

Puna-apila-, vuohenherne- ja nurminatasäilörehujen vaikutus maidon linoleenihappopitoisuuteen lypsylehmän ruokinnassa

Mikko Tuori¹⁾, Mikko Griinari^{1,2)} ja Leena Luukkainen¹⁾

¹⁾HY, Kotieläintieteen laitos, PL 28, 00014 Helsingin yliopisto, etunimi.sukunimi@helsinki.fi

²⁾Clanet Oy, Kultarinnantie 1 B, 02660 Espoo

Johdanto

Maitorasvan koostumusta on pyritty muuttamaan enemmän monitydyttymättömiä rasvahappoja (PUFA) sisältäväksi. Etenkin konjugoiduista linolihapoista rumeenihapon (c9t11-C18:2 CLA) osuutta voidaan lisätä erilaisilla dieetissä annettavilla öljylisillä, joilla voidaan vaikuttaa suotuisasti rasvahappojen biohydrogenaatioon pötsissä ja endogeeniseen synteisiin maitorauhasessa (Griinari ja Bauman 1999). Kuitenkin myös tavanomaisilla rehuilla on vaikutuksia maidon rasvahappokoostumukseen, mistä puna-apilasäilörehun vaikutus maidon α -linoleenihappopitoisuuteen (C18:3) on huomattavin (Dewhurst ym. 2003). EU:n rahoittamassa LEGSIL-projektissa Suomessa tutkittiin kahden nurmipalkokasvisäilörehun, puna-apilan ja vuohenherneen, vaikutusta lypsylehmillä (Tuori ym. 2000), ja tässä esitetään näiden ruokintojen vaikutus maidon rasvahappokoostumukseen.

Aineisto ja menetelmät

Kokeessa käytetyt rehut tuotettiin ja lypsylehmäkoe suoritettiin Helsingin yliopiston Viikin opetus- ja koetilalla. Nurminata- (*Festuca pratensis* Huds., lajike Salten) ja puna-apilanurmet (*Trifolium pratense* L, lajike Björn) oli perustettu koetta edeltävänä vuonna ohraa suojaviljana käyttäen. Vuohenherneenurmi oli perustettu kaksi vuotta aikaisemmin ilman suojaviljaa. Vuohenherneen siemen oli peräisin Viikissä 1980-luvulla viljelystä virolaisesta kannasta. Säilörehut tehtiin keväällä 1998 esikuivaamalla aumaan. Rehut niitettiin kelatyypisellä niittomurskaimella ja korjattiin tarkkuussilppurilla. Säilöntäaine oli AIV-10 Plus (muurahaishappoa 73.4 % ja ammoniumformiaattia 5.6 %). Vuohenherne niitettiin 14.6. nuppuasteella ja korjattiin neljän päivän kuluttua, mutta kuiva-ainepitoisuus jäi sateisen sään johdosta vain 18,8 %:iin. Röyhyasteella ollut nurminata oli samoin niitetty 16.6., mutta korjattiin päivää aikaisemmin kuiva-ainepitoisuuden jäädessä 15,5 prosenttiin. Nuppuasteella ollut puna-apila niitettiin 24.6. ja korjattiin seuraavana päivänä kuiva-ainepitoisuuden ollessa 17.4 %. Säilöntäaineen kulutus oli nurminadalle 5,0, vuohenherneelle 6,6 ja puna-apilalle 6,2 litraa tuoretonnia kohti.

Säilörehuja syötettiin 15 ay-lypsylehmälle, jotka olivat kolmessa viiden eläimen blokissa sykliisessä jaksokokeessa. Kokeessa oli kolme kolmen viikon jaksoa. Koetekijöinä olivat eri säilörehut ja niiden yhdistelmät: A puna-apilasäilörehu; B vuohenhernesäilörehu; C nurminatasäilörehu; D puna-apila ja nurminatasäilörehu 1:1; E vuohenherne- ja nurminatasäilörehu 1:1. Säilörehuja annettiin vapaasti. Eri blokeille annettiin väkirehua (RV 180, RR 47, NDF 273, tärkkelys 265 ja sokerit 72 g/kgKA) tasaruokintana 8, 10 tai 12 kg/pv blokin lehmien tuotostasosta kokeen alussa riippuen. Maitonäytteet otettiin jakson viimeisellä viikolla neljältä peräkkäiseltä lypsykerralta. Yhdistetyt näytteet jaettiin kahteen osaan, joista toisesta määritettiin koostumus (rasva, valkuainen, laktoosi, urea), ja toinen pakastettiin (-20°C). Pakastetuista näytteistä määritettiin rasvan rasvahappokoostumus kesällä 2003 kaasukromatografialla, jossa käytettiin CP-Sil 88 kolonnia (100 m, 0,25 mm).

