

Hydrogenering av fettsyrer i vomma - effekt av botanisk sammensetning av surfôret

STEFFEN ADLER^{1,2}, HÅVARD STEINSHAMN¹, ERLING THUEN², SØREN KROGH JENSEN³ OG JENS HANSEN-MØLLER³

Bioforsk Økologisk¹, Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap/Universitetet for miljø- og biovitenskap², Institut for husdyrbiologi og -sundhed/Aarhus universitet³

Innledning

Surfôr inneholder lite fett men en stor andel av fettene består av flerumettete fettsyrer (PUFA) der linolsyre (C18:2c9,12) og α -linolensyre (C18:3c9,12,15) utgjør til sammen ca $\frac{3}{4}$ (Elgserma *et al.*, 2003). Mesteparten av fettsyrene i plantene blir hydrolysert i ensileringsprosessen eller i vomma, og 70-100% av de frie umettete fettsyrene blir fullstendig hydrogenert av mikrober i vomma. Dermed består fettsyrene som forlater vomma i hovedsak av palmitinsyre (C16:0) og stearinsyre (C18:0) men også en del C18-hydrogeneringsintermediater. Høyt fettinnhold eller stor andel kraftfôr i rasjonen, som senker pH i vomma, reduserer hydrogeneringen i vomma. Den botaniske sammensetningen i grovfôret kan også påvirke hydrogeneringen. Rødkløver inneholder polyfenoler og har høy aktivitet av enzymet polyfenoloksidase (PPO) som oksiderer polyfenoler. Oksiderte fenoler danner quinoner som kan binde seg til og delvis inaktivere enzymer, som f.eks. lipase som hydrolyserer fett (Lee *et al.*, 2009). Dersom fettene ikke blir hydrolysert og fettsyrene frigjort kan de heller ikke hydrogeneres. Det finnes indikasjoner på at også andre plantearter inneholder stoffer som reduserer hydrogeneringen (Lourenco *et al.*, 2008). Økt innhold av PUFA i materialet som forlater vomma gjennom bladmagene fører til økt innhold av PUFA i melk. Noe som anses å være helsemessig gunstig i humanernæringen. Målet med dette forsøket var å undersøke om botanisk sammensetning i surfôr påvirker hydrogenering av fettsyrer i vomma.

Materiale og metode

Fire kyr (Norsk rødt fe, 118 \pm 40,9 dager i laktasjonen, 631 \pm 35,3 kg kroppsvekt) ble utstyrt med vomfistler og tilfeldig fordelt på fire fôrrasjoner i et 4x4 Latinsk kvadrat med 21-dagers perioder der de første 14 dager ble brukt til tilpasning og dag 15 til 21 ble brukt til registreringer og prøvetaking. Fôrrasjonene bestod av en blanding av surfôr fra første (05.06.2009) og tredje slått (08.09.2009) av kortvarig økologisk eng (KS; 42% timotei 'Grindstad', 36% rødkløver 'Bjursele', 9% kveke), langvarig økologisk eng (LS; 26% engrapp, 18% timotei, 11% engsvingel, 9% hvitkløver, 9% løvetann, 9% krypsleie), flerårig raigras (RS; 87%

'Napoleon', 6% hvitkløver) eller timotei (TS; 96% 'Grindstad'). I tillegg ble det gitt 6 kg byggpellets (bygg 93,3%, melasse 5% og mineralblanding 1,7% (Vilomix, Norsk mineralnæring) til alle kyr. I registreringsperioden fikk kyrne 90% av *ad libitum* surfôropptak fra dag 1 til 11 i hver periode og byggpellets tilsvarende 31% av det totale fôropptaket. Fôrrester ble registrert daglig. Passasjen i bladmagen ble estimert ved bruk av et trippelmarkørssystem der ufordøyelig fiber fra fôrrasjonen (iNDF) var markør for store partikler (>100 µm), Yb-acetat var markør for små partikler (<100 µm) og Cr-EDTA var markør for væskefasen. De to siste ble kontinuerlig infudert i vomma med en rate på 2,35 g Yb og 3,04 g Cr per dag. Det ble tatt prøver av surfô, byggpellets, bladmageinnhold, gjødsel og melk. Bladmageprøver ble separert i de tre fasene. Prøvene ble frysetørket (unntatt melk) og analysert for NDF, iNDF (etter 288 t in situ inkubasjon i 17 µm nylonposer), Yb, Cr, og fettsyresammensetning (unntatt gjødsel). Innhold i surfô og væskefasen fra bladmagen ble korrigert for flyktige komponenter. Gjenfinningsgraden av markør i gjødsel var lavere for RS enn for de andre behandlingene og fordi også gjødselmengden var uventet lav ble det for RS beregnet en teoretisk gjødselmengde som gir samme gjenfinningsgrad for Cr som periodemiddel av de andre behandlingene. Middels gjenfinningsgrad etter korreksjon var for iNDF 65%, for Yb 120% og for Cr 77%. Passasjen av små partikler ble beregnet til å være negativ i fem tilfeller og ble derfor erstattet med middelværdier for behandlingen. Tilsynelatende hydrogenering av fettsyrer i vomma ble beregnet som 1 minus passasje i bladmagen per fôropptak. Tilsynelatende gjenfinningsgrad av fettsyrer i melk ble beregnet som passasje av fettsyrer til melk per passasje i fôropptak. Dataene ble analysert med proc mixed prosedyren (SAS 9.2) med behandling som fast variabel, og kunnummer og periode som faste tilfeldige variabler.

