

Konjugeret linolsyre (CLA) og vaccensyre i dansk mælk - betydning af fodring og andre produktionsrelaterede faktorer

Tina Skau Nielsen, Henning Refsgård Andersen, Martin Tang Sørensen,
Martin Riis Weisbjerg, Ellen Marie Strårup, Kristen Sejrsen



Konjugeret linolsyre (CLA) og vaccensyre i dansk mælk - betydning af fodring og andre produktionsrelaterede faktorer

Tina Skau Nielsen¹, Henning Refsgård Andersen¹, Martin Tang Sørensen¹,
Martin Riis Weisbjerg¹, Ellen Marie Strårup², Kristen Sejrsen¹

¹Afdeling for Husdyrsundhed, Velfærd og Ernæring
Danmarks JordbrugsForskning
Blichers Allé
Postboks 50
DK-8830 Tjele

²BioCentrum, Danmarks Tekniske Universitet
DK-2800 Lyngby

DJF rapporter indeholder hovedsagelig forskningsresultater og forsøgsopgørelser rettet mod danske forhold. Endvidere kan rapporterne beskrive større samlede forskningsprojekter eller fungere som bilag til temamøder. DJF rapporter udkommer i serierne: Markbrug, Husdyrbrug og Havebrug.

Pris:

op til 50 sider pr. stk. DKK 55,-
op til 75 sider pr. stk. DKK 85,-
over 75 sider pr. stk. DKK 110,-

Abonnenter opnår 25% rabat, og abonnement kan tegnes ved henvendelse til:

Danmarks JordbrugsForskning
Postboks 50, 8830 Tjele
Tlf. 8999 1028

Alle DJF's publikationer kan bestilles på nettet:
www.agrsci.dk

Tryk: www.digisource.dk

ISSN 1397-9892

Forord

Nærværende rapport er en afrapportering af en del af undersøgelserne i projektet ”Indhold i dansk mælk og mælkeprodukter af *cis*-, *trans*-konjugeret linolsyre (CLA) og vaccensyre og disse komponenters ernæringsmæssige betydning”. Baggrunden for projektet er en lang række resultater fra udenlandske undersøgelser i dyr, der viser, at disse umættede fedtsyrer har en positiv effekt i relation til udviklingen af en række sygdomme med ernæringsmæssig baggrund såsom hjerte-kar sygdomme, fedme, diabetes og cancer. CLA og vaccensyre er derfor sandsynligvis også positive i relation til human sundhed. Udenlandske undersøgelser viser desuden, at mælkefedt har et naturligt højt indhold af disse fedtsyrer og er den største kilde til humant CLA-indtag. Samtidig varierer mælkens indhold af CLA meget, og køernes fodring vides at være den primære årsag til denne variation.

Det overordnede formål med projektet var således at undersøge indholdet af *cis*-, *trans*-konjugeret linolsyre (CLA) og vaccensyre i dansk mælk, at klarlægge relatio-

nerne mellem produktionsbetingelser og mælkens indhold samt belyse den ernæringsmæssige betydning af disse fedtsyrers tilstedeværelse i mælkefedt.

Denne rapport beskæftiger sig med resultater fra undersøgelser af fodringens betydning for mælkens CLA-indhold samt andre produktionsmæssige faktorerers betydning.

Projektet blev finansieret med støtte fra Mejeribrugets ForskningsFond, FØJO II, Dansk Kvæg og Direktoratet for FødevarerErhverv, og er gennemført i et samarbejde mellem Danmarks JordbrugsForskning (DJF), BioCentrum ved Danmarks Tekniske Universitet (DTU) og Institut for Human Ernæring ved Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole (KVL).

Forskningscenter Foulum
Juli 2005

Indholdsfortegnelse

Forord	1
Indhold	3
Sammendrag	5
Summary	7
1. Indledning	9
2. Materiale og metoder	14
2.1 Forsøg I: Rapskager, sojabønner eller solsikkefrø	14
2.2 Forsøg II: Stigende mængde solsikkefrø i rationen	16
2.3 Forsøg III: Økologisk Kvægbrug - Korn kontra rapskager eller rapsfrø	18
2.4 Forsøg IV: Økologisk kvægbrug - stigende mængde rapsfrø i rationen	20
2.5 Forsøg V: Græsensilage og byghelsædsensilage	22
2.6 Forsøg VI: Kløvergræs- eller majs- ensilage samt højt eller lavt energiindhold	24
2.7 Forsøg VII: Årstidsvariation	26
2.8 Forsøg VIII: Afstand fra kælving, laktationsnummer og årstidsvariation ...	28
2.9. Forsøg IX: Variation indenfor og mellem 8 økologiske gårde	29
2.10 Forsøg X: Sammenligning af økologisk og konventionel tankmælk ...	31
3. Resultater	32
3.1 Forsøg I: Rapskager, sojabønner eller solsikkefrø	32
3.2 Forsøg II: Stigende mængder solsikkefrø i rationen	35

3.3 Forsøg III: Økologisk Kvægbrug - Korn kontra rapskager eller rapsfrø	38
3.4 Forsøg IV: Økologisk kvægbrug - stigende mængde rapsfrø i rationen	40
3.5 Forsøg V: Græsensilage og byghelsædsensilage.....	43
3.6 Forsøg VI: Kløvergræs- eller majsensilage samt højt eller lavt energiindhold	44
3.7 Forsøg VII: Årstidsvariation	46
3.8 Forsøg VIII: Afstand fra kælving, laktationsnummer og årstidsvariation ...	48
3.9 Forsøg IX: Variation indenfor og mellem 8 økologiske gårde	50
3.10 Forsøg X: Sammenligning af økologisk og konventionel tankmælk ...	53
4. Diskussion	54
4.1 Sammenhæng mellem mælkens indhold af vaccensyre og <i>cis-9, trans-11</i> CLA.....	54
4.2 Effekt af fedtkilde og fedtmængde på mælkens indhold af CLA.....	57
4.3 Grovfodertype og foderrationens energiindhold	61
4.4 Sæsonvariation i mælkens CLA- indhold	62
4.5 Variation i mælkens indhold af CLA mellem besætninger og racer	64
4.6 Individuel variation i mælkens CLA- indhold og effekt af paritet og afstand fra kælving.....	65
5. Konklusion	68
6. Referencer	70

Sammendrag

I alt 10 undersøgelser er gennemført med henblik på at belyse indholdet af de sundhedsmæssigt interessante umættede fedtsyrer CLA (*cis*-9, *trans*-11 og *trans*-10, *cis*-12 CLA) og vaccensyre i dansk mælk, samt de produktionsrelaterede faktorer der påvirker indholdet. CLA og vaccensyre dannes i vommen som mellemprodukter ved mikrobiel hydrogenering af umættet fedt fra foderet, primært linol- og linolensyre. Vaccensyre produceret i vommen kan endvidere omdannes til *cis*-9, *trans*-11 CLA i mælkekirtlen vha. enzymet $\Delta 9$ -desaturase, og 70-90% af total CLA i mælk stammer fra endogen syntese i yveret. Mælk og mælkeprodukter er den største kilde til humant CLA-indtag. De fodringsrelaterede faktorer der er undersøgt og inkluderet i nærværende rapport er fedtkilde, fedtmængde, grovfodertype og foderrationens energiindhold, og derudover er effekten af race, paritet og laktationsstadiet belyst. Desuden er der foretaget en sammenligning af tankmælk fra økologiske og konventionelle kvægbrug og variationen i mælkens CLA-indhold mellem og indenfor besætninger samt sæsonvariationen er belyst. Forsøgene blev gennemført på Forskningscenter Foulum, Kvægbrugets Forsøgscenter og i private besætninger tilknyttet studielandbrugene.

