

Maitohappobakteeriympin ja kaliumsorbaatin vaikutus esikuivatun säilörehun laatuun ja pötsin käymistyyppiin

Eeva Saarisalo¹⁾, Eija Skyttä²⁾ ja Seija Jaakkola¹⁾

¹⁾MTT/Eläinravitsemus, 31600 Jokioinen (etunimi.sukunimi@mtt.fi)

²⁾VTT/Biotekniikka, PL 1500, 02044 VTT (eija.skytta@vtt.fi)

Johdanto

Eri säilöntäaineilla tehtyjen, tuoreiden säilörehujen käymistyyppin on todettu vaikuttavan ruuansulatuskanavasta eläimen käyttöön tulevien ravintoaineiden koostumukseen ja sitä kautta tuotantoon ja sen tehokkuuteen (Miettinen 1997, Huhtanen 1998). Esikuivatus sinänsä rajoittaa rehussa tapahtuvaa käymistä, joten säilöntäaineiden vaikutukset syöntiin ja eläimen ravintoaineiden saantiin voivat olla erilaiset esikuivatussa ja tuoreessa rehussa.

Lactobacillus plantarum (VTT E-78076, lyhennettynä E76) maitohappobakteerikannan on todettu tuottavan tehokkaaksi maitohappoa, jolloin rehun pH laskee nopeasti säilymisen kannalta riittävän alas. Toisaalta E76 on myös selvästi vähentänyt ruohon valkuaisen hajoamista ilman säilöntäainetta tehtyyn rehuun verrattuna (Saarisalo ym 2002b). Ensimmäisessä maatilamittakaavan kokeessa E76 tuotti käymislaadultaan hyvää esikuivatua rehua. Maidontuotannossa rehutypen hyväksikäyttö oli E76-rehulla parempi kuin rajoittuneesti käyneellä tai painorehulla (Saarisalo ym 2002a). Tämän perusteella myös esikuivatun rehun käymistyyppi ja valkuaisen hajoamisaste vaikuttavat eläimen ravintoaineiden saantiin ja sitä kautta täydennysrehun tarpeeseen.

E76:lla säilötty rehu on kuitenkin ollut herkkää aerobiselle pilaantumiselle (Saarisalo ym. 2002b). Tässä kokeessa tutkittiin E76 ympin sekä E76:n ja kaliumsorbaatin yhdistelmän vaikutusta säilörehun laatuun. Kaliumsorbaatti (E202) on elintarvikkeissa käytetty lisäaine, joka estää hiivojen ja homeiden kasvua happamassa ympäristössä. Pötsifistelöidyillä lypsylehmillä tutkittiin säilörehujen vaikutusta pötsin käymistyyppiin sekä maidontuotantoon. Kontrolleina olivat painorehu ja muurahaihapolla säilötty, rajoittuneesti käynyt rehu. Samoilla rehuilla on tehty myös maidontuotantokoe (Saarisalo ym. 2003).

Aineisto ja menetelmät

Esikuivatut säilörehut tehtiin Jokioisten kartanoiden Lintupajun tilalla 15.-17.6.2001 toisen vuoden timotei-nurminatanurmesta. Kasvusto kaadettiin niittomurskaimella ja korjattiin tarkkuussilppurilla 6-16 tunnin esikuivauksen jälkeen. Säilöntäainekäsittelyjä oli neljä: 1) Painorehu (PR), ei säilöntäainetta, 2) happorehuun (AIV) lisättiin AIV2000:tta 5,4 l/tn (muurahaihappo 550, ammoniumformaatti 240, propionihappo 50, bentsoehappo 10 ja etyylibentsoaatti 10 g/kg), 3) E76-rehuun lisättiin fermentorikasvatettua ja kylmäkuivatua ymppeä (*L. plantarum* VTT E-78076), 4) E76S-rehuun lisättiin E76-ympin lisäksi kaliumsorbaattia 300 g/t. Ymppien annostuksen tavoitteena oli 10⁶ pmy/g. Rehut säilöttiin laakasiiloihin. Raaka-aineessa oli kuiva-ainetta oli 292 g/kg, raakavalkuaista 139, sokeria 130, neutraalidetergenttikuitua (NDF) 556 sekä D-arvo 714 g/kg ka.

