

Betydning af fedt i foderrationen for malkekøernes produktion, mælke kvalitet og metanudskillelse

Weisbjerg, M.R., Larsen, M.K. & Brask, M, Institut for Husdyrbrug og Institut for Fødevarer, AU Foulum, Aarhus Universitet



Introduktion

Vi har i Danmark en lang tradition for at supplere foderrationer med fedt til malkekøer. Produktionsforsøg publiceret i Beretning 508 (Østergaard et al., 1981) viste en betydelig positiv respons på øget fedtkoncentration i foderet. Disse resultater medførte en kraftig øgning i brugen af tilskudsfedt i kraftfoderblandinger i 1980'erne. Produktionsforsøg med beskyttet fedt (mættet eller calciumforsæbet fedt) af Hermansen (1995b,c) viste, at ved brug af beskyttet fedt kunne mælkeydelsen yderligere øges ved endnu højere fedttilskud. At også oliefrø er anvendelige som fedttilskud, blev vist af Hermansen og Østergaard (1988).

Den fedtregulerede mælkekvote har dog siden dæmpet interessen for tilskudsfedt hos de mælkeproducenter, hvor mælkekvoten var begrænsende. Dette skyldes, at tilskud af foderfedt reducerer protein/fedt forholdet i mælken, og når mælkekvoten er fedtreguleret, vil fedttilskud således reducere den mængde værdistof der kan leveres under kvoten.

I de seneste år er interessen for tilskudsfedt imidlertid igen øget. Dette skyldes både interessen for at påvirke fedtsyresammensætningen i mælken, samt ønsket om at reducere malkekøernes metan produktion. Ligeledes kan bortfaldet af mælkekvoten i 2015 forventes at øge incitamentet for høj mælkeydelse uden skelnen til protein/fedtforholdet.

Hvad er fedt?

Råfedt, i henhold til EU foderstoflovgivningen bestemmes, som det der kan ekstraheres med petroleums æter efter saltsyrehydrolyse. Men det er fedtsyredelen af råfedtet, der har den høje energikoncentration, og som er interessant, hvorimod ikke-fedtsyredelen i råfedt i bedste fald har en energiværdi som kulhydrat. Ikke-fedtsyredelen kan bestå af glycerol (rygraden i f.eks. triglycerider), sukre og fosforforbindelser, der kan være betydelige i strukturelle lipider, samt fedtopløselige stoffer som voks. Desuden kan det være nedbrydningsprodukter eller polymere af fedtsyrer, hvis fedtet er oxideret eller varmeskadet. Fedtsyreandelen er således altafgørende ved køb af tilskudsfedt.

Beskyttet fedt er et udtryk for at fedtets effekt på vomomsætningen er "reduceret", ved at fedtsyrernes aktivitet i vomvæsken er mindsket. Dette kan gøres ved at calcium forsæbe fedtsyrerne (forsæbet fedt) eller ved at mætte, eller anvende naturligt mættet fedt (mættet fedt). Ved mætningen hydrogeneres de umættede bindinger (brint påsættes).

Fedt i fodermidler

I grovfoderet er indholdet af råfedt normalt lavt, og kun ca. halvdelen af råfedtet er fedtsyrer. Fedtsyrerne i grovfoder er ret umættet, i helsæd med et højt indhold af linolsyre (C18:2), og i grønne afgrøder linolensyre (C18:3). I græsafgrøder er fedtsyreindholdet højere i forårs- og efterårsslæt end i sommerslæt, og reduceres ved øget udviklingstrin (Weisbjerg et al., 2010).

Der er givet en oversigt over fedtsyrer og deres forekomst i tabel 1. Oliefrø er meget varierende i fedtsyresammensætning, og varierer fra oliesyrerige (C18:1) (f.eks. raps) over linolysyrerige (f.eks. soja) til linolensyrerige (f.eks. hørfrø), fedtsyrerne i biprodukter fra oliefrø, som kager og skrå vil afspejle denne variation.