Tilskud af rapskager, sojabønner eller solsikkefrø med forskellig fedtsyresammensætning resulterede i et højere CLA-indhold i mælken i forhold til et kontrolhold der ikke modtog tilskud af olieholdige frø (0,92, 0,79, 1,47 vs. 0,68 g/100 g fedtsyrer for kontrolholdet). Solsikkefrø, der har et højt indhold af linolsyre, øgede således mælkens CLA-indhold mest effektivt. En sammenlig-

ning af rapskager kontra rapsfrø viste et højere CLA-indhold i mælken ved tilskud af rapsfrø. Stigende indhold af solsikkefrø i rationen; 12 (kontrolhold u. solsikkefrø), 35, 57 og 81 g fedtsyrer/kg tørstof resulterede i et CLA-indhold i mælken på hhv. 0,49, 0,84, 1,20 og 1,81 g/100 g fedtsyrer. Mælkens fedtprocent var ikke påvirket negativt af stigende mængde umættet fedt i foderet. En stigende mængde rapsfrø i rationen resulterede ligeledes i et stigende indhold af CLA i mælken, dog var forøgelsen mindre end ved tilskud af solsikkefrø.

Der var ingen forskel i mælkens CLA-indhold ved fodring med kløvergræsensilage eller byg-helsædsensilage. Derimod havde mælk fra køer fodret med majsensilage i forhold til græsensilage et højere indhold af CLA. Men samtidig var der en vekselvirkning mellem grovfodertype og foderrationens energiindhold. Majsensilage kombineret med et lavt energiindhold resulterede i den højeste koncentration af *cis*-9, *trans*-11 CLA, mens majsensilage kombineret med et højt energiindhold resulterede i den højeste koncentration af *trans*-10, *cis*-12 CLA. Der var ingen forskel i mælkens CLA-indhold, mellem køer der modtog græsensilage uanset foderrationens energiindhold. Mælkens fedtprocent var desuden lavere hos køer der modtog majsensilage sammenlignet med græsensilage (3,23 vs. 4,15%).

Mælkens indhold af CLA var generelt højere i sommermånederne, hvor køerne var på græs (>0,8 g/100 g fedtsyrer) i forhold til om vinteren (<0,6 g/100 g fedtsyrer). Der var ingen forskel i CLA-indholdet i tankmælk udtaget sidst i oktober måned fra økologiske og konventionelle besætninger, men variationen mellem det laveste og højeste

indhold var stor (2,5 gange) på både økologiske og konventionelle gårde.

Holstein køer producerede mælk med et ca. 54 % højere indhold af CLA i forhold til Jersey køer. Der blev observeret en tendens til at køer i første laktation havde et lidt højere niveau af CLA i mælken end ældre køer, mens der ingen effekt var af afstanden fra kælvning. Generelt blev der i alle undersøgelser konstateret 2-3 gange forskel i mælkens indhold af CLA mellem køer der modtog samme fodring og blev udsat for den samme type management. Mælkens indhold af vaccensyre var generelt 2-3 gange højere end indholdet af *cis*-9, *trans*-11 CLA, og i alle undersøgelser var korrelationen mellem de to fedtsyrer høj ($R^2 > 0,6$).

Disse undersøgelser viser overordnet, at det i høj grad er muligt at påvirke mælkens indhold af CLA og vaccensyre gennem sammensætningen af køernes fodration, og at det derigennem er muligt at producere mælk med et forøget indhold af disse to fedtsyrer.

Summary

A total of 10 studies have been conducted in order to investigate the content of the potential health promoting unsaturated fatty acids CLA (*cis*-9, *trans*-11 and *trans*-10, *cis*-12 CLA) and vaccenic acid in milk fat, and the production related factors of significance to the content. CLA and vaccenic acid is produced in the rumen as intermediates in the microbial hydrogenation of unsaturated fat from the diet, primarily linoleic and linolenic acid. Furthermore, vaccenic acid can be converted to *cis*-9, *trans*-11 CLA in the mammary gland by the enzyme Δ 9-desaturase, and 70-90% of total CLA in milk originates from endogenous synthesis. Milk and milk products are the principal source of CLA in the human diet. The diet-related factors that are investigated and included in this report are fat source, amount of fat in the diet, silage type and dietary energy level in the ration, and in addition the effect of breed, parity and stage of lactation has been examined. Furthermore, bulk milk from organic and conventional farms has been compared, and the variation in milk fat CLA content between and within farms has been investigated together with the seasonal variation. The experiments have been conducted at The Danish Institute of Agricultural Sciences, Research Centre Foulum, The Danish Cattle Research Centre and at private farms.

A dietary supplement of rapeseed cake, soybeans or sunflower seeds with differing fatty acid composition, resulted in a higher milk fat CLA content compared with the control group without a supplement of unsaturated fat (0,92, 0,79, 1,47 vs. 0,68 g/100 g fatty acids for controls). Thus, sunflower seeds

high in linoleic acid, increased milk fat CLA content most effectively. A comparison of rapeseeds and rapeseed cake showed a higher content of CLA after rapeseed supplementation. Increasing amounts of sunflower seeds in the diet; 12 (controls without sunflower seeds), 35, 57 and 81 g fatty acids/kg dry matter resulted in 0,49, 0,84, 1,20 and 1,81 g CLA/100 g fatty acids, respectively. The milk fat content was not negatively affected by increasing amounts of unsaturated fat in the diet.

Grass silage compared with barley whole-crop silage showed no difference in milk fat CLA content. However, maize silage caused a higher concentration of CLA in milk fat than grass silage, but there was an interaction between silage type and dietary energy level. Milk fat from the maize silage/low energy group showed the highest content of *cis*-9, *trans*-11 CLA, whereas milk fat *trans*-10, *cis*-12 CLA was highest in the maize silage/high energy group. The dietary energy level did not affect milk fat CLA in cows fed grass silage. Furthermore, milk fat percentage was significantly reduced in maize silage fed cows compared with grass silage fed cows (3,23 vs. 4,15 %).

The CLA content of milk fat was generally higher during the summer months (>0,8 g/100 g fatty acids) where cows were grazing pasture, compared with barn fed cows during the winter (<0,6 g/100 g fatty acids). There was no difference in milk fat CLA content between bulk milk obtained in October from organic and conventional farms, but the variation among both organic and conventional herds was large (2,5 times).

Holstein cows produced milk fat with approximately 54% higher content of CLA compared with Jersey cows. There was a tendency for first parity cows to produce milk with a slightly higher content of CLA, compared with older cows, but there was no effect of days in lactation. Across all studies a two- to threefold variation among individual cows on the same diet and the same management regime was observed. The concentration of vaccenic acid was generally two to three times higher than the content of *cis*-9, *trans*-11 CLA, and in all 10 studies the correlation between the two fatty acids was high ($R^2 > 0,6$).

In summary, these investigations show, that milk fat CLA and vaccenic acid concentrations are particularly sensitive to the composition of the diet, and through dietary manipulations it is possible to produce milk high in these two fatty acids.

1. Indledning

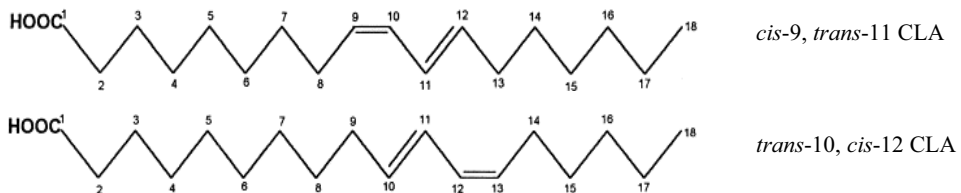
Opmærksomheden omkring kostens betydning for menneskers sundhed har været stærkt stigende det seneste årti. Da mælk og mælkefedt indgår som en central del af den danske kost, er det derfor naturligt, at stor fokus har været, og fortsat er, rettet mod mælakens indflydelse på den humane sundhed. Den umættede fedtsyre konjugeret linolsyre (conjugated linoleic acid; CLA) i mælk har i den forbindelse vist sig at være interessant.