Tulokset analysoitiin sekamallin varianssianalyysillä (Mixed-proseduuri, SAS), missä kiinteinä tekijöinä olivat blokki, jakso, ruokinta sekä blokin ja jakson yhdysvaikutus, satunnaistekijänä lehmä blokin sisällä. Säilörehujen vaikutuksia maidon koostumukseen tutkittiin edelleen ortogonaalisilla kontrasteilla.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Säilörehujen laatu (Taulukko 1) oli kohtuullinen huomioon ottaen huonot korjuuolosuhteet. Säilörehun syönti ja maitotuotos oli nurmipalkokasvisäilörehuja saavilla lehmillä suurempi kuin nurminatarehuja saavilla lehmillä (P<0,05, Taulukko 2). Maidon rasvahappokoostumukseen ruokinnoilla oli huomattava vaikutus (Taulukko 4). Monitydyttymättömien rasvahappojen (PUFA) osuus oli suurempi puna-apila- ja vuohenhernesäilörehuja saaneilla lehmillä verrattuna nurminatasäilörehuja saaneisiin lemmiin (P<0.001).

Edelleen puna-apila lisäsi PUFA-osuutta vuohenherneeseen verrattuna ($P < 0.001$). Yleisesti katsotaan maidon PUFA-pitoisuuden olevan terveyden kannalta positiivista. Tyydyttyneistä rasvahapoista steariinihappo on neutraali, mutta palmitiinihapon (C16:0) on todettu nostavan ihmisellä veren kolesterolipitoisuutta (Yu ym. 1995). Näiden happojen pitoisuuksiin ruokinta ei vaikuttanut, vaikka Dewhurst ym. (2003) havaitsivat puna-apilaruokinnan vähentävän maidon palmitiinihappopitoisuutta. c9,t11-CLA:n ja sen esiaineen vakseenihapon (t11-C18:1) pitoisuuksia palkokasvisäilörehuut alensivat nurminatasäilörehuun verrattuna, ja vuohenherneen vaikutus oli puna-apilaa voimakkaampi.

Huomattavin vaikutus ruokinnalla oli maidon α -linoleenihappopitoisuuteen. Puna-apilasäilörehua saaneilla lehmillä linoleenihappopitoisuus lähes kaksinkertaistui nurminatasäilörehua saaneisiin verrattuna. Myös vuohenherneruokinnalla pitoisuus lisääntyi. Maidossa linoleenihappotuotos oli puna-apilaruokinnalla lähes kaksinkertainen nurminataruokintaan verrattuna (13,2 vs. 7,2 g/d). Linoleenihappo on linoliinohapon ohella ihmiselle välttämätön rasvahappo, joka kuuluu n-3 -rasvahappoihin, kun taas linoliinohappo on n-6 sarjan rasvahappo. Tavoitteena n-6- ja n-3 -happojen suhteelle pidetään 6:1 (Billeaud ym. 1997). Yleensä kasvirasvoissa suhde on paljon suurempi, poikkeuksena on camelinaöljy (kitupellava eli ruistankio) ja rypsiöljy, joten linoleenihapon osuuden lisääminen dieetissä parantaa suhdetta. α -linoleenihapon on myös esitetty olevan vaikuttavana tekijänä sydäntautikuolemien vähentymisessä ns. Välimeren sydäntautitutkimuksessa (Leaf 1999).