Resultater og diskusjon

Opptak av surfô ble ikke påvirket av surfôrtype (tabell 1) men TS ga lavere ytelse enn de andre surfôrtypene (KS: 17,9 kg/dag; LS: 18,5 kg/dag; RS: 18,0 kg/dag; TS: 16,3 kg/dag; $p = 0,002$). Årsaken kan være høyere innhold av NDF og lavere innhold av protein i TS sammenlignet med de andre surfôrtypene til tross for at det ikke ble registrert forskjeller i fenologisk utviklingstrinn. Vomfordøyelighet (middel: tørrstoff 0,44, NDF 0,58) og totalfordøyelighet (middel: tørrstoff 0,80, NDF 0,73) var ikke signifikant forskjellig mellom surfôrtypene etter korreksjon av gjødselmengde for RS. Kyrne hadde i gjennomsnitt lagt på seg 413 g/dag og det antas derfor en nettoabsorpsjon av fettsyrer i fettvev. Hydrogenering av C18-fettsyrer i vomma førte til dannelse av i middel 150 g C18:0 per dag mens ytelsen av C18:0 i melk var i middel 54 g/dag. Hydrogenering av oljesyre (C18:1c9) var i middel 64%, mens passasjen til melk var 4x høyere (89 g/dag) enn i bladmagen. Dette tyder på at største parten av C18:0 som ikke ble overført fra bladmage til melk (101 g/dag) ble desaturert (Δ^9 -desaturase) til C18:1c9.

Tabell 1. Passasje av tørrstoff, fett og C18-fettsyrer ved fôropptak, i bladmagen og ved utskillelse i melk ved fôring med surfôr av kortvarig eng (KS), langvarig eng (LS), flerårig raigras (RS) eller timotei (TS)

Passasje, g/dag		KS	LS	RS	TS	SED	p ¹
Tørrstoff	Opptak	17901	17921	17419	16691	653,7	NS
	Bladmage	10003	9338	9053	10959	1456,1	NS
	Melk	2213 ^{ab}	2262 ^a	2232 ^{ab}	2064 ^b	55,0	*
Fett	Opptak	511	639	623	564	45,8	NS
	Bladmage	527	534	536	606	80,5	NS
	Melk	788	788	796	770	36,5	NS
Sum fettsyrer	Opptak	292 ^b	359 ^a	332 ^{ab}	269 ^b	16,8	**
	Bladmage	271	291	271	305	39,0	NS
	Melk	638	614	620	649	37,9	NS
C18:0	Opptak	6 ^a	6 ^a	6 ^a	5 ^b	0,0	**
	Bladmage	137	153	155	177	21,5	NS
	Melk	51	58	53	56	4,8	NS
C18:1c9	Opptak	24 ^b	28 ^a	23 ^b	22 ^b	0,8	**
	Bladmage	9	10	7	8	1,3	NS
	Melk	98	99	96	99	6,4	NS
C18:1t11	Opptak	0	0	0	0		
	Bladmage	23 ^{ab}	26 ^a	14 ^c	16 ^{bc}	2,8	**
	Melk	13 ^a	14 ^a	7 ^b	7 ^b	1,1	***
C18:2c9,12	Opptak	96 ^b	112 ^a	90 ^b	88 ^b	4,2	**
	Bladmage	14	15	12	13	2,1	NS
	Melk	12	11	9	9	0,8	*
C18:3c9,12,15	Opptak	90 ^b	125 ^a	127 ^a	85 ^b	9,4	**
	Bladmage	7	5	6	5	0,9	NS
	Melk	5 ^a	4 ^b	4 ^b	3 ^b	0,3	**
Sum umettede C18-fettsyrer	Opptak	213 ^b	268 ^a	243 ^{ab}	198 ^b	13,5	**
	Bladmage	55	58	40	45	6,9	(*)
	Melk	136	136	122	123	8,5	NS