CLA er en fællesbetegnelse for en gruppe på 28 positionelle og geometriske isomerer af fedtsyren linolsyre (cis-9, cis-12, C18:2). Dobbeltbindingerne i CLA sidder på nabo C-atomer og er ikke adskilt af en methylgruppe, som det er tilfældet i linolsyre. De to biologisk vigtigste CLA isomerer *cis*-9, *trans*-11 og *trans*-10, *cis*-12 er vist i Figur 1.

Interessen for CLA har indtil videre primært været rettet mod *cis*-9, *trans*-11 og *trans*-10, *cis*-12 CLA, bl.a. fordi *cis*-9, *trans*-11 er langt den hyppigst naturligt forekommende isomer, og fordi disse to isomerer kan fremstilles syntetisk i tilstrækkelige mængder til anvendelse i forsøg.

Utallige forsøg med dyr, hovedsagligt mus og rotter, har vist at CLA har en positiv effekt i forbindelse med en lang række sygdomme, bl.a. kræft, herunder brystkræft, diabetes og hjerte-karsygdomme. Derudover menes CLA at kunne stimulere immunsystemet og medføre en reduktion af fedtaflejringen i kroppen (se flere kapitler i Sébédio et al., 2003; Belury, 2002). I *in vitro* cellebaserede modeller har CLA desuden vist en klar hæmmende effekt på væksten af en række humane cancerceller linier deriblandt brystkræftceller (Shultz et al., 1992). Mange resultater peger på at de forskellige CLA isomerer kan have forskellig biologisk effekt, idet CLAs virkning i relation til fedtomsætningen i kroppen primært forårsages af *trans*-10, *cis*-12 CLA, mens både *cis*-9, *trans*-11 og *trans*-10, *cis*-12 CLA viser hæmmende effekt i forbindelse med brystkræft.

Produkter fra drøvtyggere har et højt naturligt indhold af CLA i forhold til andre fødeemner, og mælk og øvrige mejeriprodukter er den største kilde til humant CLA-indtag (Ritzenthaler et al., 2001). Indholdet af CLA i forarbejdede mælkeprodukter såsom smør, ost og yoghurt er stort set det samme som indholdet i ikke forarbejdet mælk (Dhiman et al., 1999b; Chin et al., 1992).



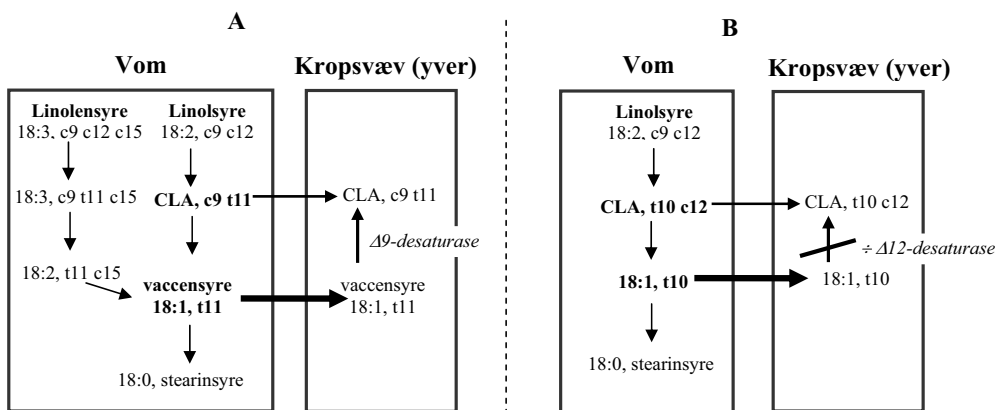
Figur 1. Skematisk illustration af *cis*-9, *trans*-11 og *trans*-10, *cis*-12 CLA. Begge fedtsyrer har en kædelængde på 18 C-atomer og de to dobbeltbindinger er placeret ved C-atom 9 og 11 samt 10 og 12 for hhv. *cis*-9, *trans*-11 og *trans*-10, *cis*-12 CLA. Modifieret efter Bessa et al. (2000)

Cis-9, trans-11 er den kvantitativt væsentligste CLA-isomer i mælkefedt, idet den udgør 80-90% af total CLA, mens *trans-10, cis-12* normalt kun udgør <1,5% af mælkefedtets totale CLA-indhold (Bauman et al., 1999).

Årsagen til det høje indhold af CLA i produkter fra drøvtyggere er den mikrobielle omsætning af umættet fedt fra foderet i vommen. CLA i mælk stammer fra to kilder. Dels fra CLA dannet i vommen som et mellemprodukt ved den mikrobielle hydrogenering (biohydrogenering) af linolsyre. Dels fra CLA (*cis-9, trans-11* CLA) syntetiseret i mælkekirtlen ud fra vaccensyre (*trans-11, C18:1*) (Figur 2A). Vaccensyre er det kvantitativt væsentligste mellemprodukt der dannes i vommen ved biohydrogenering af både linol- og linolensyre (C18:3) (Figur 2A). Omdannelsen af vaccensyre til *cis-9, trans-11* CLA i mælkekirtlen sker vha. enzymet delta-9-desaturase ($\Delta 9$ -desaturase). Da 70-90 % af mælakens indhold af *cis-9, trans-11*

CLA stammer fra endogen syntese i mælkekirtlen ud fra vaccensyre, har $\Delta 9$ -desaturase enzymet således stor betydning for mælakens CLA-indhold (Bauman et al. 2003). Indholdet af vaccensyre i mælk er typisk 2-4 gange højere end indholdet af *cis-9, trans-11* CLA, og det relativt konstante forhold mellem de to fedtsyrer afspejler substrat-produkt sammenhængen.

Hvis foderets kraftfoder-grovfoder forhold er højt, evt. kombineret med et lavt indhold af struktur, vil sammensætningen af vommens mikroflora typisk ændres på grund af en reduktion i pH. Hvis linolsyre samtidig findes i store mængder i foderet, kan resultatet af ændringerne i vommiljøet blive et skift i den normale biohydrogeneringsvej af linolsyre. Dette fører til en øget produktion af *trans-10 C18:1* og *trans-10 cis-12* CLA i vommen og et forøget indhold af *trans-10 C18:1* og *trans-10 cis-12* CLA i mælken (Figur 2B).



Figur 2. (A) Normal biohydrogeneringsvej for linol- og linolensyre i vommen samt endogen syntese af *cis-9, trans-11* CLA i mælkekirtlen ud fra vaccensyre vha. enzymet $\Delta 9$ -desaturase. (B) Alternativ biohydrogeneringsvej for linolsyre under særlige fodringsmæssige betingelser. Modifieret efter Bauman et al. (2003)

Trans-10 *cis*-12 CLA i mælk stammer kun fra *trans*-10 *cis*-12 CLA produktion i vommen ud fra linolsyre under særlige fodringmæssige betingelser, da der ikke findes enzymer (Δ 12-desaturase) i mælkekirtlen, der kan omdanne *trans*-10 C18:1 til *trans*-10 *cis*-12 CLA (Figur 2B). *Trans*-10 *cis*-12 CLA har vist sig at hæmme mælkefedtsyntesen i yveret effektivt, og et forøget indhold af *trans*-10 *cis*-12 CLA i mælk er forbundet med en reduktion i mælkens fedtindhold (Peterson et al. 2003).

Mængden af CLA i mælk udtrykkes ofte i forhold til den totale mængde fedtsyrer. På grundlag af en lang række undersøgelser angiver Palmquist (2000) således mælkens indhold af CLA til at variere fra 0,2-2,6 g/100 g fedt. Ved tildeling af bestemte foderrationer er det dog muligt at øge mælkens indhold af CLA til over 4 g/100 g fedt (Lynch et al. 2005; Bauman et al. 2000).

Flere faktorer påvirker mælkens indhold af CLA, men især køernes fodring vides at spille en meget væsentlig rolle, idet mere end 50 % af variationen i mælkens CLA-indhold kan relateres til forskelle i fodring. Udenlandske undersøgelser har således dokumenteret, at CLA-indholdet er påvirket af foderrationens indhold af umættet fedt, dvs. af de anvendte kraftfodermidler, men også i høj grad af om køerne er på græs eller staldfodres (Chillard et al., 2001; Dhiman et al., 2000; Dhiman et al., 1999; Kelly et al., 1998a; Kelly et al., 1998b). Desuden synes forhold som kan påvirke omsætningen af fedtsyrer i vommen, såsom grovfoder/kraftfoderforholdet, at have betydning for mælkens indhold af CLA.

