilörehumäärien suurentuessa. Samalla säilörehun teettäminen urakoitsijalla ja tilojen välinen yhteistyö lisääntyy. Esikuivatun säilörehun teko ja pyöröpaalaus ovat yleistyneet voimakkaasti. Noin 80 % säilörehusta tehdään jo esikuivatuna (Pro-Agria 2007). Säilörehua tehdään myös yhä useammin ilman säilöntäainetta. Säilörehun kuiva-ainepitoisuuden noustessa rehun virhekäymisten riski vähenee, mutta hiivojen ja homeiden aiheuttama aerobinen pilaantuminen voi lisääntyä ja aerobinen stabiilisuus huonontua eli rehu lämpenee herkemmin. Sääolosuhteet vaikuttavat esikuivatun säilörehun teon riskiin, jotka voivat olla erilaiset eri menetelmillä. Alkutuotannon ja maidonjalostuksen laaturiskit rehuntuotantoteknologian kehittyessä - tutkimushanke osoitti, että korjuuolosuhteet vaikuttavat enemmän ilman säilöntäainetta tehdyn pyöröpaalisäilörehun ruokinnalliseen arvoon kuin lievästi esikuivatun hapolla säilötyn tarkkuussilputun siilorehun arvoon. Kuivana kesänä tehdyn siilorehun ja yli 50 % kuiva-ainetta sisältävän paalirehun maidontuotantovaikutus oli yhtä hyvä. Sen sijaan märkänä kesänä paalirehujen syönti ja maidontuotantovaikutus olivat merkittävästi huonommat kuin siilorehun, vaikka rehut tehtiin hyvän sään aikana (Jaakkola ym. 2006). Tämän tutkimuksen tarkoitus oli selvittää, kuinka säilöntäaine vaikuttaa eri kuiva-ainepitoisuuksissa pyöröpaalattun säilörehun kemialliseen ja mikrobiologiseen laatuun ja jälkipilaantumisalttiuteen sekä maidontuotantoon ja maidon koostumukseen.

Timotei-nurminadan ensimmäisestä sadosta tehtiin pyöröpaalisäilörehua kahdessa eri kuiva-ainepitoisuudessa (keskimäärin 31 % ja 48 %) joko ilman säilöntäainetta tai käyttäen AIV[®] Pro-happosäilöntäainetta (muurahaishappoa 42,5 %, ammoniumformiaattia 30,3 %, propionihappoa 10 %, bentsoehappoa 2,2 %, vettä 15 %). Tuorempi rehu paalattiin niittöpäivänä keskimäärin 9 tunnin esikuivauksen jälkeen, kun taas kuivempi rehu paalattiin vasta kolmantena päivänä 56 tunnin esikuivauksen jälkeen, sillä 1,5 mm:n sade toisena päivänä viivytti kuivumista vuorokaudella. Paalit kiedottiin 6 muovikerroksella (1,2 kg/paali). Säilöntäainetta kului 3,5 l/paali tuoreemmalla ja 3,0 l/paali kuivemmalla rehulla. Maidontuotantokoe tehtiin 16 Ay-lehmällä 4 x 4 latinalaisen neliön mukaan, joka toistettiin neljänä erillisenä neliönä. Säilörehua annettiin vapaasti ja väkirehua (ohra-kaura-melassileikerypsipuriste-kivennäinen) 11 kg ensikoille ja 13 kg vanhemmille lehmille.

Säilörehun kuiva-ainepitoisuus ja AIV[®] Pro-happosäilöntäaineen käyttö vaikuttivat tässä koeksessa melko vähän esikuivatun paalirehun säilönnälliseen ja mikrobiologiseen laatuun sekä rehuarvoihin. Kaikki rehut olivat laadultaan hyviä. Tuoreemmissa rehuissa pH oli alempi ja happorehussa oli tyypillisesti enemmän sokeria ja vähemmän maitohappoa ja ammoniumtyyppiä kuin painorehussa. Kuivempien rehujen laatuerot olivat pieniä. Happo paransi kuitenkin säilörehun aerobista stabiilisuutta. Lämpeneminen alkoi painorehussa noin kahden ja happorehussa neljän vuorokauden kuluttua paalin avaamisesta. Pidempi esikuivatusaika vähensi sekä paino- että happorehun sulavuutta niin, että koko rehuannoksen orgaanisen aineen sulavuus lehmillä huononi keskimäärin 1,2 prosenttiyksikköä. Pidempi esikuivatusaika vähensi painorehun syöntiä, mutta happorehuun se ei vaikuttanut. Maitotuotokseen tai maidon koostumukseen esikuivatusaika tai säilöntäainekäsittely ei vaikuttanut merkittävästi. Vain maidon urea oli korkeampi kuivemmilla rehuilla. Rehuvalkuaisen hyväksikäytössä maitovalkuaiseksi (keskimäärin 32,5 %) ei ollut eroa koekäsittelyjen välillä, mutta energian hyväksikäyttö oli kuivemmilla rehuilla parempi. Paalirehujen säilöntätappiot olivat pieniä, noin 2 %, mutta 6 muovikerrosta ei täysin estänyt hiiva/homelaikkuja, joita esiintyi suurimmassa osassa paaleista.

