

Rypsirehujen vaikutus maidon rasvahappokoostumukseen

Piia Kairenius¹⁾, Vesa Toivonen¹⁾, Seppo Ahvenjärvi¹⁾, Aila Vanhatalo²⁾ ja Kevin J. Shingfield¹⁾

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

²⁾Kotieläintieteenlaitos, PL 28, 00014 Helsingin yliopisto, etunimi.sukunimi@helsinki.fi

Tiivistelmä

Maitorasvan rasvahappokoostumusta voidaan muuttaa varsin tehokkaasti lehmien ruokintaa muuttamalla. Lisäämällä rehuun kasvirasvaa vähennetään lyhytketjuisten, tyydyttyneiden rasvahappojen (C12:0, C14:0 ja C16:0) pitoisuutta maidossa ja lisätään pitkäketjuisten, kerta (MUFA)- ja monityydyttymättömien (PUFA) rasvahappojen osuutta. Lisättäessä rehuun suuria annoksia rasvaa, esimerkiksi öljynä, rehun monityydyttymättömät rasvahapot pelkistyvät pötsissä epätäydellisesti ja pötsiin kertyy erilaisia reaktiovalituotteita, kuten *trans*-rasvahappoja. Öljykasvinsiemenien kuoret suojaavat monityydyttymättömiä rasvahappoja pötsimikrobien toiminnalta ja saattavat siten ehkäistä myös *trans*-rasvahappojen muodostusta pötsissä. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kuinka hyvin rypsin siemenen kuori suojaa rypsin monityydyttymättömiä rasvahappoja pelkistyksestä pötsissä ja mikä on kokonaisten öljykasvinsiemenien vaikutus maidon rasvahappokoostumukseen. Koe suoritettiin 4 x 4 latinalaisen neliön koemallin mukaan. Koekäsittelyn mukaan (kontrolli, ei rasvalisää; C) lehmien rehuseokseen sekoitettiin rypsiöljyä (RO), kokonaisia rypsin siemeniä (WR) tai murskattuja rypsin siemeniä (MR) siten, että rehuseokset sisälsivät rasvaa noin 50 g/kg KA. Rypsirasvojen lisäys ei vaikuttanut merkittävästi kokonaiskuiva-aineen syöntiin (19.3, 18.8, 21.8 ja 20.5 kg/pv koekäsittelyissä C, RO, WR ja MR vastaavasti), eikä lehmien maitotuotokseen (28.5, 28.0, 28.3 ja 26.9 kg/pv), valkuais- (31.3, 31.0, 31.1 ja 30.5 g/kg), rasva- (41.2, 42.2, 43.0 ja 43.0 g/kg) ja laktoosipitoisuuksiin (48.9, 49.0, 49.6 ja 48.6 g/kg). Rypsirasvojen lisäys muutti maitorasvan koostumusta merkittävästi. Tyydyttyneiden rasvahappojen osuus maidon kokonaisrasvahapoista väheni (72.1, 58.1, 65.3 ja 61.1 g/100g rasvahappoja; RA) ja kertatyydyttymättömien lisääntyi (26.4, 39.9, 33.2 ja 37.4 g/100g RA) rypsirasvoja lisättäessä. Tyydyttyneiden rasvahappojen osuuden väheneminen johtui erityisesti maitorauhasen *de novo*-synteesissä muodostuvien lyhytketjuisten rasvahappojen määrän vähentymisestä. Öljyhappopitoisuuden lisääntyminen (18.4, 30.2, 25.5 ja 29.4 g/100g RA) selittää lähes yksinomaan kertatyydyttymättömien rasvahappojen kokonaismäärän lisääntymisen maidon kokonaisrasvapoista. Rypsiöljylisäys nosti merkittävästi maidon *trans*-rasvahappojen pitoisuutta muihin rypsirasvoihin verrattuna (3.91, 7.12, 4.51 ja 5.08 g/100g RA). Linolihapon (C18:2n-6) pitoisuus pieneni merkittävästi (1.11, 0.98, 0.98 ja 0.92 g/100g RA). *Cis*-9, *trans*-11 CLA (engl. conjugated linoleic acid) oli maidon pääasiallinen CLA-isomeeri ja sen pitoisuus oli suurimmillaan lisättäessä rypsiöljyä lehmien rehuun (351, 597, 285 ja 346 mg/100g RA). Vaikka kaikki rasvalisät vähensivät maitorasvan tyydyttyneiden rasvahappojen pitoisuutta ja lisäsivät MUFA:n ja PUFA:n osuutta kontrolliruokintaan verrattuna, ravitsemuksellisesti paras muutos maidon rasvahappokoostumukseen saatiin lisättäessä lehmien rehuun murskattuja rypsin siemeniä.