Dewhurstin ym. (2003) tutkimuksessa puna-apilasäilörehua syöneiden lehmien maidon α -linoleenihappopitoisuus lisääntyi kolminkertaiseksi verrattuna nurmisäilörehua saaneisiin. Kasvilajien välillä ei ole huomattavaa eroa niiden linoleenihappopitoisuuksissa, mikä on yleensä n. 50-60 % nurmikasvien rasvahappojen määrästä. Nurmirehujen rasvahappopitoisuus on ollut n. 15-25 g/kg KA (Dewhurst ja King 1998, Lee ym. 2001, Dewhurst ym. 2003). Tuoreen ruohon ja siitä valmistetun säilörehun linoleenihappopitoisuudessa ei ole ollut suurta eroa. Kuitenkin pitkä esikuivausaika vähensi huomattavasti linoleenihapon määrää niitetyssä ruohossa (Dewhurst ja King 1998). Vuohenhernettä yritettiin esikuivata pellolla neljän päivän ajan, ja se kärsi eniten epäedullisista sääoloista.

Koska tässä kokeessa ei ole tehty rasvahappomäärityksiä säilörehuista, ei linoleenihapon saantia rehuista ei pystytä arvioimaan. Dewhurstin ym. (2003) tutkimuksessa näennäinen linoleenihapon siirtyminen rehusta maitoon oli puna-apilasäilörehuokinnalla 9,7 % ja nurmisäilörehuokinnalla 5,1 %. Linoleenihappo (pellavaöljystä) on myös parantanut lehmien hedelmällisyyttä, ja Dewhurst ym. (2003) arvelevat tämän olevan selityksenä toisiaan havaittuun parempaan hedelmällisyyteen puna-apilasäilörehua saavilla lehmillä huolimatta siitä, että puna-apilan fytoestrogenit huontavat lampaiden hedelmällisyyttä (Dewhurst ym. 2003).

Johtopäätökset

Puna-apilasäilörehua saaneilla lehmillä maidon monityydyttymättömien rasvahappojen pitoisuus lisääntyi nurminatasäilörehua saaneisiin lemmiin verrattuna. Linoleenihapon pitoisuus lähes kaksinkertaistui. Vuohenherneellä oli samansuuntainen, joskin vähäisempi vaikutus. Koska tällä on myönteinen vaikutus ihmisravitsemuksen kannalta sekä mahdollinen yhteys myös lehmien hedelmällisyyteen, puna-apilan ja muiden nurmipalkokasvien vaikutusmekanismeja pötsin biohydrogenaatioon ja maidon koostumukseen tulisi jatkaa.

Kirjallisuus

Billeaud, C., Bouglé, D., Sarda, P., Combe, N., Mazette, S., Babin, F., Entressangles, B., Descomps, B., Nouvelot, A. & Mendy, F. 1997. Effects of preterm infant formula supplementation with alpha-linolenic acid with a linoleate/alpha-linolenate ratio of 6: a multicentric study. *Eur. J. Clin. Nutr.* 51: 520-526

Dewhurst, R.J. & King, P.J. 1998. Effects of extended wilting, shading and chemical additives on the fatty acids in laboratory grass silages. *Grass and For. Sci.* 53: 219-224.

Dewhurst, R.J., Evans, R.T., Scollan, N.D., Moorby, J.M., Merry, R.J. & Wilkins, R.J. 2003. Comparison of grass and legume silages for milk production. 2. In vivo and in sacco evaluations of rumen functions. *J. Dairy Sci.* 86: 2612-2621.

Dewhurst, R.J., Fisher, W.J., Tweed, J.K.S. & Wilkins, R.J. 2003. Comparison of grass and legume silages for milk production. 1. Production responses with different levels of concentrate. *J. Dairy Sci.* 86: 2598-2611.

Dewhurst, R.J., Scollan, N.D., Youell, S.J., Tweed, J.K.S. & Humhreys, M.O. 2001. Influence of species, cutting date and cutting interval on the fatty acid composition of grasses. *Grass and For. Sci.* 56: 68-74.

Griinari, J.M. & Bauman, D.E. 1999. Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants. In: Yurawecz, M.P. ym. (Eds.). *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*. Volume I, AOCS Press, Champaign, Illinois, pp. 180-200.

Leaf, A. 1999. Dietary prevention of coronary heart disease. *Circulation* 99: 733-735.