Pötsin käymistyyppiä selvitettiin neljällä pötsifistelöidyillä lehmällä tasapainotetun 4 x 4 latinalaisen neliön kokeessa, jossa jakson pituus oli kaksi viikkoa. Väki-rehu koostui ohrasta 324,5, kaurasta 324,5, leikkeestä 150, rypsirouheesta 170 sekä kivennäisistä ja suolasta 31 g/kg. Väki-rehussa oli raakavalkuaista 166, tärkkelystä 347 ja NDF:a 209 g/kg ka. Koska lehmät olivat eri tuotosvaiheessa, niistä kahdelle annettiin väki-rehua 9 ja kahdelle 11 kg/pv. Tavoitteena oli väki-rehu:säilörehu -suhde 40:60. Väki-rehut jaettiin neljässä erässä klo 6:00, 9:00, 18:00 ja 19:30. Säilörehua annettiin vapaasti niin, että jätettä jäi 5-10% annetusta määrästä.

Säilörehuista määritettiin jaksoittain kuiva-aine (korjattu haihtuvien aineiden osalta), tuhka, tyyppi tuoreesta, NDF, pH, ammonium-N, pelkistävät sokerit, etanoli, maitohappo, muurahaihappo, VFA:t ja *in vitro* -sellulaasisulavuus. Väki-rehuista analysoitiin jaksoittain kuiva-aine ja kahden jakson yhdistetyistä näytteistä tuhka, raakavalkuainen, raakarasva, raakakuitu, tärkkelys ja NDF. Rehuvot laskettiin Tuorin ym. (2000) mukaan. Rehujen syönti ja maitotuotos mitattiin päivittäin. Tulosten laskemisessa käytettiin jakson kuuden viimeisen päivän tietoja. Maitonäytteet otettiin jakson lopussa neljältä lypsykerralta ja ne yhdistettiin maitomäärien suhteessa lehmäkohtaisiksi näytteiksi. Maidosta analysoitiin rasva, valkuainen, laktoosi ja somaattiset solut. Maidon urea analysoitiin kahden lypsykerran yhdistetystä näytteestä. Pötsinestettä otettiin jakson 13 päivänä ennen ruokintaa klo 5:30 ja sen jälkeen 1,5 tunnin vä-

lein 16:30 asti. Näytettä otettiin kerralla 100-150 ml. Suodatuksen jälkeen sitä mitattiin välittömästi pH ja pipetoitiin näytteet VFA- ja ammoniakkimäärityksiin, nämä pakastettiin analyysseja varten.

Syönti- ja maidontuotantodata sekä pötsifermentaatioparametrien aikojen keskiarvot testattiin varianssianalyysillä SAS GLM proseduurilla mallilla, jossa oli eläin, jakso ja ruokinta. Ruokinnan neliösumma jaettiin edelleen ortogonaalisiin kontrasteihin: 1) PR vs. säilöntäaineet, 2) AIV vs. ympit, 3) E76 vs. E76S. Pötsifermentaatiodata testattiin myös MIXED-proseduurilla, jossa mallissa oli myös näytteenottoaika sekä yhdysvaikutukset aika*jakso ja aika*ruokinta.

Tulokset ja niiden tarkastelu

Säilörehujen D-arvo oli keskimäärin 703 g/kg ka eli rehujen sulavuus oli hyvä (Taulukko 1). Käymislaadultaan säilörehut täyttivät hyvän rehun laatuvaatimukset lukuunottamatta painorehua, jossa oli ammoniumtyyppiä 83, kun hyvän rehun raja on 80 g/kg N. Rehujen käymistyyppissä oli kuitenkin selvät erot. Ymppirehujen pH oli noin 0,3 yksikköä pienempi kuin paino- ja happorehun. Painorehussa oli vähiten sokereita jäljellä (27,4 g/kgka), mutta käymisessä oli muodostunut muita rehuja enemmän etanolia, etikkahappoa ja voihappoa. AIV-rehussa käyminen oli rajoittuneempaa, sillä siinä oli eniten sokereita jäljellä (94,2 g/kg ka). E76- ja E76S-rehuissa käyminen oli varsin maitohappovaltaista (91% käymishapoista) ja sokeria oli jäljellä 50,9 ja 54,6 g/kg ka. E76- ja E76S-rehujen samanlaisen käymislaadun perusteella kaliumsorbaatti ei vaikuttanut maitohappobakteerien toimintaan. Myös pienen ammoniumtyypen osuuden (30,5 ja 28,5 g/kg N) perusteella molemmissa ymppirehuissa maitohappokäyminen on laskenut pH:n nopeasti.