Asiasanat: lypsylehmä, maitorasva, MUFA, PUFA, CLA, *trans*-rasvahapot, rypsin siemen, rypsiöljy

Johdanto

Maitorasvan koostumus on monipuolinen. Se sisältää yhteensä noin 400 erilaista rasvahappoa, joista suuri osa on lyhyitä ja keskipitkiä rasvahappoja (C4-C14, C16). Pitkäketjuisten, yli 18 hiiliatomia sisältävien, rasvahappojen osuus maitorasvasta on pieni ja johtuu pitkälti rehun rasvahappokoostumuksesta. Rasvahapot ovat joko tyydyttyneitä, kertatyydyttymättömiä tai monityydyttymättömiä. Tyydyttyneistä rasvahapoista maidossa on eniten palmitiinihappoa (C16:0). Monityydyttymättömiä rasvahappoja on maidossa vähän, vain pari prosenttia. Maitorasva sisältää myös jonkin verran tyydyttymättömiä *trans*-rasvahappoja, joita muodostuu maitorasvaan pötsin mikrobitoiminnan tuloksena.

Maitorasvan rasvahappokoostumusta voidaan muuttaa varsin tehokkaasti lehmien ruokintaa muuttamalla. Lisättäessä rehuun runsaasti monityydyttymättömiä rasvahappoja, esimerkiksi kasviöljynä tai öljykasvinsiemeninä, maitorasvan koostumus muuttuu ravitsemuksellisesti suotuisampaan suuntaan. Tällöin lyhytketjuisten, tyydyttyneiden rasvahappojen osuus maidossa vähenee ja pitkäketjuisten, kerta- ja monityydyttymättömien rasvahappojen osuus lisääntyy (Chilliard ym. 2000; 2001; Chilliard ja Ferlay, 2004; Givens ja Shingfield, 2006). Pötsin rasva-aineenvaihdunnan takia *trans*-rasvahappojen muodostumista ja rikastumista maitoon ei voida kuitenkaan kokonaan välttää (Harfoot ja Hazlewood, 1988).

Rypsiöljyn lisääminen lypsylehmien rehuun on hyvä menetelmä muuttaa maitorasvan koostumusta ravitsemuksellisesti suotuisampaan suuntaan. Öljyn monityydyttymättömät rasvahapot ovat kuitenkin alttiita pötsimikrobien pelkistysreaktiolle (ts. biohydrogenaatio), jolloin erilaisten reaktiiväliuotteiden, kuten *trans*-rasvahappojen, muodostus pötsissä lisääntyy. Lisättäessä rehuun kokonaisia öljykasvinsiemeniä siemenien tiedetään suojaavan monityydyttymättömiä rasvahappoja pötsimikrobien toiminnalta. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kuinka hyvin rypsin siemenen kuori suojaa rypsin monityydyttymättömiä rasvahappoja pelkistykseltä pötsissä ja kuinka paljon tämä vaikuttaa *trans*-rasvahappojen muodostumiseen biohydrogenaation väliuotteena, ja mikä on näiden tekijöiden vaikutus maidon rasvahappokoostumukseen.