Korn er generelt linolsyrerig, ligeledes biprodukter fra møllerier og destillerier. Da det typisk er stivelsen der udvindes fra korn, sker der ofte en opkoncentrering af fedtsyreindholdet, og bæreme er et aktuelt eksempel på dette.

Tilskudsfedt bliver normalt handlet efter visse minimumskrav til fedtsyreindhold og maks. indhold af uønskede stoffer som f.eks. polymere, urenheder m.m. Fedtsyrer af animalsk oprindelse er ikke længere tilladt, men derudover kan oprindelsen være mangfoldig. Fedt fra palmefedtindustrien (f.eks. Palm Fatty Acid Distillate, PFAD) udgør i dag en betydelig del af foderfedtet, og er rig på oliesyre og palmitinsyre.

Tabel 1. Fedtsyrer og fedtkilder

Fedtsyre	Engelsk navn	Dansk navn	Findes især i
C10:0	Capric acid	Caprinsyre	Kokosolie
C12:0	Lauric acid	Laurinsyre	Kokosolie, palmekerneolie
C14:0	Myristic acid	Myristinsyre	Kokosolie, palmekerneolie
C16:0	Palmitic acid	Palmitinsyre	PFAD; Palmeolie
C16:1	Palmitoleic acid	Palmitolsyre	Animalsk fedt
C17:0	Margaric acid	Margarinesyre	Fedt fra drøvtyggere (f.eks. mælkeprodukter)
C18:0	Stearic acid	Stearinsyre	Animalsk fedt
C18:1	Oleic acid	Oliesyre	Rapsfrø, animalsk fedt, palmeolie
C18:2	Linoleic acid	Linolsyre	Korn og kornhelsæd, sojabønner, solsikkefrø, bomuldsfrø,
C18:3	Linolenic acid	Linolensyre	Hørfrø, græs, kløver
C20:1	Gadoleic acid	Gadolsyre	Fisk
C22:1	Erucic acid	Erucasyre	Rapsfrø, fisk

Omsætning af fedt i vom og fordøjelighed

Fedtsyrer kan være toksiske for mikroberne i vommen, og især mellemlangkædede (C12:0 laurinsyre og C14:0 myristinsyre) og umættede fedtsyrer (C18:2 og C18:3) kan hæmme fordøjeligheden af cellevægskulhydrater, hvis de tildeles i for store mængder. Man skal derfor være opmærksom på, at de almindelige anbefalinger for tildeling af fedtsyrer er baseret på, at C16 og C18 fedtsyrer med et jodtal (udtryk for umættetheden) på omkring 50 udgør den altovervejende del af tilskudsfedtet. Hvis fedtet er mere umættet, eller har et betydeligt indhold af C12 og C14 fedtsyrer, bør tildelingen være lavere.

Umættede fedtsyrer mættes (hydrogeneres) i vid udstrækning i vommen, således vil 80-90 % af umættede fedtsyrer i foderet være mættede når de når tarmen, og det fedt, koen absorberer, er således meget mere mættet end foderfedtet. Hydrogeneringen af de umættede fedtsyrer er mere effektiv i strukturrige rationer. Desuden er der tegn på, at fedtsyrer i kløver, især rødkløver, hydrogeneres mindre end fedtsyrer i græsser (Lejonklev et al., 2012)

Fedtsyrer har generelt en høj fordøjelighed, dog kan fordøjeligheden blive lav, hvis der tildeles store mængder meget stearinsyrerigt fedt, sandsynligvis fordi meget stearinsyrerigt fedt er svært at emulgere, mens fedtsyrer med kortere kædelængde og mere umættet kan medvirke til at bringe stearinsyren i opløsning.

Foderoptagelse og mælkeproduktion

Øget fedttildeling vil ofte reducere tørstofoptagelsen, mens energioptagelsen kan stige eller være uændret. Mælkeydelsen forventes at øges op til en fedtsyrekoncentration på 50 g/kg fodertørstof ved almindelig foderfedt (Børsting et al., 2003).