Asiasanat: esikuivatus, maidontuotanto, pyöröpaalisäilörehu, säilöntäaine, säilörehun laatu

Johdanto

Maidontuotanto perustuu Suomessa runsaaseen säilörehun käyttöön lehmien ruokinnassa sen muodostaessa yli 40 % lehmien energian saannista. Säilörehun ruokinnallisella ja hygieenisellä laadulla on siten merkittävä vaikutus tuotantotulokseen ja maidon laatuun. Rehunteon tehokkuusvaatimus kasvaa tila- ja karjakoon sekä säilörehumäärien suurentuessa, minkä seurauksena säilörehun teettäminen urakoitsijalla ja tilojen välinen yhteistyö lisääntyy. Esikuivatun säilörehun teko ja pyöröpaalaus ovat yleistyneet voimakkaasti. Noin 80 % kaikesta säilörehusta tehdään jo esikuivattuna (ProAgria 2007). Säilörehua tehdään myös yhä useammin ilman säilöntäainetta. Säilörehun kuiva-ainepitoisuuden noustessa rehun virhekäymisten riski vähenee, mutta hiivojen ja homeiden aiheuttama aerobinen pilaantuminen voi lisääntyä ja aerobinen stabiilisuus huonontua eli rehu lämpenee herkemmin. Sääolosuhteet vaikuttavat esikuivatun säilörehunteon riskeihin, jotka voivat olla erilaiset eri menetelmillä. Alkutuotannon ja maidonjalostuksen laaturiskit rehuntuotantoteknologian kehittyessä - tutkimushanke osoitti, että korjuuolosuhteet vaikuttavat enemmän ilman säilöntäainetta tehdyn pyöröpaalisäilörehun ruokinnalliseen arvoon kuin lievästi esikuivatun hapolla säilötyn tarkkuussilputun siilorehun arvoon. Kuivana kesänä tehtyjen siilorehujen, joiden kuiva-aine (ka) oli 30-35 % ja kuivien paalirehujen (ka 53-70 %) maidontuotantovaikutus oli yhtä hyvä. Sen sijaan märkänä vuonna paalirehujen (ka 39-48 %) syönni ja maidontuotantovaikutus olivat merkittävästi huonommat kuin siilorehun (ka 26-28 %), vaikka rehut tehtiin hyvän sään aikana (Jaakkola ym. 2006). Tämän tutkimuksen tarkoitus oli selvittää, kuinka säilöntäaine vaikuttaa eri kuiva-ainepitoisuuksissa pyöröpaalatun säilörehun kemialliseen ja mikrobiologiseen laatuun ja jälkipilaantumisalttiuteen sekä maidontuotantoon ja maidon koostumukseen.

Aineisto ja menetelmät

Paalisäilörehujen teko

Pyöröpaalisäilörehut tehtiin MTT Jokioisten kartanoitten Lintupajun tilalla timotei-nurminadan ensimmäisestä sadosta 16.-18.6. 2005 kahdessa eri kuiva-ainepitoisuudessa (keskimäärin 31 % ja 48 %) joko ilman säilöntäainetta tai AIV[®]Pro-happosäilöntäaineella (muurahaishappoa 42,5 %, ammoniumformiaattia 30,3 %, propionihappoa 10 %, bentsoehappoa 2,2 %, vettä 15 %), tavoitteena 5 l/tn. Nurmi niitettiin aamupäivällä 8 cm:n sänkeen karholle JF GMS 3200 Topflex-niittomurskaimella. Tuoreempi rehu paalattiin niittopäivän illalla 8-10 tunnin esikuivauksen jälkeen kiinteäkammioisella, silppuavalla ja verkkosidonnalla varustetulla Claas Rollant 250 Roto Cut-paalaimella (vastateriä 14), jossa oli Elho ProFlow 4000-hapotin. Kuivempi rehu paalattiin vasta kolmantena päivänä 55-57 tunnin esikuivauksen jälkeen, sillä 1,5 mm:n sade toisena päivänä viivytti kuivumista vuorokaudella. Paalit kuljetettiin pellon laitaan käärintä- ja varastopaikalle Euro-sovitteisella Quicke Flexigrip-paalipihdillä. Paalit punnittiin paalivaa'alla ja samalla joka neljännessä paalista kairattiin raaka-aine- ja mikrobiologinen näyte ennen kiedontaa ja reiät tukittiin muoviputkella. Paalit käärittiin 6 kerroksella (1,2 kg/paali) valkeaa 750 mm:n Raniwrap-kiristekalvoa Kverneland 7517-kiedontalaitteella. Kiedonnassa käytettiin 50 %:n limitystä ja 70 %:n esikiristystä. Paalit varastoitiin pystyasennossa ja ne suojattiin päältä paaliverkolla. Paaleja tehtiin 28 paalia/käsittely eli yhteensä 112 kpl. Paalien määrä oli tuoreemmalla rehulla 22 kpl ja kuivemmalla 18 kpl/ha. Paalit punnittiin myös avattaessa ja niistä kairattiin näytteet. Pilaantunut rehu poistettiin ja punnittiin tappioiden määrittämiseksi. Muovit punnittiin kuivauksen jälkeen.