Tuori, M., Villikka, U., Huuskonen, A. ja Syrjälä-Qvist, L. 2000. Puna-apila- ja vuohenherneäilörehut puhtaana sekä nurmisäilörehun kanssa seoksena lypsylehmien ruokinnassa. In: toim. Marketta Rinne. *Maataloustieteen päivät 2000: kotieläintiede*. Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja 952: p. 134-137.

Yu, J.D., Etherton, T.D. & Kris-Etherton, P.M. 1995. Plasma cholesterol-predictive equations demonstrate that stearic acid is neutral and monounsaturated fatty acids are hypocholesterolemic. *Am. J. Clin. Nutr.* 61: 1129-1139.

Taulukko 1. Säilörehujen säilönnällinen laatu

	pH	Kuiva-aineesta, g/kg					Voi-happo	Etanoli	Kok.typestä, g/kg		D-arvo ¹⁾	Syönti-indeksi
		RV	NDF	Vesiliuk. hiilihydr.	Maito-happo	Etikka-happo			Liukoi-nen-N	NH ₃ -N		
PA	3,90	181	428	18	68	19	0,1	2,7	369	53	630	90
VH	4,19	230	479	19	38	19	0,1	1,9	479	95	621	88
NN	3,89	150	553	45	30	13	0,8	4,1	546	43	640	96

¹⁾ D-arvo laskettu sellulaasiliukoisuuden kautta. PA on puna-apila-, VH vuohenherne- ja NN nurminatasäilörehu
RV = raakavalkuainen, NDF = neutraalidetertenttikuitu

Taulukko 2. Rehunkulutus, maitotuotos ja maidon koostumus eri ruokinnoilla

	A Puna- apila	B Vuohen- herne	C Nurmi- nata	D Puna- apila+ nurmin.	E Vuohen- herne+ nurmin.	SEM	Koe- tekijät p-arvo	Kontrastien merkitsevyys			
								C1	C2	C3	C4
Rehunkulutus, kg KA/d:											
Säilörehu	10,6	11,0	10,1	10,9	10,9	0,32	0,15	*			
Yhteensä	19,6	20,0	19,1	19,9	19,9	0,31	0,15	*			
Tuotos, kg/d											
Maito	31,5	30,9	30,3	31,6	30,8	0,71	0,12	*			
EKM	31,2	31,2	30,8	31,6	31,1	0,56	0,83				
Rasva	1,267	1,293	1,277	1,306	1,300	0,030	0,81				
Valkuainen	0,964	0,967	0,943	0,968	0,952	0,019	0,57				
Laktoosi	1,532	1,486	1,452	1,527	1,479	0,037	0,07	*		*	
Koostumus, g/kg											
Rasva	40,8	42,2	42,2	41,5	42,7	1,30	0,25			*	
Valkuainen	30,7	31,4	31,1	30,7	31,1	0,50	0,23			*	
Laktoosi	48,7	48,2	47,9	48,3	48,1	0,39	0,04	o		*	

Kontrastit: C1 nurminata vs. puna-apila + vuohenherne; C2 palkokasvitasot 50 vs. 100; C3 palkokasvilajit puna-apila vs. vuohenherne; C4 palkokasvitasojen ja palkokasvilajien yhdysvaikutus