Nyere danske produktionsforsøg med fedttilskud har givet varierende respons, som vist i tabel 2.

Tilskud af PFAD (tabel 2; I) til køer i tidlig-midt laktation i et romerkvadratforsøg resulterede i en reduceret tørstofoptagelse, uændret energioptagelse og en meget betydelig øgning i ydelsen af energikorrigeret mælk (EKM) (Weisbjerg et al., 2008).

Tilskud af henholdsvis mættet C16 rig fedt og rapsfrø/hørfrø (tabel 2, II) resulterede i reduceret tørstofoptagelse, nogenlunde uændret energioptagelse, og negativ ydelsesrespons for Jersey og RDM, og svag positiv ydelsesrespons for Dansk Holstein (DH). I dette forsøg blev køerne tildelt forsøgsrationerne med fedt umiddelbart efter kælvning (Weisbjerg et al., 2009). Tilskud af stigende mængder rapsfrø/hørfrø (tabel 2, III) fra uge 6 efter kælvning resulterede i reduceret tørstofoptagelse, nogenlunde uændret energioptagelse, og reduceret mælkeydelse for DH, og øget mælkeydelse for Jersey (Larsen et al., 2012).

Tabel 2. Effekt af fedttilskud på foderoptagelse og mælkeydelse i nyere danske produktionsforsøg

Forsøg	Fedtkilde	Fedtniveau kontrol/beh.	Race	DEK ¹	Grovfoderets sammensætning Kløvergræsens./majsens.	Ændring i forhold til kontrol, %		
						Tørstof optagelse	FE optagelse	EKM ydelse
I	PFAD	17/29	DH	116	100/0	-2	0	+6
		17/40	DH	116	100/0	-3	+1	+10
		17/52	DH	116	100/0	-6	0	+11
II	Mættet C16	30/57 ²	DH	0	50/50	-7	-3	+1
		30/57 ²	Jersey	0	50/50	-5	-1	-9
		30/57 ²	RDM	0	50/50	-1	+3	-4
	Raps/hørfrø	30/58 ²	DH	0	50/50	-3	+1	+1
		30/58 ²	Jersey	0	50/50	-8	-4	-11
		30/58 ²	RDM	0	50/50	+2	+6	-3
III	Raps/hørfrø	33/43	DH	35	50/50	0	+1	-1
		33/52	DH	35	50/50	-4	+1	-5
		33/61	DH	35	50/50	-6	+1	-3
		33/43	Jersey	35	50/50	-5	-3	+2
		33/52	Jersey	35	50/50	-6	-2	+5
		33/61	Jersey	35	50/50	-7	-1	+4

Reference; I) Weisbjerg et al., 2008; II) Larsen et al., 2012; III) Weisbjerg et al., 2009

¹ Dage efter kælvning ved forsøgsstart

² for II råfedt, for I og III fedtsyrer, g/kg TS

Strategi for fedttildeling

Som det fremgår af tabel 2, har responserne i de seneste fedtforsøg langt fra været entydige.

Forsøget med PFAD fedt til køer i tidlig-midtlaktationen gav et meget stort positiv ydelses-respons, mens responset for forsøget, hvor køerne fik mættet fedt eller rapsfrø/hørfrø fra kælving viste manglende eller negativ respons. Forsøget med stigende mængder af rapsfrø/hørfrø fra uge 6 efter kælving, viste positiv ydelsesrespons for Jersey. Dette tyder på, i overensstemmelse med erfaringer i USA, at man skal undgå fedttilskud i tidlig laktation, hvor køerne er i mobilisering, og derfor allerede har en betydelig forsyning med fedtsyrer fra mobiliseret fedt.