Paalien tuorepainot olivat keskimäärin 747 kg (kuiva-aine 1) ja 592 kg (kuiva-aine 2) ja vastaavasti niissä oli kuiva-ainetta 223 ja 279 kg. Säilöntäainetta kului keskimäärin tuoreemmilla paaleilla 3,5 l/paali ja kuivemmilla 3,0 l/paali ja vastaavasti tonnia kohti ilmaistuna 4,6 ja 5,0 l/tn. Nurmikasvusto sisälsi 64 % timoteita ja 35 % nurminataa kuiva-aineesta sekä 1 % rikkaruohoja ja kuloa. Timoteista oli tähkällä 22 % ja nurminadasta röyhyllä 40 %. Kuiva-ainesato oli 4 910 kg ka/ha.

Sää oli rehunteon aikana suhteellisen suotuisa pienestä 1,5 mm:n sadekuurosta huolimatta. Keskilämpötila vaihteli 15,4 -16,9 °C:een, minimi- ja maksimilämpötilojen ollessa 7,9 ja 23,9 °C ja maaminimin vaihdella 4,9 -7,4 °C:een. Vuorokauden keskimääräinen suhteellinen kosteus oli 67-76 % ja tuulen nopeus 2-3 m/sek. Iltapäivällä klo 15 suhteellinen kosteus oli 35-73 prosenttia ja tuulen nopeus 2-4 metriä sekunnissa. Huhti-toukokuussa satoi 36,1 ja kesäkuussa ennen niittoa 29,4 mm.

Maidontuotantokoe

Maidontuotantokoe tehtiin 16 Ay-lehmällä, joiden poikimisesta oli kulunut keskimäärin 69 päivää (keskihajonta 24,0). Koemalli oli 4 x 4 latinalainen neliö, joka toistettiin neljänä erillisenä neliönä.

Yhdessä neliössä kaikki eläimet (4 kpl) olivat ensikoita ja muissa neliöissä kolme, viisi ja 2-4 kertaa poikineita lemmiä. Kaikki lehmät söivät vuorollaan kaikkia koerehuja 3 viikon pituisen koejakson, jonka viimeisen viikon tiedoista laskettiin tulokset.

Säilörehua annettiin vapaasti (20 tuntia) siten, että jätettä jäi päivittäin 5-10 % annetusta määrästä. Väkirehua vanhemmat lehmät saivat 13 kg/pv ja ensikot 11 kg/pv, joka jaettiin kolmessa erässä. Väkirehu oli tilaseosta: ohra 30,3 % - kaura 30,0 % - melassileike 11,0 % - Öpex-rypsipuriste 26,0 % - kivennäisseos 2,7 %. Rehuannokset ja jätteet punnittiin päivittäin. Maidot mitattiin Tru-test maitomittarilla yksilökohtaisesti päivittäin. Lehmät punnittiin kunkin jakson alussa ja lopussa kahtena peräkkäisenä päivänä.

Rehunäytteet kerättiin päivittäin rehun punnituksen yhteydessä ja niistä tehtiin taulukoissa mainitut kemialliset analyysit MTT:n Eläinravitsemuksen laboratoriossa. Mikrobit määritettiin säilörehuista Valion laboratoriossa. Rehuannoksen sulavuus määritettiin lehmillä käyttäen merkkiaineena happoon liukenematonta tuhkaa (AIA), joka määritettiin rehunäytteistä sekä jokaisen jakson viiden viimeisen päivän aikana kahdesti päivässä kerätyistä sontanäytteistä 12 lehmältä yksilökohtaisesti.

Maitonäytteet otettiin koejakson viimeisen viikon neljältä lypsykerralta rasva-, proteiini- ja laktoosimäärityksiin ja kahdelta lypsykerralta solumäärityksiin MTT:n Elintarvikkeiden tutkimuksen laboratorioon. Maidon urea määritettiin kahdelta lypsykerralta Eläinravitsemuksen laboratoriossa.