Indholdet af CLA i dansk mælk er ikke tidligere undersøgt, og der mangler viden om hvorledes mælkens indhold varierer under typiske danske produktionsforhold. Vi har derfor gennemført en række undersøgelser for at belyse CLA-indholdet i dansk komælk, samt faktorer der kan påvirke dette. Tabel 1 viser en oversigt over de gennemførte undersøgelser beskrevet i denne rapport. Det ses, at der er gennemført fodringsforsøg med vegetabiliske fedtkilder med forskellig fedtsyresammensætning og ligeledes forsøg med forskelligt niveau af fedt i rationen (forsøg I-IV). Endvidere er effekten af grovfodertyper (byg-helsædsensilage, græsensilage og majsensilage) med forskellig fedtsyresammensætning undersøgt (forsøg V og VI). Endelig er det belyst hvorvidt foderrationens energiindhold påvirker mælkens CLA-indhold (forsøg VI).

I en besætning hvor køerne var på græs om sommeren er sæsonvariationen i mælkens indhold af CLA undersøgt (forsøg VII og VIII). Det er ligeledes belyst, om køernes afstand fra kælvning og kælvningsnummer (paritet) påvirker mælkens CLA-indhold (forsøg III, IV og VIII). Desuden er variationen mellem forskellige gårde undersøgt, dels gennem mælkeprøver fra 8 økologiske brug (forsøg IX), dels gennem mælkeprøver fra 17 brug hvoraf 10 var økologiske og 7 konventionelle (forsøg X). Endelig er der foretaget en sammenligning af mælkefedtets CLA-indhold hos henholdsvis Holstein og Jerseykøer (forsøg I).

Mælkens indhold af forskellige fedtsyrer inklusiv CLA og vaccensyre analyseres ofte vha. gas-kromatografi hvilket også er tilfældet i de her rapporterede forsøg. I alle forsøg på nær et enkelt (forsøg VI) har mælkens

indhold af *trans*-10 *cis*-12 CLA været meget lavt og derfor ikke kunnet måles. Af samme grund henviser resultaterne for mælkens indhold af CLA til indholdet af *cis*-9, *trans*-11 CLA, hvis ikke andet er nævnt.

Table 1. Oversigt over gennemførte undersøgelser mht. indhold af CLA i mælkefedt og produktionsrelaterede faktorer som påvirker indholdet

Forsøg	Fedt niveauer	Fedtkilder	Grovfoderemner	Race	Andet	Forsøgsårde
I		Rapskager, sojabønner, solsikkefrø		SDM vs. Jersey		KFC
II	3	Solsikkefrø				Foulum
III		Korn, rapskager, rapsfrø			Laktations nummer, afstand fra kælvning	Privat gård
IV	3	Rapsfrø			Laktations nummer, afstand fra kælvning	2 private gårde
V			Græsensilage + roer Byg-helsædsensilage + roer			Foulum
VI			Græsensilage Majsensilage		Højt energiindhold Lavt energiindhold	Foulum
VII					Sæsonvariation	Privat gård
VIII					Laktations nummer, afstand fra kælvning, sæsonvariation	Privat gård
IX					Variation mellem og indenfor 8 økologiske gårde, laktations nummer, afstand fra kælvning	8 private gårde
X					Variation i tankmælk mellem gårde	17 private gårde

2. Materiale og metoder

2.1 Forsøg I: Rapskager, sojabønner eller solsikkefrø

Forskellige fedtkilders betydning for mælkenes indhold af CLA blev undersøgt i dette forsøg. Forsøget blev gennemført på Kvægbrugets ForsøgsCenter (KFC) og der indgik 74 køer (46 RDM/Holstein og 28 Jersey) fordelt på følgende fire hold:

- Hold I: Kontrol
- Hold II: Rapskager (Danrapskager, dobbeltlav, fedtrig)
- Hold III: Sojabønner (toastede)
- Hold IV: Solsikkefrø (sorte frø)

Køerne blev fordelt på behandlinger således at holdene så vidt muligt var ens med hensyn til laktationsnummer (1. vs. senere laktationer), ydelse og afstand fra kælvning. Mere end halvdelen af de 74 køer var førstegangs-kælvvere.

Alle køerne gik sammen i løsdrift og fodringen blev praktiseret således, at alle hold dagligt fik tildelt grønmix (2,7 kg tørstof pr. dyr i malkestalden). Derudover havde køerne ad libitum adgang til én af de fire fuldfoederblandinger med kløvergræs- og majsensilage som hovedbestanddele i foderkasser vha. et transpondersystem. Hold II, III og IV modtog henholdsvis 26% rapskager, 19% sojabønner og 10% solsikkefrø på tørstofbasis i fuldfoederet, mens hold I (kontrol) fik 14% sojaskrå (Tabel 2). Dette resulterede i et forholdsvis ensartet fedtsyreindhold for hold II, III og IV (52-63 g fedtsyrer/kg tørstof), hvilket var betydeligt højere i forhold til hold I (20 g fedtsyrer/kg tørstof). Forsøget blev indledt

med en forperiode på én uge efterfulgt af fire ugers forsøgsperiode (januar/februar 2002).

Prøver af enkeltfodermidler blev udtaget ugentligt, og på grundlag af disse prøver blev der lavet to analyseprøver pr. fodermiddel dog ikke af ensilagen. Prøverne blev analyseret for tørstof, aske, træstof, fedt, N, NDF, EFOS (kvæg). Desuden blev fedtsyresammensætningen bestemt. Fedtindhold og fedtsyresammensætning i de anvendte fedtkilder fremgår af Tabel 3. Som det ses har rapskager det relativt højeste indhold af oliesyre (C18:1) og det laveste indhold af linolsyre (C18:2). Solsikkefrø indeholder derimod store mængder linolsyre, mens indholdet af linolensyre (C18:3) er meget lavt i forhold til de to andre fedtkilder.

Der blev udtaget mælkeprøver hver uge (inkl. i forperioden) som blev analyseret for indhold af fedt, protein og laktose. Mælkeprøver til bestemmelse af fedtsyresammensætning, herunder CLA (*cis*-9, *trans*-11) og vaccensyre (*trans*-11, C18:1) blev ligeledes udtaget i forperioden og efterfølgende hver uge i forsøgsperioden. Foderoptagelsen for hver enkelt ko blev registreret dagligt.

De statistiske analyser er foretaget ved hjælp af GLM proceduren for variansanalyse i SAS (SAS inc., 1999). Følgende model er anvendt:

$$y = \mu + R + H + (R \times H) + \varepsilon$$

hvor:

y = den undersøgte egenskab

μ = mindste kvadraters gennemsnit

R = effekt af race
H = effekt af hold
R×H = effekt af vekselvirkningen mellem
race og hold
ε = restvariation

I den statistiske analyse af mælkeydelse,
EKM, fedt- og proteinindhold blev der
justeret for ydelse, fedt og proteinprocent i
forperioden.