Aineisto ja menetelmät

Kokeessa selvitettiin erilaisten rypsirehujen vaikutusta maidon rasvahappokoostumukseen. Koe toteutettiin 4 x 4 latinalaisen neliön koemallin mukaan Jokioisilla MTT Kotieläintuotannon Koe-eläintallilla keväällä 2006. Kokeessa käytettiin neljää pötsifistelöityä lypsylehmää. Koejakson pituus oli 21 päivää. Kokeen aikana lehmät söivät vapaasti seosrehua, jonka karkearehun ja väkirehun suhde oli 60:40. Karkearehuna käytettiin rajoittuneesti käynnyttä säilörehua. Koekäsittelystä riippuen lehmien rehuseokseen (kontrolli, ei rasvalisää; C) sekoitettiin rypsiöljyä (RO), kokonaisia rypsin siemeniä (WR) tai murskattuja rypsin siemeniä (MR) siten, että rehuseokset sisälsivät rasvaa noin 50 g/kg KA. Seosrehut sekoitettiin päivittäin rasvan hapettumisen estämiseksi. Rypsirouhetta annosteltiin rehuseoksiin siten, että raakavalkuaisen saanti oli yhtä suuri kaikilla koekäsittelyillä. Totutusjaksolla lehmät söivät kontrollirehuseosta.

Seosrehut jaettiin lehmille neljä kertaa päivässä. Lehmien syönnit ja maitotuotokset mitattiin päivittäin koko kokeen ajan. Suhteelliset maitonäytteet maidon valkuais-, rasva- ja laktoosipitoisuuden sekä rasvahappokoostumuksen määrittämiseksi otettiin jokaisen jakson viimeisellä viikolla neljältä peräkkäiseltä lypsykerralta. Maidon rasvahappomääritystä varten otetut näytteet pakastettiin välittömästi näytteenoton jälkeen.

Rehunäytteet analysoitiin MTT Kotieläintuotannon tutkimuksen laboratoriossa standardimenetelmin. Rasvan uutto, triglyseridien transmetylaatio ja vapaiden rasvahappojen metylaatio rasvahapon metyyliesteriksi (FAME) rehuista, rypsiöljystä ja maidosta tehtiin Shingfieldin ym. (2003) mukaan. Rasvahapon metyyliesterit (kokonaisrasvahapot ja C18:1-isomeerit) määritettiin kaasukromatografilla, jossa oli liekki-ionisaatiodekettori (FID). Rasvahappojen erottelu toteutettiin CP-Sil 88 kapillaarikolonilla, jossa käytettiin vetyä kantajakaasuna (Shingfield ym. 2003). Rasvahapot tunnistettiin pääasiassa vertaamalla niiden retentioaikoja metyloitujen rasvahappojen standardeihin (UC-59-M, GLC-68A, GLC-463, Nu-Chek-Prep Inc. ja CRM 164 maitorasvan referenssistandardi, Community Bureau of Reference, Brysseli, Belgia).

Konjugoidun linolihapon (eng conjugated linoleic acid; CLA) isomeerit määritettiin nestegromatografilla, jossa oli neljä peräkkäistä ChromSpher Lipids-kolonnia. Ajoliuoksena käytettiin 0.1 % asetonitriiliä (ACN) heptaanissa 1 ml/min virtausnopeudella (Shingfield ym. 2003).

Konjugoidun linolihapon *trans,trans*-, *cis,trans*- ja *trans,cis*-isomeerit tunnistettiin vertaamalla näytteiden kromatogrammeja metyloitujen CLA-isomeeristandardien kromatogrammeihin (Matreya Incorporated, Sigma O-5632) sekä kirjallisuudessa (Sehat ym. 1998, Fritsche ym. 2001) julkaistuihin CLA-kromatogrammeihin. Maidon rasvapitoisuus, valkuaispitoisuus ja laktoosipitoisuus määritettiin infrapuna-analysaattorilla. Tulokset analysoitiin tilastollisesti SAS GLM -proseduurilla mallilla, jossa olivat mukana jakson, lehmän ja ruokinnan vaikutukset.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Rypsiravojen lisäys ei vaikuttanut merkittävästi kokonaiskuiva-aineen eikä muiden ravintoaineiden syöntiin (taulukko 1). Kokonaiskuiva-aineen syönti oli kuitenkin hieman suurempi lisättäessä lehmien rehuun kokonaisia ja murskattuja rypsinisiemeniä kuin ilman rasvalisää tai lisättäessä rehuun rypsiöljyä. Vaikka lehmien päivittäinen rasvan saanti oli noin 1 kg/päivä rypsiravoa sisältävillä koekäsittelyillä koko kokeen ajan, koekäsittelyillä ei ollut vaikutusta lehmien maitotuotokseen (28.5, 28.0, 28.3 ja 26.9 kg/pv koekäsittelyissä C, RO, WR ja MR vastaavasti, SEM = 0.72) eikä valkuais- (31.3, 31.0, 31.1 ja 30.5 g/kg, SEM = 0.28), rasva- (41.2, 42.2, 43.0 ja 43.0 g/kg, SEM = 2.09) ja laktoosipitoisuuksiin (48.9, 49.0, 49.6 ja 48.6 g/kg, SEM=0.59). Rasvahappojen kokonaissaannit sekä tyydyttyneiden, kerta- ja monityydyttymättömien rasvahappojen saannit lisääntyivät ($P<0,001$) odotetusti rypsiravoa lisättäessä (taulukko 1).