Säilörehujen sulavuus määritettiin *in vitro* -sellulaasimenetelmällä (D-arvo) ja rehuarvot laskettiin rehutaulukoissa (MTT 2006) esitettyjen laskentaperiaatteiden mukaan. Väkirehuseoksen rehuarvo laskettiin komponenttien osuuksien ja niiden taulukkoarvojen perusteella. Energian saanti ja hyväksikäyttö laskettiin käyttäen lehmillä määritettyä koko rehuannoksen AIA-sulavuutta.

Tuotantokokeen tulokset testattiin varianssianalyysillä (SAS GLM). Mallissa oli seuraavat tekijät: neliö, eläin(neliö), jakso, ruokinta, jakso x ruokinta, neliö x ruokinta. Ruokinnan neliösumma jaettiin edelleen seuraaviin toisistaan riippumattomiin vertailuihin: 1) kuiva-ainepitoisuuden vaikutus, 2) säilöntäaineen vaikutus ja 3) kuiva-ainepitoisuuden ja säilöntäaineen välinen yhdysvaikutus.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Rehujen koostumus, rehuarvot ja laatu

Säilörehun raaka-aineessa oli niitossa kuiva-ainetta 198 g/kg, sokeria 113 g/kg ka ja D-arvo 71,4 %. Säilörehujen kemiallisen koostumuksen ja rehuarvojen sekä käymis- ja mikrobiologisen laadun erot olivat suhteellisen pieniä kuiva-ainepitoisuuksien ja säilöntäainekäsittelyjen välillä (Taulukot 1-3).

Taulukko 1. Rehujen kemiallinen koostumus ja rehuarvot

	Väkirehu	Säilörehut			
		Kuiva-aine 1		Kuiva-aine 2	
		Painorehu	Happo	Painorehu	Happo
Kuiva-aine, g/kg	885	310	311	472	490
Tuhka, g/kg ka	74	71	69	70	70
Raakavalkuainen, ”	177	136	141/134*	142	146/141*
NDF, ”	279	558	549	582	575
ADF, ”	132	308	302	311	309
iNDF, ”	81	68	66	74	73
D-arvo, %	”	69,7	70,5	69,0	69,5
RY/kg ka	1,04	0,95	0,96	0,94	0,95
OIV, g/kg ka	114	85	86	84	85
PVT, ”	5,2	-7,9	-4,7	-1,4	0,8

Väkirehussa oli rasvaa 56,1 g/kg ka ja tärkkelystä 33,4 g/kg ka

NDF = neutraalidetergenttikuitu, ADF = happodetergenttikuitu, iNDF = sulamaton NDF

RY = rehuyksikkö, OIV = ohutsuolesta imeytyvä valkuainen, PVT = pötsin valkuaisosa

*Happorehuissa raakavalkuainen on ilmoitettu sekä analysoituna pitoisuutena / että säilöntäaineessa lisätyn typen perusteella korjattuna pitoisuutena.

Kaikki säilörehut olivat käymislaadultaan hyviä (Taulukko 2). Tuoreemmassa happorehussa oli enemmän sokeria ja valkuainen oli hajonnut vähemmän kuin painorehussa. Kuivemmissa rehuissa käymisen oli tyypillisesti vähäisempää kuin tuoreemmissa rehuissa eli pH ja sokeripitoisuus olivat korkeampia ja maitohappopitoisuus ja ammoniumtyypen osuus pienempi kuin tuoreemmissa rehuissa.

Taulukko 2. Pyöröpaalisäilörehujen käymislaatu

	Kuiva-aine 1		Kuiva-aine 2	
	Painorehu	Happo	Painorehu	Happo
pH	4,50	4,45	5,06	5,10
Sokeri, g/kg ka	50	92	84	94
Maitohappo, ”	61	36	23	14
Etikkahappo, ”	12	10	6	6
Propionihappo, ”	0,6	1,9/0,1	0,5	0,87/0
Voihappo ”	0,32	0,29	0,27	0,24
Isovaleriaanahappo ”	0,07	0,08	0,08	0,09
Etanoli, ”	12	7	7	6
Ammonium-N, g/kg N	63	83/33*	41	42/8*
Liukoinen N, ”	774	755/741*	727	689/677*

*Happorehuissa ammonium- ja liukoinen typpi ja propionihappo on ilmoitettu sekä analysoituna pitoisuutena / että säilöntäaineessa lisätyn tyypin ja propionihapon perusteella korjattuna pitoisuutena.