Tabel 2. Foderrationens sammensætning samt forventet foderoptagelse

	Hold I	Hold II	Hold III	Hold IV
Separat tildelt foder				
Grønmix, kg tørstof	2,7	2,7	2,7	2,7
Fuldfoderblanding				
	% af tørstof			
Sojaskrå	13,8		0,6	8,0
Roepiller	16,3	2,9	6,3	11,4
Rapskager	-	25,5	-	-
Sojabønner	-	-	18,9	-
Solsikkefrø	-	-	-	9,9
Kl. græsensilage, 1. slæt	23,4	25,1	26,5	24,1
Kl. græsensilage, 2. slæt	16,2	16,4	16,6	16,3
Majsensilage	29,3	29,8	30,2	29,5
Mineralblanding	1,0	0,3	0,9	0,8
Tørstof optag i alt, kg	18,5	18,3	18,1	18,4
Fedtsyrer, g/FE	22	50	49	49
Fedtsyrer, g/kg tørstof (fuldfoderblanding+grønmix)	20	52	58	63

Tabel 3. Fedtindhold og fedtsyresammensætning i de anvendte fedtkilder

	Sojabønner	Rapskager	Solsikkefrø
Totalfedt, % af tørstof	23,5	16,3	47,4
Fedtsyrer, % af total fedt	91,5	87,2	94,7
Fedtsyresammensætning (vægtprocent)			
Palmitinsyre, C16:0	12	6	6
Stearinsyre, C18:0	4	2	4
Oliesyre, C18:1	23	59	26
Linolsyre, C18:2	53	22	63
Linolensyre, C18:3	6	9	0,1

2.2 Forsøg II: Stigende mængde solsikkefrø i rationen

I dette forsøg blev betydningen af stigende mængde fedt i form af solsikkefrø på mælkenes indhold af CLA undersøgt. Forsøget blev gennemført i kvægstaldene på ForskningsCenter Foulum, og der indgik 24 Holstein køer fordelt på følgende fire hold:

- Hold I: Kontrol (ingen solsikkefrø)
- Hold II: Solsikkefrø (1,0 kg/dag)
- Hold III: Solsikkefrø (2,0 kg/dag)
- Hold IV: Solsikkefrø (3,0 kg/dag)

Holdinddelingen blev foretaget således, at holdene så vidt muligt var ens med hensyn til køernes laktationsnummer og afstand fra kælvning. Alle køer blev fodret med et kløvergræsensilage-baseret fuldfoder (Tabel 4). Fra hold I over II, III til hold IV øgedes mængden af fedtsyrer i rationen fra 12 til 81 g/kg tørstof vha. stigende mængder solsikkefrø med et højt indhold af li-

nolsyre (C18:2). Foderets indhold af fedtsyrer lå over det maksimalt anbefalede niveau på hold III og IV specielt i betragtning af fedtsyrernes høje grad af umættethed. Fedtindhold samt fedtsyresammensætning af de anvendte fodermidler fremgår af Tabel 5.

Forsøget indledtes med én uges forperiode efterfulgt af 5 ugers forsøgsperiode i november/december 2001. Køerne blev opstaldet og fodret individuelt. Der blev udtaget foderprøver af alle enkeltfodermidler samt mælkeprøver som beskrevet under forsøg I.

Resultaterne blev analyseret ved hjælp af ensidig variansanalyse i SAS med behandling som eneste faktor. For mælkeydelse, energikorrigeret mælkeydelse (EKM), fedt- og proteinprocent blev der justeret for de respektive værdier i forperioden.

Tabel 4. Foderrationens sammensætning samt forventet foderoptagelse

	Hold I	Hold II	Hold III	Hold IV
	% af tørstof			
Sojaskrå	14,3	10,5	8,8	13,4
Byg	29,8	28,5	24,6	12,5
Solsikkefrø	-	5,1	10,3	15,7
Kløvergræsensilage	55,3	55,3	55,8	58,1
Mineralblanding	0,6	0,6	0,5	0,3
Tørstof, kg/dg	18,2	18,2	18,1	17,8
Fedtsyrer, g/FE	19	35	51	67
Fedtsyrer, g/kg tørstof	12	35	57	81

Tabel 5. Fedtindhold og fedtsyresammensætning i de anvendte fodermidler

	Solsikkefrø	Byg	Sojaskrå	Græsensilage
Totalfedt, % af tørstof	50,0	3,1	3,2	3,4
Fedtsyrer, % af total fedt	93,9	88,6	82,3	50,3
Fedtsyresammensætning (g/100 g fedtsyrer)				
Palmitinsyre, C16:0	6,2	23,8	17,8	19,6
Stearinsyre, C18:0	3,8	1,3	4,1	2,4
Oliesyre, C18:1	25,6	11,5	17,1	6,8
Linolsyre, C18:2	62,7	53,8	51,4	21,1
Linolensyre, C18:3	0,3	5,9	7,0	43,1

2.3 Forsøg III: Økologisk Kvægbrug - Korn kontra rapskager eller rapsfrø

Denne undersøgelse blev gennemført i tilknytning til et fodringsforsøg hos økologisk mælkeproducent Erik Andersen, Arden i vinteren 2000/2001. Forsøgets formål var at belyse produktiviteten ved tre typer af 100 % økologiske foderrationer baseret på byg, rapskager/frø og kløvergræs (Mogensen et al., 2004). Der indgik 76 Holstein køer i forsøget og de blev fordelt på følgende tre hold:

Hold I: Korn
Hold II: Rapskager
Hold III: Rapsfrø+korn

I undersøgelsen af mælkens indhold af CLA og vaccensyre indgik 29 af de 76 køer fordelt på samme tre forsøgsfodringer. Effekten af køernes laktationsnummer (paritet) og afstand fra kælvning blev ligeledes undersøgt. Fordelingen af de 29 køer på hold og paritet samt deres afstand fra kælvning fremgår af Tabel 6.

Sammensætningen af de tre foderrationer er vist i Tabel 7. Alle køer blev fodret efter ædelyst med den samme fuldfoderblanding (grundfoder), der på tørstofbasis bestod af 63% kløvergræsensilage, 19% bygærteensilage samt 18% græspiller. Derudover modtog hold I, ligeledes på tørstofbasis, et dagligt supplement af 4,5 kg korn, hold II 0,9 kg rapskager og hold III 2,6 kg af en rapsfrø-kornblanding. Da alle køer i besætningen gik sammen i løsdrift, blev tilskudsfoderet tildelt individuelt vha. kraftfoderautomater. Optagelsen af tilskudsfoder blev registreret for hver enkelt ko dagligt. Indtaget af grovfoder blev regi-

streret hver 14. dag på besætningsniveau og grovfoderoptagelsen pr. ko derefter beregnet ud fra fylde i rationen og antagelse om samme optagelseskapacitet for alle køer i besætningen (se Mogensen et al. 2004 for detaljer).

Forsøget blev indledt med en forperiode på to uger, hvor køerne gradvist blev tilvænnet forsøgsfoderet efterfulgt af en 8 ugers forsøgsperiode med start i december 2000. Køernes mælkeydelse blev registreret i forperioden og derefter hver 14. dag i forsøgsperioden. Efter 5 uger af forsøgsperioden blev mælkeprøver fra de 29 køer udtaget den 31/1 til bestemmelse af fedtsyresammensætningen.

Mælkeydelse og mælkens sammensætning for de 29 køer der indgik i undersøgelsen blev opgjort som et gennemsnit af resultater fra de tre nærmeste ydelseskontrolleringer forud for udtagelsen af mælkeprøver til fedtsyrebestemmelse den 31/1. Afstand fra kælvning er ligeledes opgjort den 31/1. Følgende statistiske model er anvendt:

$$y = \mu + H + P + \beta \cdot a + \varepsilon$$

hvor:

y= den undersøgte egenskab

μ = mindste kvadraters gennemsnit

H= effekt af hold

P= effekt af paritet (1. laktation eller ældre køer)

β = effekt af afstand fra kælvning i dage (indgår som kovariat)

ε = restvariation

Tabel 6. Køernes fordeling på hold og deres paritet og afstand fra kælvning

	Hold I	Hold II	Hold III
Antal køer i alt	9	10	10
Antal 1. kalvs køer	4	2	4
Antal 2. kalvs køer	2	5	2
Antal ældre køer	3	3	4
Afstand fra kælvning, dage	165 (62-309)	187 (142-287)	156 (55-255)

Tabel 7. Foderrationens sammensætning afhængig af hold

	Hold I	Hold II	Hold III
Grundfoder¹	ad lib	ad lib	ad lib
Tilskudsfoder, kg tørstof/dag (FE)			
Byg	4,5 (5,0)		
Rapskage		0,9² (1,1)	
Rapsfrø			2,6³ (4,0)