Rypsiravojen lisäys muutti maitorasvan koostumusta merkittävästi. Tyydyttyneiden rasvahappojen osuus maidon kokonaisrasvahapoista väheni ($P<0,001$) ja kertatyydyttymättömien rasvahappojen osuus lisääntyi ($P<0,001$) rypsiravoa lisättäessä (taulukko 2). Tyydyttyneiden rasvahappojen osuuden väheneminen johtui erityisesti maitorauhasen *de novo*-synteesissä muodostuvien lyhytketjuisten ($\leq C14$) rasvahappojen määrän vähentymisestä, mikä on osoitus maitorauhasen rasvahapposynteesin heikkenemisestä lisättäessä suuria annoksia rasvaa märehitijöiden rehuun (Grummer 1991). Myös palmitiinihappopitoisuuden (C16:0) pieneneminen saattaa olla osoitus maitorauhasen *de novo*-synteesin heikkenemisestä. Rypsiöljyn lisäys vähensi tyydyttyneiden rasvahappojen osuutta (taulukko 2; $P<0,001$) ja lisäsi *trans*-rasvahappojen osuutta ($P<0,001$) merkittävästi muihin rypsilisiin verrattuna. Lisättäessä rehuun kokonaisia tai murskattuja rypsinisiemeniä, niiden kuoret suojaavat monityydyttymättömiä rasvahappoja pötsissä, jolloin myös biohydrogenaation välituotteena muodostuvien *trans*-rasvahappojen kertyminen pötsiin on vähäisempää.

Rypsirehujen vaikutus maidon C18:1-isomeereihin ja CLA:n koostumukseen on esitetty taulukoissa 3 ja 4. Öljyhapon (*cis*-9 C18:1) pitoisuuden lisääntyminen (taulukko 3; $P<0,001$) rypsirehuja lisättäessä selittää lähes yksinomaan kertatyydyttymättömien rasvahappojen kokonaismäärän lisääntymisen maidon kokonaisrasvahapoista. Rypsin suuri öljyhappopitoisuus ei selitä yksin maidon öljyhappopitoisuuden lisääntymistä. Rypsin rasvahappokoostumuksen lisäksi maidon öljyhappopitoisuus riippuu sekä rasvahappojen epätäydellisestä biohydrogenaatiosta pötsissä että maitorauhasen Δ^9 -desaturaasientsyymin vaikutuksesta (Chilliard ym., 2000). Vaikka rypsirehujen vaikutus maidon C18:2-rasvahappojen pitoisuuteen oli suhteellisen pieni, linolihapon (C18:2n-6; *cis*-9, *cis*-12 C18:2) osuus väheni merkittävästi rypsiravoa lisättäessä (taulukko 4; $P<0,05$). *Cis*-9, *trans*-11 CLA oli maidon pääasiallinen CLA-isomeeri ja sen pitoisuus oli suurimmillaan lisättäessä rypsiöljyä lehmien rehuun ($P<0,001$). Myös *trans*-7, *cis*-9 CLA:n osuus maidon CLA:sta lisääntyi rypsiravoa lisättäessä ja sen osuus oli suurimmillaan rypsiöljyä lisättäessä ($P<0,01$). Maidon *cis*-9 C18:1, *cis*-9, *trans*-11- ja *trans*-7, *cis*-9 CLA:n pitoisuudet olivat suuria, mikä selittyy pääosin maitorauhasen Δ^9 -desaturaasientsyymin aktiivisuudesta (Griinari ym. 2000, Corl ym. 2001 ja 2002).