Taulukko 3. Maidon rasvahappokoostumus eri ruokinnoilla

	A	B	C	D	E	SEM	Koe- tekijät p-arvo	Kontrastien merkitsevyys			
	Puna- apila	Vuohen- herne	Nurmi- nata	Puna- apila+ nurmin.	Vuohen- herne+ nurmin.			C1	C2	C3	C4
C4:0	2,78	2,68	2,84	2,83	2,78	0,070	0,02	o	*	*	
C6:0	1,98	1,97	1,96	1,98	1,93	0,033	0,34				
C8:0	1,27	1,28	1,23	1,25	1,21	0,030	0,07		*		
C10:0	2,89	2,99	2,71	2,78	2,73	0,110	0,006	*	**		
C10:1	0,31	0,34	0,31	0,31	0,31	0,012	0,06		o	*	
C12:0	3,39	3,58	3,20	3,26	3,25	0,139	0,005	*	**		
C14:0	11,73	12,01	11,62	11,63	11,63	0,262	0,32				
<i>iso</i> C15:0	0,18	0,20	0,23	0,19	0,20	0,006	<0,001	***		*	
<i>anteiso</i> C15:0	0,38	0,37	0,41	0,38	0,40	0,013	0,17	o			
C14:1	1,10	1,20	1,17	1,12	1,15	0,046	0,15			*	
C15:0	1,14	1,19	0,97	1,04	1,06	0,030	<0,001	***	***		
<i>iso</i> C16:0	0,21	0,23	0,22	0,22	0,24	0,008	0,17			*	
C16:0	30,72	31,92	31,32	30,99	31,02	0,617	0,11			o	o
<i>iso</i> C17:0	0,32	0,33	0,37	0,34	0,34	0,007	<0,001	***	*	*	
C16:1	1,57	1,69	1,65	1,61	1,66	0,046	0,06			**	
C17:0	0,74	0,74	0,64	0,69	0,70	0,010	<0,001	***	***		
C17:1	0,20	0,21	0,18	0,19	0,19	0,010	0,17	*			
C18:0	11,04	10,25	11,22	10,80	10,99	0,302	0,04	o			*
C18:1 <i>t</i> 6/8	0,29	0,25	0,29	0,30	0,27	0,007	<0,001	*	*	***	o
C18:1 <i>t</i> 9	0,25	0,22	0,24	0,25	0,24	0,006	<0,001		**	***	*
C18:1 <i>t</i> 10	0,35	0,26	0,32	0,35	0,31	0,015	<0,001		*	***	*
C18:1 <i>t</i> 11	1,23	1,08	1,33	1,35	1,30	0,058	0,001	o	***	*	
C18:1 <i>t</i> 12	0,38	0,31	0,38	0,39	0,36	0,010	<0,001	*	***	***	**
C18:1 <i>t</i> 13/14	0,67	0,57	0,64	0,74	0,73	0,053	0,11		*		
C18:1 <i>c</i> 9	18,83	18,87	19,25	19,27	19,53	0,583	0,67				
C18:1 <i>t</i> 15	0,21	0,16	0,20	0,23	0,23	0,017	0,05		*		
C18:1 <i>c</i> 11	0,48	0,47	0,44	0,46	0,46	0,019	0,41	o			
C18:2	2,04	1,78	1,70	1,88	1,72	0,044	<0,001	***	***	***	*
C20:0	0,17	0,17	0,15	0,16	0,17	0,004	<0,001	***	*		
C20:1	0,12	0,11	0,10	0,10	0,11	0,012	0,61				
C18:3	1,04	0,69	0,56	0,80	0,65	0,021	<0,001	***	***	***	** *
CLA <i>c</i> 9, <i>t</i> 11	0,54	0,50	0,60	0,60	0,58	0,027	<0,001	**	***	o	
C4-C14	25,44	26,04	25,05	25,16	25,00	0,526	0,12		*		
C18:1 <i>trans</i> <i>monoeneit</i>	3,37	2,88	3,41	3,61	3,44	0,116	<0,001		***	***	o
C14:1/C14:0	0,092	0,099	0,101	0,096	0,098	0,0038	0,09	o		o	
Atherogenicity index	2,87	2,96	2,78	2,72	2,76	0,099	0,10		*	o	
BC + ON	3,17	3,28	3,02	3,05	3,12	0,045	0,001	**	**	*	o
Mufa	25,95	25,75	26,52	26,68	26,87	0,587	0,17		*		
Pufa	3,61	2,96	2,86	3,27	2,96	0,075	<0,001	***	***	***	** *
Tyydytetyt	68,92	69,92	69,10	68,52	68,66	0,646	0,15		o		
Tyydyttymättömät	29,56	28,71	29,39	29,95	29,82	0,607	0,17		o		

BC + ON = haaraketjuiset + parittomat rasvahapot.

Atherogenicity index = (C12:0 + 4 C14:0 + C16:0): (tyydyttymättömät rasvahapot)

Kontrastit: C1 nurminata vs. puna-apila + vuohenherne; C2 palkokasvitasot 50 vs. 100; C3 palkokasvilajit puna-apila vs. vuohenherne; C4 palkokasvitasojen ja palkokasvilajien yhdysvaikutus