¹ 63% kløvergræsensilage, 19% byg-ærteensilage og 18% græspiller på tørstofbasis

² 14% fedt

³ 50% rapsfrø, 25% byg, 25% hvede på kg basis

2.4 Forsøg IV: Økologisk kvægbrug - stigende mængde rapsfrø i rationen

Denne undersøgelse blev gennemført i tilknytning til et fodringsforsøg hos to økologiske mælkeproducenter (Erik Andersen, gård 1 og Bent Mølgaard Nielsen, gård 2) i vinteren 2001/2002 (Kristensen & Mogenssen, 2005). Forsøgets formål var at belyse fedttildelingens betydning for mælkeproduktionen ved en 100 % økologisk foderration baseret på en høj andel af grovfoder. Der indgik 81 køer i forsøget på gård 1 og 78 køer på gård 2, og køerne var fordelt på følgende tre hold i begge besætninger:

- Hold I: Kontrol (ingen rapsfrø)
- Hold II: Rapsfrø (0,35 kg/dag)
- Hold III: Rapsfrø (0,70 kg/dag)

I undersøgelsen af mælkens indhold af CLA og vaccensyre indgik 35 af de 81 køer på gård 1 og 34 af de 78 køer på gård 2. Køernes fordeling på gård, hold, laktationsnummer og afstand på kælvning fremgår af Tabel 8.

Tabel 9 viser foderrationernes sammensætning på de to gårde. I begge besætninger blev køerne fodret efter ædelyst med en letfordøjelig grundration baseret på kløvergræs, helsædsensilage og græspiller. Som supplement til grundrationen tildeltes køer på hold I (kontrolholdet) 4,4 eller 5,0 FE korn/dag, køer på hold II modtog 4,1 eller 4,5 FE korn/dag, mens køer på hold III modtog 3,8 eller 4,0 FE korn/dag på henholdsvis gård 1 og 2. Desuden modtog hold I, II og III henholdsvis 0, 0,5 og 1,0 FE svarende til ca. 0, 0,35 og 0,70 kg rapsfrø pr. ko pr. dag på begge gårde. Alle køerne gik sammen i løsdrift i begge besæt-

ninger og tilskudsfoderet blev tildelt individuelt vha. kraftfoderautomater. Optagelsen af tilskudsfoder blev således registreret for hver enkelt ko dagligt. Indtaget af grovfoder blev registreret hver 14. dag på besætningsniveau og grovfoderoptagelsen pr. ko derefter beregnet ud fra fylde i rationen og antagelse om samme foderoptagelseskapacitet for alle køer i besætningen.

Forsøget blev indledt med en forperiode på to uger, hvor køerne gradvist blev tilvænnet forsøgsfoderet efterfulgt af en 8 ugers forsøgsperiode med start i december 2001. Køernes mælkeydelse blev registreret i forperioden og derefter hver 14. dag i forsøgsperioden. Som i forsøg III blev mælkeprøver til bestemmelse af fedtsyresammensætningen fra de i alt 69 køer i de to besætninger udtaget efter 5 uger af forsøgsperioden. Mælkeydelse og mælkens sammensætning blev opgjort som et gennemsnit af resultater fra de tre nærmeste ydelseskontrolleringer forud for udtagelsen af mælkeprøver til fedtsyrebestemmelsen i forsøgsuge 5.

Resultater for mælkeydelse, indhold af fedt og protein samt fedtsyresammensætning er analyseret efter følgende statistiske model:

$$y = \mu + G + H(G) + P + \beta \cdot a + \varepsilon$$

hvor:

y=den undersøgte egenskab

μ =mindste kvadraters gennemsnit

G=effekt af gård

H(G)=effekt af hold nested indenfor gård

P=effekt af paritet (1., 2. laktation eller ældre køer)

β = effekt af afstand fra kælvning i dage (indgår som kovariat)

ε = restvariation

Til trods for at forsøgsbehandlingen (mængden af rapsfrø tildelt de tre hold) er den samme på de to gårde (se Tabel 9), er

den overordnede sammensætning af foderrationen ikke den samme gårdene imellem. Derfor er hold "nested" indenfor gård i den statistiske analyse af data.

Tabel 8. Antal køer på de tre hold på gård 1 og 2 samt køernes paritet og gennemsnitlige afstand fra kælvning

	Antal køer				Gennemsnitlig afstand fra kælvning, dage
	1. kalvs	2. kalvs	ældre	total	
Gård 1					
Hold I	2	2	8	12	160
Hold II	2	2	8	12	158
Hold III	1	2	8	11	158
Gård 2					
Hold I	3	3	5	11	113
Hold II	3	5	5	13	129
Hold III	3	5	2	10	110

Tabel 9. Foderrationens sammensætning afhængig af hold og besætning

Grundfoder	Gård 1			Gård 2		
	Hold I ad lib	Hold II ad lib	Hold III ad lib	Hold I ad lib	Hold II ad lib	Hold III ad lib
	% af FE i grundfoder			% af FE i grundfoder		
Kløvergræsensilage	84	84	84	39	39	39
Ærtehelsædsensilage	-	-	-	40	40	40
Helsædsensilage	1	1	1	8	8	8
Græspiller	10	10	10	13	13	13
Majs	6	6	6			
Tilskudsfoder, FE/dag						
Korn	5,0	4,5	4,0	4,4	4,1	3,8
Rapsfrø	0	0,5	1,0	0	0,5	1,0

2.5 Forsøg V: Græsensilage og byghelsædsensilage

Denne undersøgelse blev gennemført i tilknytning til et projekt på Forskningscenter Foulum med titlen ”Har fodring med Roundup-resistente foderroer (GMO) betydning for malkekoens produktion og forekomst af vækstfaktorer i mælk og blod” (Weisbjerg et al., 2001). I relation til indholdet af CLA i mælk var formålet at undersøge effekten af de to grovfodermidler græsensilage og byghelsædsensilage.

Der indgik 36 Holstein køer i forsøget, og det blev gennemført som et 3×2 faktor forsøg med 3 forskellige roe-sorter og 2 grundfoderrationer. I forbindelse med mælkens indhold af CLA blev effekten af roe-sort udeladt i den statistiske analyse af data. De 36 køer blev fordelt på 6 hold under hensyntagen til laktationsnummer (12 køer i 1. laktation og 24 køer i senere laktation) og afstand fra kælvning (57 dage i gennemsnit).

Grundfoderrationers sammensætning er vist i Tabel 10. Rationerne blev tildelt efter ædelyst som en fuldfoderblanding. Foruden grundfoderrationerne fik 1. laktations køer på begge hold tildelt 5 kg roetørstof, mens senere laktations køer fik tildelt 6 kg roetørstof af sorterne Asterix, Kyros eller GMO-roen Simplex. Alle køer stod individuelt opstaldet, og grundfoderration og roer blev tildelt separat i to foderkasser foran koen.

Efter en tilpasningsperiode på to uger overgik køerne til en 5 ugers forsøgsperiode. Der blev udtaget prøver af alle fodermidler til analyse for indhold af bl.a. råpro-

tein, råfedt, træstof, NDF, stivelse og sukker. Fedtsyresammensætningen i de anvendte grovfodermidler blev ikke analyseret, men kløvergræsensilage indeholder typisk ca. 0,4 og 0,8 % C18:2 og C18:3 på tørstofbasis mens C18:2 og C18:3 indholdet for helsædsensilage typisk er 0,8 og 0,3 % på tørstofbasis. Indholdet af disse to fedtsyrer er således ikke væsentligt forskelligt mellem de to grovfodermidler. Foderoptagelsen blev registreret dagligt, og der blev foretaget ydelseskontrol én gang ugentligt. Ved forsøgsperiodens afslutning blev mælkeprøver til bestemmelse af fedtsyresammensætning udtaget.

Den statistiske analyse af data blev foretaget ved ensidig variansanalyse med grovfodertype som eneste forklarende variabel.