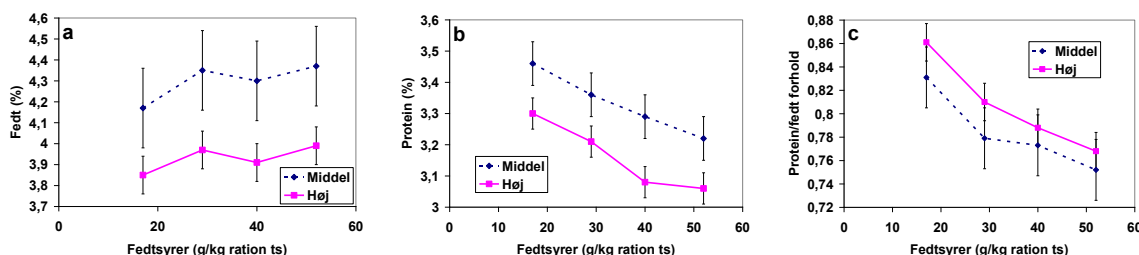
Der er også noget, der tyder på, at fedttilskud giver mindre positiv respons i majsbaserede end græsbaseerede rationer (Onetti & Grummer, 2004), hvilket kunne være medvirkende til at forklare responserne i forsøg II og III i tabel 2. I danske forsøg med tilskud af solsikkefrø til henholdsvis kløvergræsensilage og majsensilage rationer kunne der fremkaldes mælkefedtdepression på majsensilagen men ikke på græsensilagen (Nielsen et al., 2005).

Endelig skal man nok forvente mindre positiv respons ved fodring med oliefrø end ved f.eks. PFAD, da fedtsyrer fra frø er betydeligt mere umættede end det anbefalede jodtal på 50, således er jodtallet for rapsolie 115 og for hørfrøolie 193.

Hvorvidt effekten af fedttilskud i øvrigt er afhængig af foderrationens sammensætning, er uklar. Man kunne forestille sig, at effekten af fedttilskud er størst ved energifattige og strukturrige rationer, og nogle forsøg tyder på dette (Tackett et al., 1996). Det er dog svært at drage håndfaste konklusioner mht. rationens betydning for respons på fedttildeling, da såvel fedtkilde som måden fedttilskuddet gives på (topdressing, udbytning vægt/vægt, udbytning energi/energi (isoenergetisk)) kan forventes at have stor betydning, således kan udbytning af stivelse med fedt have en positiv effekt på vomomsætningen i stivelses pressede rationer.

Mælkens sammensætning

Den mest sikre effekt af fedttilskud er en reduktion i mælkens protein/fedt forhold. Dette skyldes, at der altid ses en reduktion i proteinkoncentrationen, mens fedtkoncentrationen har tendens til at øges, afhængig af fedtkilde og niveau, som det ses af nedenstående figurer. Den reducerede proteinkoncentration er forklaret som en fortynding af en konstant proteinproduktion i en øget mælkeproduktion i kg mælk.

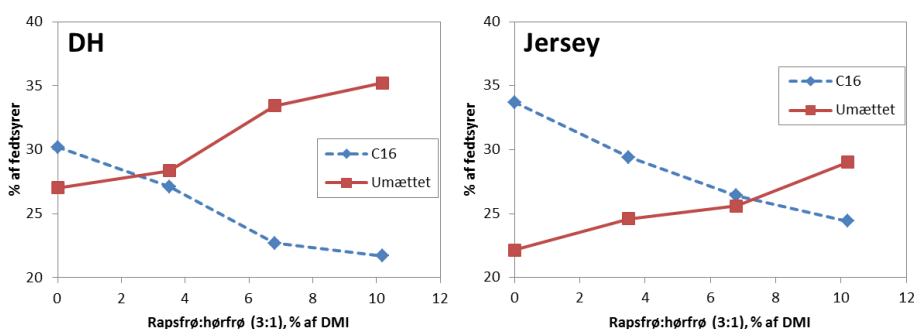


Figur 1. Effekten af rationens fedtsyrekoncentration på mælkens sammensætning for middel og højtstående køer (30 eller 40 kg mælk) ved tildeling af PFAD-fedt (Weisbjerg et al., 2008)

Generelt vil foderets fedtsyresammensætning afspejles i mælkens fedtsyresammensætning, dog vil mælkefedtet altid være mere mættet pga. hydrogeneringen i vommen. Den ernæringsmæssige

kvalitet af mælkefedt afhænger af fedtsyresammensætningen, og et højt indhold af umættet fedt er ønskeligt, mens især C16:0 (palmitinsyre), der er den dominerende fedtsyre i mælkefedt, er uønsket i ernæringsmæssig sammenhæng. Mælkens fedtsyresammensætning er desuden af betydning for den teknologiske kvalitet, hvor et højere indhold af umættet fedt giver blødere smør.