Johtopäätökset

Lisäämällä rypsin rasvaa lypsylehmien rehuun maidon rasvahappokoostumusta saatiin muutettua ravitsemuksellisesti suotuisampaan suuntaan. Kaikki rasvalisät vähensivät maitorasvan tyydyttyneiden rasvahappojen pitoisuutta ja lisäsivät kerta- ja monityydyttymättömien rasvahappojen osuutta kontrolliruokintaan verrattuna. *Trans*-rasvahappojen rikastumista maitoon ei kuitenkaan voitu kokonaan välttää pötsimikrobien rasva-ainenvaihdunnan takia. *Trans*-rasvahappojen rikastuminen maitoon oli suurimmillaan lisättäessä rypsiöljyä lehmien rehuun. Vaikka kaikki rasvalisät vähensivät maitorasvan tyydyttyneiden rasvahappojen pitoisuutta ja lisäsivät kerta- ja monityydyttymättömien

rasvahappojen osuutta kontrolliruokintaan verrattuna, ravitsemuksellisesti paras muutos maidon rasvahappokoostumukseen saatiin lisättäessä lehmien rehuun murskattuja rypsinsemiä.

Kirjallisuus

- Corl B.A., Baumgard L.H., Dwyer D.A., Griinari J.M., Phillips B.S. & Bauman D.E.** 2001. The role of delta(9)-desaturase in the production of *cis*-9, *trans*-11 CLA. *Journal of Nutritional Biochemistry* 12: 622-630.
- Corl B.A., Baumgard L.H., Griinari J.M., Delmonte, P., Morehouse K.M., Yurawecz M.P. & Bauman D.E.** 2002. *Trans*-9, *cis*-9 CLA is synthesized endogenously by delta(9)-desaturase in dairy cows. *Lipids* 37: 681-688.
- Chilliard Y, Ferlay A & Doreau M.** 2001. Effect of different types of forages, animal fat or marine oils in cow's diet on milk fat secretion and composition, especially conjugated linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acids. *Livestock Production Science* 70: 31-48.
- Chilliard Y & Ferlay A.** 2004. Dietary lipids and forages interactions on cow and goat milk fatty acid composition and sensory properties. *Reproduction Nutrition Development* 44: 467-492.
- Chilliard Y, Ferlay A, Mansbridge R.M & Doreau M.** 2000. Ruminant milk fat plasticity: nutritional control of saturated, polyunsaturated, trans and conjugated fatty acids. *Ann. Zootech.* 49: 181-205.
- Fritsche, J., Yurawecz, M.P., Pawlosky, R., Flanagan, V.P., Steinhart, H. & Ku, Y.** 2001. Spectroscopic characterization of unusual conjugated linoleic acid (CLA) isomers. *Journal of Separation Science* 24: 559-618.
- Givens D.I. & Shingfield K.J.** 2006. Optimising dairy milk fatty acid composition. In: *Improving the fat content of foods* (Ed. C M Williams and J Buttriss), Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, UK, pp. 252-280.
- Griinari J.M., Corl, B.A., Lacy, S.H., Chouinard, P.Y., Nurmela K.V.V. & Bauman, D.E.** 2000. Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by Δ^9 -desaturase. *Journal of Nutrition* 130: 2285-2291.
- Grummer, R.R. & Carrol D.J.** 1991. Effects of dietary fat on metabolic disorders and reproductive performance of dairy cattle. *Journal of Animal Science* 69: 3838-3852.
- Harfoot C.G. & Hazelwood G.P.** 1988. Lipid Metabolism in the Rumen. In: *The Rumen Microbial Ecosystem* (Ed. PN Hobson), Elsevier Science, London, UK, pp. 285-322.
- Sehat, N., Yurawecz, M.P., Roach, J.A.G., Mossoba, M.M., Kramer, J.K.G. & Ku, Y.** 1998. Silver-ion high-performance liquid chromatographic separation and identification of conjugated linoleic acid isomers. *Lipids* 33: 217-221.
- Shingfield, K.J., Ahvenjärvi, S., Toivonen, V., Ärölä, A., Nurmela, K.V.V., Huhtanen, P. & Griinari J.M.** 2003. Effect of dietary fish oil on biohydrogenation of fatty acids and milk fatty acid content in cows. *Animal Science* 77: 165-179.