Tabel 10. Grundfoderrationens sammensætning på de to hold

	Hold			
	Græsensilage	Byghelsædsensilage		
	% af tørstof			
Kløvergræsensilage	51,3	-		
Byghelsædsensilage	-	50,7		
Snittet byghalm	3,7	3,6		
Kraftfoder ¹	45,0	45,7		
	1.laktations køer	Senere laktati- on	1.laktations køer	Senere laktati- on
Roer, kg tørstof	5	6	5	6

¹ Kraftfoderblandingerne til de to hold var balanceret således at der i de to grundfoderrationer tilstræbtes samme mængde næringsstof (protein, cellevægsstoffer, mineraler). Kraftfoderblandingerne bestod på tørstofbasis af 40,3-40,6% byg/tørret sukkerroeaffald, 55,4-56,9 % rapskager, 0-2,1 % urinstof og 2,1-2,4 % mineralblanding

2.6 Forsøg VI: Kløvergræs- eller majsensilage samt højt eller lavt energiindhold

Formålet var at undersøge effekten af to grovfodermidler med forskellig fedtsyresammensætning samt betydningen af fodrets energiindhold på mælkens indhold af CLA. Forsøget blev gennemført på Forskningscenter Foulum i efteråret 2003, og der indgik i alt 40 Holstein køer fordelt på fire hold. Forsøget blev gennemført med to grovfoderremner; majsensilage og kløvergræsensilage i kombination med to energiniveauer i rationen; lavt, ca. 0,96 FE/kg tørstof og højt, ca. 1,01 FE/kg tørstof. Foderrationens energiindhold blev reguleret ved hjælp af byg.

Ved holdinddelingen inddeltes køerne i 10 blokke á 4 køer, og blokkene var så vidt muligt ens med hensyn til laktationsnummer, afstand fra kælvning og ydelse. På hver af de fire forsøgshold indgik fem 1. kalvs, to 2. kalvs og to 3. kalvs køer, samt én ældre ko. Hovedparten af køerne på hvert hold var i midtlaktation, og ved forsøgets begyndelse var den gennemsnitlige afstand fra kælvning knap 6 måneder og den gennemsnitlige dagsydelse 25,8 kg energikorrigeret mælk.

Forsøget blev gennemført fra uge 37 til og med uge 43 (én uges forperiode, 6 ugers forsøgsperiode). Umiddelbart før forsøgsperiodens start blev der foretaget ydelseskontrol og udtaget mælkeprøver til fedtsyrebestemmelse på to af hinanden følgende

dage. Ydelseskontrol blev desuden foretaget ugentligt gennem hele forsøgsperioden, og mælkeprøver til fedtsyreanalyse blev udtaget på to af hinanden følgende dage i ugerne 39, 41 og 43.

Køerne stod opstaldet individuelt, og i forsøgsperioden blev de fire hold fodret efter ædelyst med hver sin fuldfoderblanding (Tabel 11). Foderoptagelsen blev registreret dagligt. Blandingerne var sammensat således at summen af fodermidlernes fylde var ens i alle blandinger (6,6). Ligeledes tilstræbtes mængden af fedtsyrer pr. FE at være ens, og minimumsbehovet for PBV, AAT, Ca, P og Mg søgtes opfyldt.

Den kemiske sammensætning samt fedtsyresammensætningen af de fire fuldfoderblandinger fremgår af Tabel 12. Indhold af fedtsyrer med betydning for mælkens CLA-indhold samt indhold af stivelse i de enkelte fodermidler fremgår af Tabel 13.

Resultaterne er analyseret efter følgende statistiske model:

$$y = \mu + G + E + (G \times E) + B + \varepsilon$$

hvor:

y= den undersøgte egenskab

μ = mindste kvadraters gennemsnit

G= effekt af grovfodertype

E= effekt af energiindhold

G×E= effekt af vekselvirkningen mellem grovfodertype og energiindhold

B= effekt af blok

ε = restvariation

Tabel 11. Fuldfoderblandingeres sammensætning på de fire hold samt forventet foderoptagelse

Grovfodertype	Græsensilage		Majsensilage	
	lavt	højt	lavt	højt
Energiindhold				
% af tørstof				
Byg	-	18,3	-	16,2
Rapskage ¹	27,0	28,3	30,2	30,6
Kløvergræsensilage	72,7	52,7	-	
Majsensilage	-	-	68,8	52,0
Mineralbl. type I, gran.	0,19	0,54	0,89	1,1
Vitaminer, rød solitren	0,16	0,14	0,14	0,12
Foderets fylde, fedtsyreindhold samt forventet foderoptagelse				
FF _k	6,6	6,6	6,6	6,6
Fedtsyrer, g/FE	46	46	47	46
FE/dag	15,3	18,7	18,6	21,2

¹ Fedtrig (13%), proteinbeskyttet

Tabel 12. Kemisk sammensætning samt fedtsyresammensætning af de fire fuldfoderblandinger

Grovfodertype	Græsensilage		Majsensilage	
	lavt	højt	lavt	højt
Energiindhold				
% tørstof	35,0	41,7	38,9	45,5
			% af tørstof	
Råprotein	20,9	19,9	15,4	15,8
Råfedt	6,5	6,6	6,9	6,9
Stivelse	0,4	10,1	20,8	24,4
NDF	33,8	29,0	33,4	29,2
C18:2	1,1	1,4	1,8	1,9
C18:3	0,96	0,85	0,52	0,53
Sum af fedtsyrer	5,2	5,6	6,2	6,3
FE/kg tørstof	0,96	1,01	0,91	0,96

Tabel 13. Fedtsyresammensætning og indhold af stivelse i de anvendte fodermidler

	Græsensilage	Majsensilage	Byg	Rapskage
Totalfedt, % af tørstof	2,9	3,0	2,8	16,1
Fedtsyrer, % af total fedt	52,4	76,9	91,0	83,5
Fedtsyresammensætning (g/100 g fedtsyrer)				
C18:0	2,8	2,4	1,3	1,7
C18:1	4,0	24,3	12,2	57,8
C18:2	20,3	46,7	54,5	22,4
C18:3	49,4	6,6	5,8	9,2
Stivelse, % af tørstof	0,25	30	53	0,68

2.7 Forsøg VII: Årstidsvariation

Formålet med denne undersøgelse var primært at belyse mælkens indhold af CLA og vaccensyre på forskellige årstider. Undersøgelsen blev gennemført hos økologisk mælkeproducent Erik Andersen, Arden i 2001/2002, og køerne i denne besætning var på græs om sommeren.

Otte gange i løbet af et år med start i juni 2001 blev der udtaget mælkeprøver fra 6 forskellige køer dvs. i alt 48 køer. Alle køer var i første tredjedel af laktationen. Prøveudtagningstidspunkter samt køernes paritet og afstand fra kælvning fremgår af Tabel 14.

Figur 3 viser foderrationens overordnede sammensætning fra juni 2001 til oktober 2002 opgjort som frisk græs, konserveret foder og andet foder.