Säilörehujen mikrobiologinen laatu oli hyvä. Pidempi esikuivatusaika lisäsi hieman hiivojen, homeiden ja aerobisten bakteeri-itiöiden määrää säilörehun raaka-aineessa (Taulukko 3). Paalimuovien poistamisen jälkeen kairatuissa varastonäytteissä hiivojen määrä oli hieman pienempi happorehuissa kuin painorehuissa (3,6 vs. 4,4 log pmy/g). Aerobisten bakteeri-itiöiden määrä oli tuoreemmissa rehuissa hiukan pienempi kuin kuivemmissa rehuissa (1,4 vs. 2,4 log pmy/g). Syöttövaiheessa otetuissa näytteissä oli vähän enemmän hiivoja (4,8 vs. 4,0) ja homeita (2,3 vs. 1,2) kuin paalissa ennen avausta ja näytteiden välinen vaihtelu oli suurempaa. Hiivojen määrä vaihteli syöttönäytteissä 2,8 - 6,7 ja varastonäytteissä 2,5 - 5,5 log pmy/g. Vastaavasti homeiden määrä vaihteli syöttönäytteissä 1 - 5,2 ja varastonäytteissä 1 - 2,9 log pmy/g. Pitkän välivarastoinnin aikana mikrobiologinen laatu voi huonontua.

Taulukko 3. Raaka-aineen ja säilörehun mikrobiologinen laatu

		Kuiva-aine 1		Kuiva-aine 2	
		Painorehu	Happo	Painorehu	Happo
Raaka-aine*	Hiivat, log pmy/g	3,72		4,94	
	Homeet, log pmy/g	4,73		5,19	
	Klostridi-itiöt, log MPN/g	0,60		0,48	
	Aerobiset bakteeri-itiöt, log pmy/g	1,74		2,15	
Varastonäyte*	Hiivat, log pmy/g	4,14	3,64	4,73	3,58
	Homeet, log pmy/g	1,46	1,00	1,15	1,08
	Klostridi-itiöt, log MPN/g	1,02	1,23	0,77	0,54
	Aerobiset bakteeri-itiöt, log pmy/g	1,42	1,38	2,60	2,26
Syöttönäyte*	Hiivat, log pmy/g	5,02	4,36	4,69	5,00
	Homeet, log pmy/g	2,87	2,72	1,36	2,11
	Klostridi-itiöt, log MPN/g	1,45	1,07	0,72	0,73
	Aerobiset bakteeri-itiöt, log pmy/g	1,63	1,33	2,15	1,65

*Raaka-ainenäyte on kairattu paalista ennen käärintää. Säilörehunäytteet on kairattu paalimuovien poistamisen jälkeen (varastonäyte) ja kerätty syöttövaiheessa (syöttönäyte).

pmy = pesäkkeitä muodostava yksikkö, MPN = mikrobien todennäköinen lukumäärä (most probable number)