Taulukko 1. Rypsiravalsien vaikutus ravintoaineiden ja rasvahappojen saantiin.

	Koekäsittely				SEM	Tilastollinen merkitsevyys ¹
	Kontrolli	Rypsiöljy	Rypsinsiemen	Murskattu rypsinsiemen		
Kokonaiskuiva-aine (kg/pv)	19.3 ^a	18.8 ^a	21.8 ^b	20.5 ^{ab}	0.69	o
Orgaaninen aine (kg/pv)	18.0 ^a	17.6 ^a	20.4 ^b	19.2 ^{ab}	0.65	o
Solunseinäkuitu (kg/d)	7.82 ^{ab}	7.30 ^a	8.37 ^b	7.76 ^{ab}	0.247	
Typpi (g/pv)	473 ^{ab}	442 ^b	565 ^c	527 ^{bc}	17.6	*
Rasvahapot (g/pv)						
C12:0	2.05	1.97	2.11	1.94	0.062	
C14:0	1.59 ^a	1.94 ^b	2.14 ^b	1.98 ^b	0.071	**
C16:0	75.2 ^a	120 ^b	121 ^b	111 ^b	4.291	**
C16:1	12.2 ^a	13.4 ^{ab}	14.9 ^{ab}	13.9 ^b	0.475	*
C18:0	6.66 ^a	25.8 ^b	24.6 ^{bc}	21.9 ^c	1.054	***
C18:1 <i>cis</i> -9	75.6 ^a	474 ^b	595 ^c	526 ^{bc}	27.81	***
C18:1	92.4 ^a	518 ^b	658 ^c	582 ^{bc}	30.53	***
C18:2n-6	138 ^a	358 ^b	317 ^{bc}	288 ^c	12.71	***
C18:2 <i>trans</i>	1.66 ^a	2.66 ^b	3.20 ^c	3.08 ^{bc}	0.137	**
C18:3n-3	167 ^a	242 ^b	246 ^b	225 ^b	8.791	**
Yhteenveto						
Tyydyttyneet	108 ^a	180 ^b	186 ^b	170 ^b	6.704	**
Kertatyydyttymättömät	109 ^a	540 ^b	691 ^c	612 ^{bc}	31.75	***
Monityydyttymättömät	307 ^a	604 ^b	567 ^{bc}	517 ^c	21.62	***
Yhteensä	526 ^a	1328 ^b	1448 ^b	1303 ^b	59.79	***

¹Tilastollinen merkitsevyys: * P<0,05, ** P<0,01, *** P<0,001, o P<0,10, jos tyhjä P>0,10.

Taulukko 2. Rypsiravalsien vaikutus maidon rasvahappokoostumukseen (g/100g rasvahappoja).