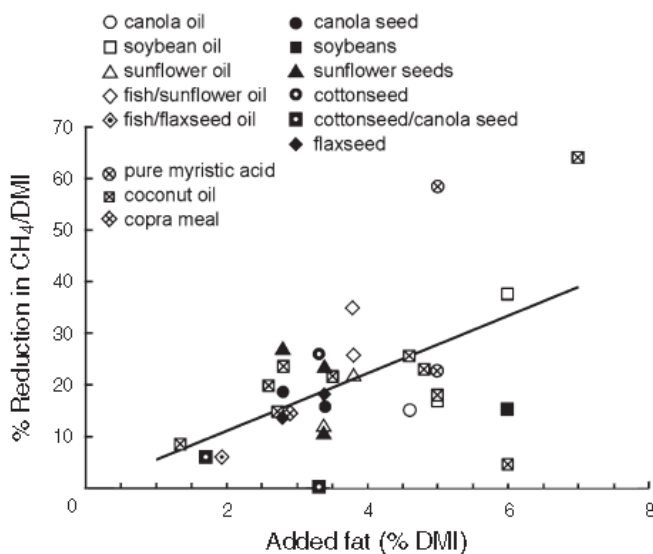
Ud over tilførsel fra foder kan C16:0 også stamme fra koens egen syntese af fedtsyrer, og denne er højere, når det totale fedtindhold i foder er lavt. Den bedste måde at reducere mælkefedtets indhold af C16:0 er derfor at anvende foderkilder med et højt indhold af C18 fedtsyrer, idet øget fedttilskud reducerer egensyntesen i yveret, og vil øge overførslen af C18 fedtsyrer fra foderet, og C8 fedtsyrer er mere ønskede i ernæringsmæssig sammenhæng. Dette kan bl.a. opnås gennem fodring med raps- eller hørfrøprodukter, men afgræsning og græsensilage med højt fedtsyreindhold er også gode kilder til C18 fedtsyrer. Hovedparten af foderets indhold af umættede C18 fedtsyrer bliver mættet i vommen, men i forbindelse med mælkesyntesen i yveret vil op til 2/3 af den mættede C18:0 fedtsyre omdannes til C18:1, olesyre. Ud over foderet er racen også af betydning for mælkens fedtsyresammensætning, og nedenstående figur viser, hvorledes mælkefedtets indhold af C16:0 falder mens indholdet af umættet fedt stiger ved stigende tilskud af raps- og hørfrø i foderet. Effekten ses for både DH og Jersey, men indholdet af umættet fedt er noget lavere for Jersey end DH.



Figur 2. Effekt på mælkefedtets indhold af C16:0 og umættede fedtsyrer af stigende andel af rapsfrø/hørfrø i rationen (efter Larsen et al., 2012)

Fedtets effekt på metan udskillelse

Øget fedttildeling er en anerkendt metode til reduktion af metan produktionen pr. kg tørstofoptag eller pr. kg produceret mælk (figur 3). Dette skyldes først og fremmest, at fedtsyrer ikke forgæres i vommen, og derfor ikke giver et brintoverskud, der kan give anledning til metan. Desuden har visse fedtsyrer, som tidligere nævnt en hæmmende effekt på cellulolytiske bakterier, protozoer og metanogener, hvilket yderligere vil bevirke en reduktion i metan. Mætning af umættede fedtsyrer forbruger lidt brint, hvilket også vil medvirke til at reducere metan.