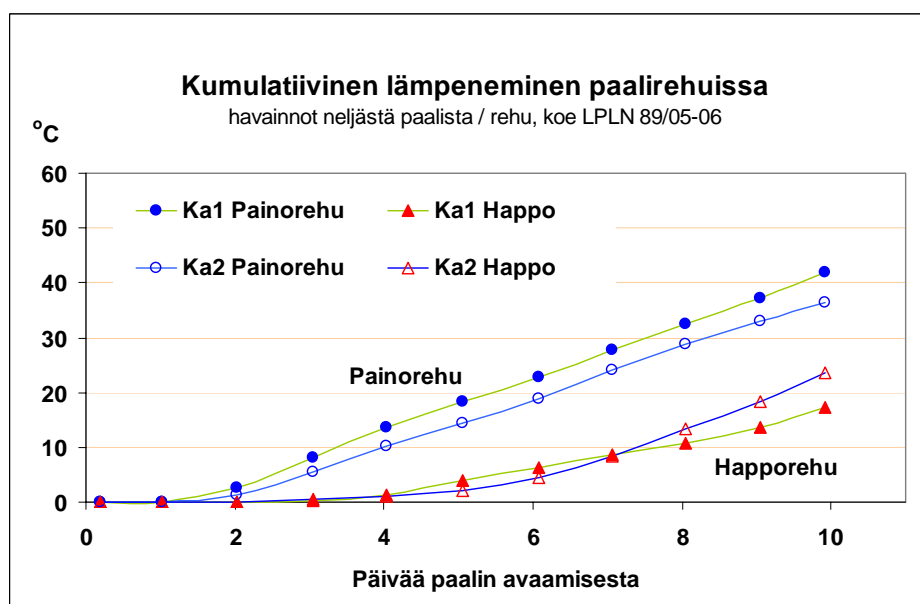
Säilöntätappiot

Pyöröpaalisäilörehujen tuorepainotappio sekä pilaantuneen määrä olivat pieniä. Tuorepainotappio oli keskimäärin vähän suurempi tuoreemmissa kuin kuivemmissa paaleissa ja suurempi painorehu- kuin happopaaleissa: tuoreemmissa 9,4 kg (1,3 %) vs. 7,7 kg (1,0 %) ja kuivemmissa 6,1 kg (1,0 %) vs. 4,4 kg (0,7 %) paalia kohti. Sen sijaan pilaantuneen eli hiivaisen/homeisen/pahanhajuisen rehun määrä oli happorehuissa hieman suurempi kuin painorehuissa, keskimäärin 1,1 % vs. 0,5 % tuorepainosta. Vaikka paalien mikrobiologinen laatu oli kairausnäytteiden perusteella hyvä, niin 83 %:ssa paaleista havaittiin hieman hiivojen/homeiden pilaamaa rehua. Sitä esiintyi pieninä laikkuina paalin pinnassa 5-15 cm:n syvyyteen, enimmillään 40 cm:n syvyyteen asti. Kuusi muovikerrosta ei riittänyt täysin estämään pilaantumista. Aiemmassa kokeessa neljällä muovikerroksella homeita oli merkittävästi enemmän kuin kuudella kerroksella ja kahdeksalla hieman vähemmän kuin kuudella (Heikkilä ym. 2002). Kymmenellä muovikerroksella saatiin täysin moitteetonta rehua (Jaakkola ym. 2006). Pilaantunut, homeinen rehu on syytä poistaa, sillä se voi huonontaa syöntiä ja pahimmassa tapauksessa eläin sairastuu. Säilörehussa yleisimmin esiintyvä home *Penicillium roqueforti* (Sarlin & Saarisalo 2006) sekä mm. *Fusarium*-sienet voivat tuottaa homemyrkyjä.

Sulamaton kuitu (iNDF) ei soveltunut säilöntätappioiden määrittämiseen, sillä säilörehun iNDF oli pienempi kuin raaka-aineen 82 %:ssa tutkituista tapauksista (n=28).

Aerobinen stabiilisuus

Happorehujen aerobinen stabiilisuus oli selvästi painorehua parempi. Lämpeneminen alkoi painorehussa vajaan kahden ja happorehussa neljän vuorokauden kuluttua paalin avaamisesta. Tulos on yhdenmukainen aiempien havaintojen kanssa käytettäessä pelkästään muurahaishappoon perustuvaa säilöntäainetta (Heikkilä ym. 1996).



Syönti, maitotuotos ja maidon koostumus, rehun hyväksikäyttö sekä elopaino

Tuoreemman paalirehun syönti oli keskimäärin runsaampaa kuin kuivemman, mutta koetekijöiden välillä oli yhdysvaikutusta. Lehmät söivät enemmän tuoreempaa kuin kuivempaa ilman säilöntäainetta tehtyä painorehua, mutta hapolla säilöttyjen rehujen syönti kuiva-aineiden välillä oli sama. Väkirehun osuus rehuannoksen kuiva-aineesta oli 47-48 % eikä ruokintaryhmien välillä ollut eroa (Taulukko 4).

Maitotuotoksessa, maidon rasva-, valkuais- ja laktoosipitoisuuksissa ja -tuotoksissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja paalirehun kuiva-ainepitoisuuksien ja säilöntäainekäsittelyjen välillä. Ainoastaan maidon rasvapitoisuus pieni suunta-antavasti, kun säilönnässä käytettiin haposäilöntäainetta. Maidon ureapitoisuus oli suurempi syötettäessä kuivempaa rehua (22,2 vs. 25,1 mg/dl).

Energian (rehuyksiköiden) kulutus energiakorjattua maitokiloa kohti lehmillä määritetyn sulaavuuden mukaan oli suurempi tuoreemmillä rehuilla kuin kuivemmillä ja vastaavasti energian hyväksikäyttö (k_{12}) maidontuotantoon parempi kuivemmillä paalirehuilla. Rehuvalkuaisen hyväksikäytössä

maidontuotantoon (32,1-32,7 %) ei ollut eroa rehujen välillä. Eläimet lisäsivät painoan enemmän painorehua kuin happorehua syötettäessä.