	Koekäsittely				SEM	Tilastollinen merkitsevyys ¹
	Kontrolli	Rypsiöljy	Rypsinsiemen	Murskattu rypsinsiemen		
C4:0	5.09 ^a	4.59 ^b	5.25 ^a	4.88 ^{ab}	0.112	*
C6:0	2.56 ^a	1.89 ^b	2.32 ^c	2.07 ^b	0.068	**
C8:0	1.35 ^a	0.87 ^b	1.12 ^c	0.96 ^{bc}	0.047	**
C10:0	2.64 ^a	1.51 ^b	1.95 ^c	1.69 ^{bc}	0.103	**
C12:0	3.01 ^a	1.71 ^b	2.16 ^c	1.87 ^{bc}	0.102	***
C14:0	11.0 ^a	7.12 ^b	8.85 ^c	7.84 ^b	0.212	***
C16:0	31.4 ^a	18.6 ^b	24.0 ^c	20.4 ^b	0.797	***
C16:1	1.88 ^a	1.58 ^b	1.53 ^b	1.51 ^b	0.026	***
C18:0	9.91 ^a	17.8 ^b	15.5 ^c	17.3 ^b	0.481	***
C18:1 <i>cis</i> yht.	19.2 ^a	31.2 ^b	26.3 ^c	30.3 ^b	0.925	***
C18:1 <i>trans</i> yht.	2.25 ^a	4.95 ^b	2.98 ^{ac}	3.42 ^c	0.275	**
C18:1 yht.	21.5 ^a	36.2 ^b	29.3 ^c	33.7 ^b	0.814	***
C18:2 yht. ²	1.71 ^{ab}	1.75 ^b	1.58 ^{ab}	1.53 ^b	0.055	o
CLA ³	0.47 ^a	0.76 ^b	0.41 ^c	0.47 ^a	0.019	***
C18:3n-3	0.44 ^a	0.28 ^b	0.39 ^c	0.32 ^d	0.008	***
Yhteenveto						
Tyydyttyneet	72.1 ^a	58.1 ^b	65.3 ^c	61.1 ^d	0.842	***
Kertatyydyttymättömät	26.4 ^a	39.9 ^b	33.2 ^c	37.4 ^b	0.815	***
<i>Trans</i> -rasvahapot	3.91 ^a	7.12 ^b	4.51 ^{ac}	5.08 ^c	0.331	**
Monityydyttymättömät yht.	3.05 ^a	3.10 ^a	2.72 ^b	2.64 ^b	0.071	*

¹Tilastollinen merkitsevyys: * P<0,05, ** P<0,01, *** P<0,001, o P<0,10, jos tyhjä P>0,10.

²C18:2-rasvahappojen kokonaismäärä, joka ei sisällä CLA:ta.

³Sisältää kaikki CLA:n isomeerit.

Taulukko 3. Rypsirasvalisien vaikutus maidon C18:1-rasvahappokoostumukseen (g/100g rasvahappoja).

	Koekäsittely				SEM	Tilastollinen merkitsevyys ¹
	Kontrolli	Rypsiöljy	Rypsin siemen	Murskattu rypsin siemen		
C18:1 <i>cis</i> -9	18.4 ^a	30.2 ^b	25.5 ^c	29.4 ^b	0.926	***
C18:1 <i>cis</i> -11	0.48 ^{ab}	0.53 ^a	0.43 ^b	0.48 ^{ab}	0.022	o
C18:1 <i>cis</i> -12	0.12 ^a	0.18 ^b	0.12 ^a	0.14 ^a	0.011	*
C18:1 <i>cis</i> -13	0.05 ^a	0.08 ^b	0.05 ^a	0.07 ^{ab}	0.005	*
C18:1 <i>cis</i> -15	0.08 ^a	0.16 ^b	0.10 ^{ab}	0.12 ^{ab}	0.018	o
C18:1 <i>cis</i> -16	0.06 ^a	0.11 ^b	0.09 ^c	0.09 ^c	0.004	**
C18:1 <i>trans</i> -4	0.02 ^a	0.05 ^b	0.05 ^b	0.05 ^b	0.003	***
C18:1 <i>trans</i> -5	0.02	0.06	0.03	0.08	0.026	
C18:1 <i>trans</i> -6, 7 ja 8	0.14 ^a	0.45 ^b	0.29 ^c	0.34 ^c	0.026	***
C18:1 <i>trans</i> -9	0.23 ^a	0.50 ^b	0.37 ^c	0.44 ^b	0.020	***
C18:1 <i>trans</i> -10	0.16 ^a	0.54 ^b	0.23 ^{ab}	0.27 ^{ab}	0.097	
C18:1 <i>trans</i> -11	0.75 ^a	1.47 ^b	0.70 ^a	0.79 ^a	0.033	***
C18:1 <i>trans</i> -12	0.19 ^a	0.47 ^b	0.30 ^c	0.34 ^c	0.029	**
C18:1 <i>trans</i> -13 ja 14	0.46 ^a	0.86 ^b	0.63 ^c	0.63 ^c	0.044	**
C18:1 <i>trans</i> -16	0.28 ^a	0.55 ^b	0.39 ^{ab}	0.46 ^b	0.053	o

¹Tilastollinen merkitsevyys: * P<0,05, ** P<0,01, *** P<0,001, o P<0,10, jos tyhjä P>0,10.