Figur 3. Reduktion af metan pr. % tilsat fedt med forskellige fedtkilder (Beauchemin et al., 2008)

Der er gennemført flere danske forsøg med fokus på tilskudsfedts betydning for metan produktionen. I tabel 3 er effekten af fedttilskud, som rapsfrø, vist for tre forskellige grovfodermidler. Fedttilskud reducerede metan produktionen ved alle tre grovfodermidler, og der var ingen vekselvirkning mellem fedttilskud og grovfodemiddel, hvilket betyder, at effekten var den samme for alle tre grovfodermidler.

Danske forsøg med forskellige former af raps, som fedtkilde viste, at når koncentrationen af råfedt i rationen øges med 1 %, så reduceres metan produktionen relateret til tørstofoptagelsen med 2,8, 3,8 og 3,4 % for henholdsvis kage, frø og olie, dvs. 3,3 % i gennemsnit (Brask et al., 2012).

I et andet forsøg var effekten pr. % øgning i rationens fedtniveau vha. rapsfrø dog mindre, gennemsnitlig 1.6 % (1,9, 1,0 og 1,9 % for henholdsvis tidlig græs, sen græs og majs) i forsøget vist i tabel 3.

På tværs af de to forsøg ses således en reduktion på 2,5 % af metan relateret til tørstof optagelsen pr. % øgning i rationens fedtindhold. Dette betyder, at man i besætninger, der ikke bruger fedttilskud og måske har en råfedt koncentration på 40 g/kg TS kan reducere metan emissionen med 5 %, ved at øge råfedt tildelingen til 60 g/kg TS, som nogenlunde svarer til de danske anbefalinger til maksimal ydelse på ca. 50 g fedtsyrer pr. kg TS.

Tabel 3. Effekt af fedttilskud på metan produktionen ved tre forskellige grovfoder (Johannes et al., 2011)

	Tidlig græsensilage		Sen græsensilage		Majsensilage		SEM	P		
	Lavt	Højt	Lavt	Højt	Lavt	Højt		G ¹	F ¹	G*F ¹
Fedtniveau										
CH ₄ L/døgn	538	475	544	505	494	454	18.4	0.05	0.01	0.8
CH ₄ L/kg TS optag	28.9	27.4	31.9	31.0	26.5	25.1	0.91	<0.001	0.12	0.9
CH ₄ L/kg EKM	21.0	21.5	28.2	21.3	21.2	18.9	1.57	0.03	0.04	0.14

¹P-værdier: G=effekt af grovfoder, F=effekt af fedttilskud (Rapsfrø), G*F=vekselvirkning mellem grovfoder og fedttilskud

Konklusion

- Afskaffelsen af mælkekvoten i år 2015 må forventes at øge anvendelsen af tilskudsfedt
- Maksimum ydelse kan forventes ved en fedtsyrekoncentration i totalrationens tørstof på omkring 50 g/kg, når der anvendes "almindelig" foderfedt med et jodtal omkring 50
- Alternativer til "ren tilskudsfedt" kan være oliefrø, fedtrige kager og bæreme. Disse fedtkilder har for det meste jodtal betydeligt over de 50, og ved anvendelse af disse mere umættede fedtkilder bør tildelingen være lavere
- I første del af laktationen, hvor kørerne er i mobilisering, bør der ikke tildeles tilskudsfedt
- Mælkenes fedtsyresammensætning påvirkes af tilskudsniveauet og sammensætningen af foderfedtet
- Øgning af foderrationens fedtsyreindhold er en sikker vej til at reducere køernes metanproduktion