Taulukko 4. Paalisäilörehun kuiva-ainepitoisuuden (31 % ja 48 %) ja säilöntäaineen vaikutus rehun syöntiin, maitotuotukseen ja maidon koostumukseen, rehun hyväksikäyttöön ja elopainoon

	Kuiva-aine 1		Kuiva-aine 2		SEM ¹⁾	Tilastollinen merkitsevyys		
	Paino-rehu	Happo	Paino-rehu	Happo		Ka 1 vs Ka 2	Säil. aine	Yhd. vaikutus
Syönti								
Säilörehu, kg ka/pv	12,7	12,4	12,1	12,4	0,14	*		*
Väkirehu, ”	11,0	11,0	11,0	11,0	0,01			
Yhteensä, ”	23,7	23,4	23,1	23,4	0,14	*		*
Maitotuotos								
Maito, kg/pv	35,8	36,2	35,8	36,0	0,24			
EKM, ”	36,4	36,6	36,4	36,1	0,25			
Rasva, g/pv	1457	1457	1454	1420	15,5			
Valkuainen, ”	1201	1200	1195	1207	6,8			
Laktoosi, ”	1755	1778	1762	1771	12,8			
Maidon pitoisuudet								
Rasva, g/kg	40,6	40,1	40,6	39,4	0,41		o	
Valkuainen, ”	33,5	33,1	33,4	33,5	0,18			
Laktoosi, ”	49,0	49,1	49,3	49,2	0,10			
Urea, mg/dl	21,6	22,9	24,9	25,2	0,46	***		
Energian ja valkuaisen hyväksikäyttö								
EKM kg/kg ka	1,54	1,57	1,58	1,55	0,011			*
RY2/EKM kg	0,438	0,435	0,417	0,426	0,0039	**		
Energian hyv.k. (k ₂)	0,613	0,621	0,646	0,631	0,0060	**		o
Maitovalk/Rehuvalk	0,327	0,325	0,327	0,321	0,0025			
OIV hyväksikäyttö	0,687	0,690	0,702	0,695	0,0049	o		
Elopaino, kg	645	640	643	642	1,6		o	
Elop. muutos, kg/pv	0,445	0,029	0,268	0,217	0,0999		*	o

Tilastolliset merkitsevyydet: o P<0,10; * P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001, SEM = keskiarvon keskivirhe

¹⁾ Kuiva-aine 1, Happo-säilörehu: SEM kerrottava luvulla 1,0722 puuttuvien havaintojen vuoksi. Yksi lehmä jouduttiin poistamaan jatkuvien utareongelmien vuoksi ja toisen lehmän yhdet havainnot pötsihäiriön vuoksi.

EKM = energiakorjattu maitotuotos

RY2 = rehuyksiköt on laskettu lehmillä määritetyn koko rehuannoksen AIA -sulavuuden mukaan

k₂ = energian hyväksikäyttö maidontuotantoon on laskettu lehmillä määritetyn rehuannoksen AIA -sulavuuden mukaan huomioimatta elopainon muutosta.

Toisin kuin tässä tutkimuksessa aiemmassa kokeessa säilöntäaine (happo ja ympäri) paransi pyöröpaalisäilörehun tuotantovaikutusta: maito- ja valkuaisuudesta sekä valkuaispitoisuutta ja maidon aistinvaaraista laatua (Heikkilä ym. 1996). Säilöntäaineella tehtyjen esikuivattujen paalirehujen tai tarkkuus-silppurilla tehtyjen siilorehujen välillä ei ole ollut eroa syönnissä eikä maitotuotoksissa, kun rehut ovat olleet hyviä (Heikkilä ym. 1998). Märkinä tehdyn pyöröpaalin laatu voi olla kuitenkin huono (Heikkilä & Toivonen 2001). Alkutuotannon ja maidonjalostuksen laaturiskejä kartoittavassa tutkimuksessa kuivana vuonna korjuumenetelmien välillä (yli 50 % kuiva-ainetta sisältävä ilman säilöntäainetta tehty paalirehu vs. tuorempi hapolla säilötty siilorehu) ei ollut eroa maidontuotannossa, mutta märkinä vuonna paalirehun ongelmana oli syönnin ja sen myötä tuotoksen väheneminen siilorehuun verrattuna (Jaakkola ym. 2006). Korjuumenetelmä ei kuitenkaan vaikuttanut juuston laatuun (Mäki ym. 2006).

Rehuannoksen sulavuus

Koko rehuannoksen kuiva-aineen, orgaanisen aineen, happodetergenttikuidun (ADF) ja solunsisällys-aineiden sulavuudet lehmillä olivat paremmat syötettäessä tuoreempia kuin kuivempia paalisäilörehuja, mikä johtunee lyhyemmästä esikuivatusajasta. Orgaanisen aineen sulavuus oli 1,2 prosenttiyksikköä pienempi kuivemmilla paalirehuilla. Säilöntäaineen käyttö ei vaikuttanut merkitsevästi sulavuuteen. Aiemmissä kokeissa ruohon orgaanisen aineen *in vitro*-sellulaasisulavuus laski 1,9 ja 2,4 %-yksikköä ja sokeripitoisuus 1,9 ja 1,7 %-yksikköä esikuivatusajan pidentyessä 72 tuntiin vuonna 1998 ja 48 tuntiin kuivana vuonna 1999 (Heikkilä ym. 2002).