Taulukko 4. Rypsirasvalisien vaikutus maidon CLA- ja C18:2-rasvahappokoostumukseen (g/100g rasvahappoja).

	Koekäsittely				SEM	Tilastollinen merkitsevyys ¹
	Kontrolli	Rypsiöljy	Rypsin siemen	Murskattu rypsin siemen		
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12	1.11 ^a	0.98 ^b	0.98 ^b	0.92 ^b	0.024	*
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -12	0.09 ^a	0.13 ^b	0.10 ^{ac}	0.11 ^c	0.006	*
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -13	0.16 ^a	0.26 ^b	0.19 ^{ac}	0.21 ^c	0.013	*
C18:2 <i>trans</i> -9, <i>cis</i> -12	0.03	0.03	0.03	0.03	0.002	
C18:2 <i>trans</i> -11, <i>cis</i> -15	0.15	0.15	0.11	0.11	0.015	
C18:2 <i>trans</i> -12, <i>cis</i> -15	0.04	0.04	0.04	0.04	0.003	
C18:2 <i>trans</i> -9, <i>trans</i> -12	0.01	0.02	0.01	0.01	0.002	
C18:2 <i>trans</i> -10, <i>trans</i> -14	0.04	0.05	0.04	0.04	0.006	
C18:2 <i>trans</i> -11, <i>trans</i> -15	0.04 ^a	0.05 ^b	0.03 ^a	0.03 ^a	0.003	*
CLA <i>cis</i> -8, <i>cis</i> -10	0.90	0.79	0.63	0.57	0.197	
CLA <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -11	1.91	2.20	2.17	1.79	0.256	
CLA <i>cis/trans</i> 6,8	1.24	1.32	1.74	1.63	0.535	
CLA <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11	351 ^a	597 ^b	285 ^a	346 ^a	20.38	***
CLA <i>cis</i> -11, <i>trans</i> -13	1.59	1.61	0.79	1.96	0.595	
CLA <i>trans</i> -7, <i>cis</i> -9	25.1 ^a	86.9 ^b	48.9 ^c	63.8 ^c	5.603	**
CLA <i>trans</i> -8, <i>cis</i> -10	9.21 ^a	10.1 ^a	6.13 ^b	6.11 ^b	0.847	*
CLA <i>trans</i> -10, <i>cis</i> -12	1.03	2.37	1.55	1.70	0.552	
CLA <i>trans</i> -11, <i>cis</i> -13	14.2 ^a	8.09 ^b	6.30 ^b	5.95 ^b	1.045	**
CLA <i>trans</i> -12, <i>cis</i> -14	1.64	2.19	2.06	1.70	0.571	
CLA <i>trans</i> -13, <i>cis</i> -15	3.98	3.49	4.26	3.15	0.533	
CLA <i>trans</i> -7, <i>trans</i> -9	1.46	1.69	1.37	1.01	0.238	
CLA <i>trans</i> -8, <i>trans</i> -10	1.36	1.72	2.00	1.08	0.421	
CLA <i>trans</i> -9, <i>trans</i> -11	8.32 ^a	5.41 ^b	4.03 ^b	3.64 ^b	0.664	*
CLA <i>trans</i> -10, <i>trans</i> -12	2.84	3.09	2.72	2.18	0.313	
CLA <i>trans</i> -11, <i>trans</i> -13	12.1 ^a	9.47 ^{ab}	10.7 ^{ab}	9.04 ^b	0.873	
CLA <i>trans</i> -12, <i>trans</i> -14	8.21	8.32	7.81	6.26	0.077	
CLA <i>trans</i> -13, <i>trans</i> -15	0.93	1.03	1.08	0.91	0.091	

¹Tilastollinen merkitsevyys: * P<0,05, ** P<0,01, *** P<0,001, o P<0,10, jos tyhjä P>0,10.