Referencer

- Beauchemin, K. A., M. Kreuzer, F. O'Mara, and T. A. McAllister. 2008. Nutritional management for enteric methane abatement: a review. *Aust J Exp Agric* 48:21-27.
- Brask, M., Lund, P., Weisbjerg, M.R., Hellwing A.L.F. & Hvelplund T. 2012. Methane Production and Digestion in Dairy Cows fed Different Physical Forms of Rapeseed as Fat Supplement. *J. Dairy Sci.* Submitted.
- Børsting, C.F., Hermansen, J. & Weisbjerg, M.R. 2003. Fedtforsyningens betydning for mælkeproduktionen. I: Kvægets ernæring og fysiologi. Bind 2 – Fodring og produktion. Ed.: F. Strudsholm & K. Sejrsen. DJF rapport nr. 54. 133-151.
- Hermansen, J.E. 1995a. Foderfedt til malkekøer: Traditionel animalsk eller mættet fedt sammen med beskyttet protein. Medd. 589 fra Statens Husdyrbrugsforsøg, 4 pp.
- Hermansen, J.E. 1995b. Foderfedt til malkkekøer: Traditionel animalsk eller forsæbet animalsk foderfedt. Medd. 590 fra Statens Husdyrbrugsforsøg, 4 pp.
- Hermansen, J. & Østergård, V. 1988. Oliefrø som fedttilskud til malkekøer – rapsfrø, soyabønner, hørfrø. 636 Beretning, Statens Husdyrbrugsforsøg, 44 pp.
- Johannes, M., Lund, P., Hellwing, A.L.F. & Weisbjerg, M.R. 2011. Hvad betyder fodring for metanemissionen. In: Kvæg og klima. Udledning af klimagasser fra kvægbedriften med fokus på metan emissionen. Ed: T. Kristensen & P. Lund. DCA rapport nr. 1. 53-63.
- Larsen, M.K., Hymøller, L., Brask-Pedersen, D.B. & Weisbjerg, M.R. 2012. Milk fatty acid composition and production performance of Danish Holstein and Danish Jersey cows fed different amounts of linseed and rapeseed. *J. Dairy Sci.* 3569-3578.
- Lejonklev, J., Storm, A.C., Larsen, M.K., Mortensen, G. 2012. Difference in rate of hydrogenation of C18 fatty acids in clover and ryegrass. *J. Dairy Sci.* 95 Suppl 2: 613.
- Nielsen, T.S., Andersen, H.R., Sørensen, M.T., Weisbjerg, M.R., Strårup, E.M. & Sejrsen, K. 2005. Konjugeret linolsyre (CLA) og vaccensyre i dansk mælk – betydning af fodring og andre produktionsrelaterede faktorer. DJF rapport nr. 64, 73 pp.
- Onetti, S.G. & R.R. Grummer (2004): Response of lactating cows to three supplemental fat sources as affected by forage in the diet and, stage of lactation: a meta-analysis of literature. *Animal Feed Science and Technology.* 115, 65-82.
- Tackett, V.L., J.A. Bertrand, T.C. Jenkins, F.E. Pardue & L.W. Grimes (1996): Interaction of dietary fat and acid detergent fiber diets of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science.* 79, 270-275.

- Weisbjerg, M.R., Larsen, M.K., Kidmose, U., Pedersen, M.G. & Jensen, C.S. 2010. Sæson og høsttidspunkt påvirker indholdsstoffer i græsmarksplanter. Sammendrag af indlæg, Plantekongres 2010, 12-14 januar Herning Kongrescenter. 58-59.
- Weisbjerg, M.R., Thorhauge, M, Børsting, C.F., Larsen, M.K. & Damgaard, B.M. 2009. Fedt til malkekøer. Bilag, Temadag om aktuelle fodringsspørgsmål. Herning Kongrescenter, 1 september 2009. 16-25.
- Weisbjerg M.R., Wiking, L., Kristensen, N.B., and Lund, P., 2008. Effects of supplemental dietary fatty acids on milk yield and fatty acid composition in high and medium yielding cows. *J. Dairy Research*, 75, 142-152.
- Østergaard, V., Danfær, A. Daugaard, J., Hindhede, J. & Thyssen, I. 1981. Foderfedtets indflydelse på malkekøernes produktion. Beretning 508 fra Statens Husdyrbrugsforsøg, 140 pp.