Taulukko 5. Koko rehuannoksen sulavuus lehmillä

	Kuiva-aine 1		Kuiva-aine 2		SEM ¹⁾	Tilastollinen merkitsevyys		
	Paino-rehu	Happo	Paino-rehu	Happo		Ka 1 vs Ka 2	Säil. aine	Yhd. vaikutus
Orgaaninen aine	0,721	0,726	0,713	0,711	0,0039	*		
Raakavalkuainen	0,678	0,685	0,677	0,675	0,0052			
NDF ²⁾	0,627	0,631	0,625	0,626	0,0052			
ADF ²⁾	0,649	0,651	0,634	0,633	0,0068	*		
Solunsisällysaineet	0,803	0,805	0,792	0,787	0,0042	**		
Sulava NDF (dNDF)	0,724	0,726	0,727	0,725	0,0045			

Tilastolliset merkitsevyydet: * P<0,05; ** P<0,01, SEM = keskiarvon keskivirhe

¹⁾Kuiva-aine 1, Happo-säilörehu: SEM kerrottava luvulla 1,0722

²⁾NDF = neutraalidetergenttikuitu, ADF = happodetergenttikuitu

Johtopäätökset

Tämän kokeen hyvissä korjuuolosuhteissa paalirehun kuiva-ainepitoisuudella ja säilöntäainekäsittelyllä oli vain vähän vaikutusta esikuivatun paalirehun säilönnälliseen laatuun. AIV[®] Pro-säilöntähapon käyttö paransi kuitenkin selvästi pyöröpaalisäilörehun aerobista stabiilisuutta verrattuna ilman säilöntäainetta tehtyyn rehuun. Maitotuotukseen tai maidon koostumukseen paalirehun kuiva-ainepitoisuus tai säilöntäaine ei vaikuttanut merkitsevästi.

Kirjallisuus

- Heikkilä, T., Jaakkola, S., Saarisalo, E., Suokannas, A. & Helminen, J.** 2002. Kuivatusajan, säilöntäaineen ja muovikerrosten vaikutus pyöröpaalisäilörehun laatuun. In: toim. Marketta Rinne. Maataloustieteen Päivät 2002 : Kotieläintiede, 9.-10.1.2002 Viikki, Helsinki. Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja 977: p. 66-70.
- Heikkilä, T. & Toivonen, V.** 2001. Effect of harvesting methods on silage quality, intake and milk production with or without hay. In: Production and utilization of silage, with emphasis on new techniques : NJF seminar no. 326, Lillehammer 27.-28. September 2001. p. 19-24 .
- Heikkilä, T., Toivonen, V., Keskinen, T., Parikka, P. & Tupasela, T.** 1998. Esikuivatun tarkkuussilputun ja pyöröpaalattun säilörehun, säilöntäaineen sekä väkirehumäärän vaikutus maidontuotantoon . In: Kotieläintieteen päivät 1998. Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja 924: p. 203-209.
- Heikkilä, T., Toivonen, V. & Tupasela, T.** 1996. Säilöntäaineiden vaikutus pyöröpaalauksessa. In: Kotieläintieteen päivät 1996 Kotieläintiede 90 vuotta - juhlaseminaari. Helsinki: Maaseutukeskusten Liitto. p. 231-234.
- Jaakkola, S., Saarisalo, E., Heikkilä, T., Nysand, M., Suokannas, A., Taimisto, A.-M. & Mäki, M.** 2006. Maitoa siilo- vai paalirehulla?. In: Eeva Saarisalo ja Mari Topihulmi (eds.). Rehuntuotantoteknologian kehitys - riski maidon laadulle? : Alkutuotannon ja maidonjalostuksen laaturiskit rehuntuotantoteknologian kehityksessä eli Amare-hankkeen loppuseminaari, Jokioinen 26.4.2006. Suomen Nurmijhdistyksen julkaisu 24: 26-35.
- Mäki, M., Pahkala, E., Tupasela, T., Saarisalo, E., Heikkilä, T. & Jaakkola, S.** 2006. Maidon prosessoitavuus ja hygieeninen laatu. Suomen Nurmijhdistyksen julkaisu 24: 43-50.
- ProAgria** 2007. Maitotilojen kilpailukyky kehittyä arkeilla asioilla – kannattavuutta nurmirehun laadulla ja viljelytehokkuudella. ProAgria Maito-tulosseminaari. Lehdistötiedote 20.4.2007. 2 p.
- Sarlin, T. & Saarisalo, E.** 2006. Säilörehujen homeet ja niiden aiheuttamat riskit. Suomen Nurmijhdistyksen julkaisu 24: 36-42.