Keskimäärin lehmät söivät säilörehua 12,2 kg ka/pv eikä rehujen syönneissä ollut eroja (Taulukko 2). Energiakorjattu maitotuotos (EKM) oli painorehulla muita ruokintoja pienempi (27,4 vs. 28,3), mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä ($P=0,135$). AIV-rehulla maidon rasva-, valkuais- ja laktoosipitoisuudet olivat ymppirehuja suurempia, mutta nämäkään erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Sen sijaan maidon ureapitoisuus oli merkitsevästi pienempi AIV-rehulla kuin ymppirehuilla (20,2 vs. 23,4, $P>0,01$). Rasvatuotos oli painorehulla keskimäärin 59 g pienempi kuin muilla rehuilla ($P<0,05$). Valkuais- ja laktoosituotokset olivat ymppirehuilla keskimäärin 907 ja 1345 g, kun AIV-rehulla ne olivat 875 ja 1294 g, mutta erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Samoilla rehuilla tehdyssä tuotantokokeessa lehmät söivät AIV-rehua 0,7 kg ka/pv enemmän kuin ymppirehuja (Saarisalo ym. 2003). Tästä huolimatta maidon-

Taulukko 1. Säilörehujen koostumus ja käymislaatu.

	Säilörehu			
	PR	AIV	E76	E76S
Kuiva-aine, g/kg	280	301	280	261
pH	4,20	4,17	3,92	3,90
Tuhka, g/kg ka	80,3	79,9	76,3	79,5
Raakavalkuainen, g/kg ka	137	143 / 135 ^a	133	135
Sokeri, g/kg ka	27,4	94,2	50,9	54,6
Maitohappo, g/kg ka	82,4	51,0	102,6	108,3
Etanoli, g/kg ka	11,03	2,20	4,28	5,13
IVOAS, g/kg ka	754	763	760	761
D-arvo, g/kg ka	697	706	704	703
Etikkahappo, g/kg ka	17,47	13,51	8,53	8,71
Propionihappo, g/kg ka	0,39	0,75	0,61	0,35
Voihappo, g/kg ka	1,00	0,45	0,74	0,82
VFA yhteensä, g/kg ka	19,8	14,9	10,5	10,2
Maitohappo/Käymishapot	0,81	0,77	0,91	0,91
Maitohappo/Etikkahappo	4,81	3,81	12,5	12,7
NH ₃ -N, g/kg N	83,0	75,3 / 31,3 ^a	30,5	28,5
Syönti-indeksi	97	101 / 106 ^a	101	101

Säilörehut: PR = Painorehu, AIV = AIV2000, E76 = *Lactobacillus plantarum* (VTT E-78076)

E76S = E76 + 300 g/t kaliumsorbaattia.

IVOAS = Orgaanisen aineen *in vitro* sellulaasi sulavuus

^a Analysoitu / analysoitu - säilöntäaineessa lisätty

Taulukko 2. Rehujen syönti, maidontuotanto ja maidon koostumus sekä pötsifermentaatio.

	Säilörehu				SEM	Tilastolliset merkitsevyydet		
	PR	AIV	E76	E76S		PR vs. muut	AIV vs. Ympit	E76 vs. E76S
Syönnit, kg ka/pv								
Säilörehu	12,3	12,1	12,2	12,2	0,52			
Väkirehu	8,4	8,4	8,4	8,3	0,07			
Yhteensä	20,7	20,5	20,6	20,5	0,51			
Maito, kg/pv	27,6	26,9	27,9	28,2	0,65			
EKM, kg/pv	27,4	28,0	28,1	28,8	0,42			
Pitoisuudet, g/kg								
Rasva	41,9	44,6	42,2	43,3	0,87			
Valkuainen	32,7	33,1	32,6	33,0	0,25			
Laktoosi	47,7	48,0	47,8	47,8	0,11			
Urea mg/100ml	22,4	20,2	22,6	24,2	0,53		**	o
Tuotokset, g/pv								
Rasva	1105	1166	1141	1186	16,3	*		
Valkuainen	884	875	897	916	18,7			
Laktoosi	1323	1294	1339	1351	30,0			
Pötsifermentaatio								
pH	6,31	6,34	6,25	6,34	0,05			
NH ₃ , mmol/l	5,91	7,12	7,98	8,03	0,72	o		
VFA, mmol/l	107,2	104,2	107,0	107,3	1,32			
Osuus VFasta mmol/mol								
Etikkahappo	626	645	629	624	3,1		**	
Propionihappo	197	180	201	208	3,9		**	
Voihappo	134	136	131	131	3,7			

Kontrastit: PR vs. muut = painorehu vs. säilöntäaineet, AIV vs. Ympit = AIV2000 vs. E76 ja E76S.