¹ NS p > 0,05; (*) p < 0,1; * p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0,001

Det betyr at i middel ble 59% av C18:0 desaturert i juret (tabell 2). Det ble dannet mer transvaksensyre (C18:1t11) i vomma på KS og LS enn på RS og TS og omtrent halvparten ble overført til melka. Passasjen av C18:1t11 og CLA (C18:2c9t11) til melk fulgte samme mønsteret og årsaken kan være et diettbetinget skift i mikrobiosammensetningen i vomma (Lourenco *et al.*, 2008). Tilsynelatende hydrogenering av C18:1c9 og C18:2c9,12 var ikke forskjellig for surfôrtypene, men hydrogenering av C18:3c9,12,15 var lavere på KS enn LS og RS. C18:3c9,12,15 hadde størst tilsynelatende gjenfinningsgrad i melk fra fôr og andelen i melkefettet var høyere enn for KS og TS. Resultatene viser at hydrogeneringen øker med økende antall dobbeltbindinger i umettede C18-fettsyrer. Hydrogeneringen av umettede C18-fettsyrer var lavere for KS enn RS og det var en tendens til høyere passasje av umettede C18-fettsyrer til melk for KS og LS sammenlignet med RS og TS. Lee *et al.* (2003) fant større effekt av

rødkløversurfôr (0,84) og rødkløvergrassurfôr (0,79) på hydrogenering av C18:3c9,12,15 sammenlignet med rent grassurfôr (0,92) enn i dette forsøket.

Tabell 2. Tilsynelatende hydrogenering (H) av umettede C18-fettsyrer(FS), desaturase av C18:0 og andelen av C18:2c9,12 og C18:3c9,12,15 i melk (g/100 g FS) ved føring med surfôr av kortvarig eng (KS), langvarig eng (LS), flerårig raigras (RS) eller timotei (TS)

	KS	LS	RS	TS	SED	p ¹
H: C18:1c9, andel	0,62	0,66	0,69	0,62	0,040	NS
H: C18:2c9,12, andel	0,85	0,87	0,87	0,85	0,014	NS
H: C18:3c9,12,15, andel	0,92 ^b	0,96 ^a	0,96 ^a	0,94 ^{ab}	0,007	**
H: Sum umettede C18-FS, andel	0,74 ^b	0,78 ^{ab}	0,84 ^a	0,77 ^{ab}	0,022	*
Δ ⁹ -desaturase av C18:0 fra bladmagen, andel	0,67	0,59	0,58	0,52	0,078	NS
C18:2c9,12 i melk	0,47 ^a	0,52 ^a	0,26 ^b	0,24 ^b	0,024	***
C18: 3c9,12,15 i melk	0,88 ^a	0,65 ^b	0,68 ^{ab}	0,49 ^b	0,002	**

¹ NS p > 0,05; (*) p < 0,1; * p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0,001

Konklusjoner

Surfôr fra kortvarig eng hadde lavere innhold av C18:3c9,12,15 enn surfôr fra langvarig eng og raigrassurfôr. Likevel ga KS høyest innhold av C18:3c9,12,15 i melk. Årsaken var redusert hydrogenering i vomma. Dette gjaldt også summen av alle umettede C18-fettsyrer men ikke C18:1c9 eller C18:2c9,12. Årsaken til redusert hydrogenering for KS kan være rødkløverens innhold av PPO.

Arbeidet er en del av prosjektet PhytoMilk finansiert gjennom den transnasjonale ordningen ”CORE ORGANIC Funding Body Network” (NFR 184680/I10).

Referanser

- Elgersma, A.; Ellen, G.; Horst, van der H.; Muuse, B.G.; Boer, H.; og Tamminga, S., 2003. Comparison of the fatty acid composition of fresh and ensiled perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.), affected by cultivar and regrowth interval. *Animal Feed Science and Technology* 108(1-4): 191-205.
- Lee, M.R.F.; Harris, L.J.; Dewhurst, R.J., Merry, R.J. og Scollan, N.D., 2003. The effect of clover silages on long chain fatty acid rumen transformations and digestion in beef steers. *Animal Science* 76: 491-501.
- Lee, M.R.F.; Theobald, V.J.; Tweed, J.K.S.; Winters, A.L. og Scollan, N.D., 2009. Effect of feeding fresh or conditioned red clover on milk fatty acids and nitrogen utilization in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 92(3): 1136-1147.
- Lourenco, M.; Van Ranst, G.; Vlaeminck, B.; De Smet, S. og Fievez, V., 2008. Influence of different dietary forages on the fatty acid composition of rumen digesta as well as ruminant meat and milk. *Animal Feed Science and Technology* 145: 418-437.