Tilastolliset merkitsevyydet: *** P<0,001, ** P<0,01 *P<0,05, o P<0,10.

tai EKM-tuotannossa ei ollut eroa. Maidon rasva- ja valkuaispitoisuus oli tuotantokokeessa AIV-rehua saaneilla lehmillä suurempi (P<0,10) samoin kuin fistelilehmillä. Säilörehun syönnin on todettu vähemmän erityisesti virheikäymisen (runsas valkuaisen hajoaminen ja sekundäärinen käyminen) seurauksena (Huhtanen 1998). Erot eri säilöntäaineilla tehtyjen esikuivattujen rehujen syönnissä ovat pienemmät kuin esikuivaamattomassa rehussa, koska käymistä ja näin ollen myös virheikäymistä tapahtuu vähemmän.

Pötsin pH oli keskimäärin 6,31 eikä ruokintojen välillä ollut tilastollisesti merkitseviä eroja, vaikka säilörehujen pH:ssa oli selvät erot. Tämä osoittaa, että pötsissä syljen puskurikapasiteetti riitti tasaamaan erot rehujen happamuudessa. Pötsifermentaatioparametreista aika*ruokinta-yhdysvaikutus oli merkitsevä vain pötsin voihaon osuudessa. Se vaihteli hyvin vähän ympyruokinnolla, mutta oli paino- ja AIV-rehulla pienempi ennen ruokintaa, mutta nousi heti ruokinnan jälkeen ympyruokintojen pitoisuutta suuremmaksi.

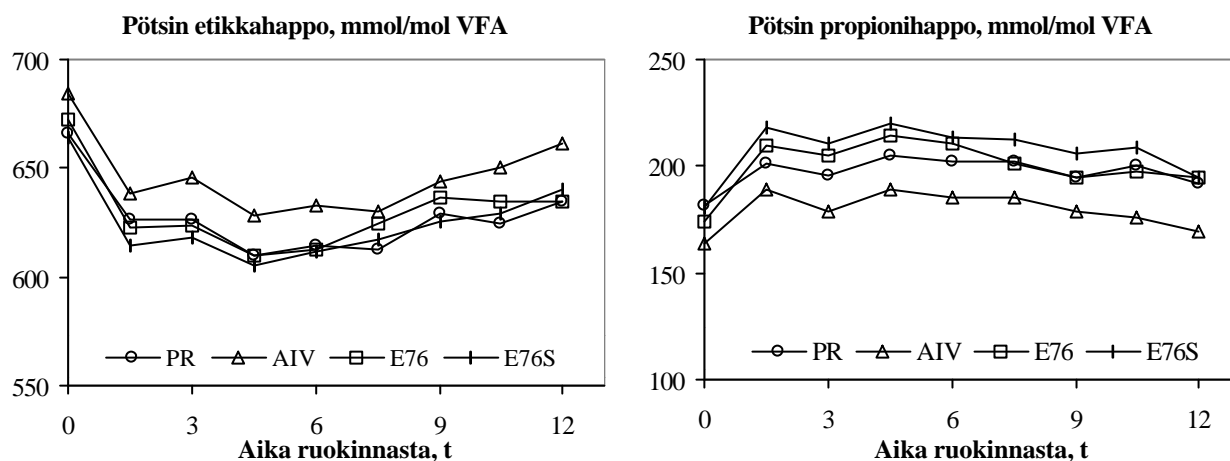
Pötsin ammoniakkipitoisuus oli painorehulla muita rehuja pienempi (5,91 vs 7,71 mmol/l, P=0,07), vaikka painorehussa ammoniumtyypen osuus oli suurin. Pötsin ammoniakkipitoisuuden vaikuttaa kuitenkin rehun raakavaluaitoisuuden ja valkuaisen laadun lisäksi se miten tehokkaasti ammoniun-N käytetään mikrobivaluaitoisynteesiin. AIV-rehulla pötsin VFA-pitoisuus oli 104, kun se muilla ruokinnolla oli 107 mmol/l (AIV vs. ympit, P=0,12). Ympyrukuilla etikkahapon osuus pötsin VFA:sta oli 627 kun se AIV-rehulla oli 645 mmol/mol VFA (P<0,01) ja vastaavasti propionihapon osuus oli ympyrukuilla suurempi, 205 vs. 180 mmol/mol VFA, kuin AIV-rehulla (P<0,01) (kuva 1). Tämä johtunee siitä, että rehun maitohappo muutetaan pötsissä pääasiassa propionihapoksi (Jaakkola 1992). Pötsistä imeytyvät etikka- ja voihaappo käytetään maitorasvan synteesiin. Kokeen tuloksissa tämä näkyy siinä, että AIV-rehulla ruokittujen lehmien maidon rasvapitoisuus oli suurempi. Propionihappo puolestaan on glukoosin ja maidon laktoosin lähde. Jos propionihappoa ei muodostu riittävästi, eläin joutuu käyttämään aminohappoja glukoosin muodostukseen (Huhtanen 1998). Ympyrukujen etuna on runsas maitohappokäyminen, joka on tuotantokokeissa näkynyt tehokkaana valkuaisen hy-

väksikäyttönä. Toisaalta rehun käymisen rajoittamisen on todettu lisäävän mikrobivalkuaissynteesiä pötsissä. Tässä kokeessa sitä ei mitattu.

Johtopäätökset

Ilman säilöntäainetta tehdyn rehun käymislaatu ei ollut yhtä hyvä kuin AIV2000:lla tai ympeillä säilötyssä rehussa. Ymppirehujen käymislaadun perusteella kaliumsorbaatti (300 g/tn) ei vaikuttanut maitohappobakteerin toimintaan.

Erot pötsifermentaatiossa selittävät maidon eri komponenttien suhteellisia tuotoseroja ja tuotantokokeissa havaittuja eroja rehun hyväksikäytössä. Ymppirehujen etuna on maitohappokäyminen, joka lisää propionihapon tuotantoa pötsissä ja siten eläimen verensokerin saantia.



Kuva 1. Säilörehujen vaikutus pötsin etikka- ja propionihapon osuuksiin haihtuvista rasvahapoista.

Kirjallisuus

- Huhtanen, P.** 1998. Supply of nutrients and productive responses in dairy cows given diets based on restrictively fermented silage. *Agric. Food Sci. Finland* 7: 219-250.
- Jaakkola, S.** 1992. Silage fermentation in relation to the feeding value with special reference to enzyme-treated grass silage. Academic dissertation, Helsinki.
- Miettinen, H.** 1997. Effects of nutrient supply, especially volatile fatty acids, on blood metabolites, mammary nutrient metabolism and milk production in dairy cows. Academic dissertation, Yliopistopaino, Helsinki.
- Saarisalo, E., Jaakkola, S., Skyttä, E. & Huhtanen, P.** 2002a. Maitohappobakteeriymprien vaikutus esikuivattujen säilörehujen laatuun ja lypsylehmien maidontuotantoon. In: toim. Marketta Rinne. Maataloustieteen Päivät 2002 : Kotieläintiede, 9.-10.1.2002 Viikki, Helsinki. Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja 977: p. 71-74.
- Saarisalo, E., Jaakkola, S., Jalava, T., Skyttä, E. & Haikara, A.** 2002b. Biologiset säilöntävalmisteet nurmi-rehujen säilönnässä. In: toim. Eeva Saarisalo, Mari Topi-Hulmi. Rehuvaihtoehtoja nautakarjatilaille. Seminaari Jokioisilla 29.4.2002. Suomen Nurmijhdistyksen julkaisu 18: p. 71-79.
- Saarisalo, E., Jaakkola, S., Vaari, A. & Skyttä, E.** 2003. Effect of protein supplementation of wilted silages varying in fermentation quality on milk production. In: Oiva Niemeläinen and Mari Topi-Hulmi (eds.). Proceedings of the NJF's 22nd congress 'Nordic Agriculture in Global Perspective', July 1-4, 2003, Turku, Finland. Jokioinen: MTT Agrifood Research Finland, NJF. [p. 22].
http://portal.mtt.fi/pls/portal30/docs/FOLDER/AGRONET/YHTEISET_HANKKEET/NJF/NJF2003/2.PDF
- Tuori, M., Kaustell, K., Valaja, J., Aimonen, E., Saarisalo, E. & Huhtanen, P.** 2000. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset. Helsinki. 88 p.