Resultaterne er analyseret efter følgende model:

$$y = \mu + D + P + \varepsilon$$

hvor:

y= den undersøgte egenskab

μ = mindste kvadraters gennemsnit

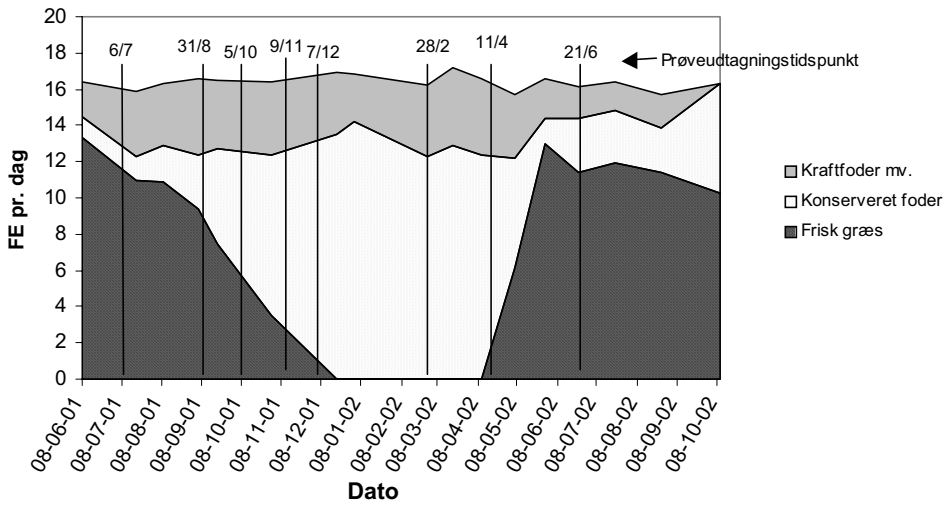
D= effekt af dato (årstid, 8 datoer)

P= effekt af paritet (1. laktation eller ældre køer)

ε = restvariation

Tabel 14. Prøveudtagningstidspunkter, paritet og afstand fra kælvning

Prøveudtagnings- dato	Antal køer/paritet			Afstand fra kælvning, dage	
	1. kalvs	2. kalvs	Ældre	Gennemsnit	min-max
6. juli 2001	1	1	4	85	51-107
31. august 2001	-	1	5	85	72-93
5. oktober 2001	1	1	4	83	67-104
9. november 2001	3	2	1	87	73-108
7. december 2001	4	-	2	89	78-100
28. februar 2002	1	2	3	94	71-106
11. april 2002	1	1	4	83	71-102
21. juni 2002	2	1	3	92	73-115



Figur 3. Foderrationens sammensætning opgjort som kraftfoder, konserveret foder og frisk græs (afgræsning) i perioden fra juni 2001 til oktober 2002

2.8 Forsøg VIII: Afstand fra kælvning, laktationsnummer og årstidsvariation

Formålet med denne undersøgelse var primært at belyse effekten af afstand fra kælvning på mælkens indhold af CLA hos køer med forskellig alder (laktationsnummer) og på forskellig årstid.

Ligesom forsøg VII blev denne undersøgelse gennemført hos økologisk mælkeproducent Erik Andersen, Arden. Fem gange i løbet af 2001 (samme tidspunkter som i forsøg VII) blev der udtaget mælkeprøver fra køer der indenfor samme laktationsnummer befandt sig på forskelligt laktationsstadiet. Der blev udtaget prøver fra i alt 71 køer i 1., 2. og 3. laktation og fordelingen af køer på prøveudtagnings-

tidspunkt og laktationsnummer fremgår af Tabel 15.

Med hensyn til fodrationens sammensætning på de 5 prøveudtagnings-tidspunkter henvises til Figur 3 i forsøg VII.

Resultaterne er analyseret efter følgende model:

$$y = \mu + D + P + \beta \cdot a + \varepsilon$$

hvor:

y= den undersøgte egenskab

μ = mindste kvadraters gennemsnit

D= effekt af dato (årstid, 5 datoer)

P= effekt af paritet (1., 2. eller 3. laktation)

β = effekt af afstand fra kælvning

ε = restvariation

Tabel 15. Fordelingen af køer på prøveudtagnings-tidspunkt og laktationsnummer samt mælkeydelse ved prøveudtagning

	Prøveudtagnings-tidspunkt					Total
	6/7	31/8	5/10	9/11	7/12	
Antal køer						
I alt	18	16	9	12	16	71
Heraf 1. kalvs	1	9	5	7	3	25
Heraf 2. kalvs	11	3	3	3	4	24
Heraf 3. kalvs	6	4	1	2	9	22
Afstand fra kælvning, dage						
Gennemsnit	246	186	182	151	123	
Minimum	17	31	37	41	4	
Maksimum	349	343	320	328	223	
Gennemsnitlig ydelse og mælkens sammensætning ved prøveudtagning						
Mælk, kg	23,8	23,0	19,2	21,5	25,1	
Fedt, %	4,03	3,69	4,21	4,00	4,22	
Protein, %	3,50	3,49	3,53	3,24	3,30	

2.9 Forsøg IX: Variation indenfor og mellem 8 økologiske gårde

Formålet med denne undersøgelse var primært at belyse variationen i mælkens indhold af CLA indenfor og mellem 8 økologiske malkekvægsbesætninger.

I april 2001, umiddelbart inden udbinding, blev mælkeprøver fra i alt 109 køer indsamlet. Tabel 16 viser prøvernes fordeling på besætning, antal 1. kalvs og ældre køer, køernes gennemsnitlige afstand fra kælvning samt mælkeydelse ved den nærmeste ydelseskontrollering.

Den gennemsnitlige afstand fra kælvning var 4 til 5 måneder, bortset fra gård 4 hvor køerne i gennemsnit var godt 2 måneder fra kælvning. De ældre køer var generelt senere i laktationen end 1. kalvs køer, dog ikke på gård 4. Den gennemsnitlige daglige mælkeydelse var 25 til 27 kg i alle besætninger med undtagelse af gård 7 som lå på godt 21 kg. Ydelsesdata fra gård 8 mangler.

Den overordnede sammensætning af foderationerne samt den forventede foderoptagelse på gård 1 til 7 ved den nærmeste ydelseskontrollering fra mælkeprøvernes udtagelse fremgår af Tabel 17. Der mangler foderdata fra gård 8, men det blev oplyst, at fodringen bestod af græsensilage suppleret med en kraftfoderblanding bestående af byg, ærter og havre ensbetydende med en forholdsvis fedtfattig foderration.

Mælkens indhold af vaccensyre og CLA er analyseret efter følgende statistiske model:

$$Y = \mu + A + P + G + \varepsilon$$

hvor:

Y= den undersøgte egenskab

μ = mindste kvadraters gennemsnit

A= effekt af afstand fra kælvning

P= effekt af paritet (1. laktation eller ældre)

G= effekt af gård

ε = restvariation

Desuden er der foretaget en regressionsanalyse for at belyse sammenhængen mellem foderrationens indhold af fedtsyrer og mælkens CLA-indhold.

Table 16. Besætning, dato, antal køer og deres laktationsnummer, gennemsnitlige afstand fra kælvning samt mælkeydelse ved sidste kontrollering inden udtagelse af mælkeprøve

Gård	Ejer	Dato	Antal køer			Afstand fra kælvn., dage (gns)			Ydelse		
			Ialt	1. kalvs	ældre køer	alle	1. kalvs	ældre køer	Mælk kg	fedt %	protein %
1	I/S Petresminde, Kolind	20/4	13	6	7	140	82	189	25,7	4,0	3,3
2	T & F Wette, Farsø	18/4	14	7	7	145	121	170	26,0	4,0	3,3
3	Bent M. Nielsen, Lemvig	23/4	14	7	7	132	80	183	25,2	4,3	3,3
4	Benny Vammen, Hobro	19/4	14	7	7	71	91	51	26,3	3,8	3,1
5	Hans Bugge, Hobro	25/4	13	6	7	146	86	199	26,4	3,8	3,1
6	Erik Andersen, Arden	10/4	13	6	7	131	71	183	26,8	3,8	3,0
7	Mogens Larsen, Brønderslev	24/4	14	7	7	143	88	198	21,3	3,9	3,0
8	Dyrvig Andels Landbrug	2/5	14	7	7	148	70	226	-	-	-

Table 17. Foderets overordnede sammensætning samt forventet foderoptagelse ved den sidste kontrollering før mælkeprøvernes udtagelse

Gård nr.	Dato	FE/dag				Fedsyrer, g/dg
		Ensilage mv.	Korn mv.	Andet kraftfoder	i alt	
1	6/4	7,7	4,3	3,6	15,6	548
2	25/4	12,5	2,6	1,3	16,4	371
3	29/3	13,4	2,4	0,8	16,6	446
4	18/4	13,2	2,6	0	15,8	260
5	25/4	15,4	1,0	0	16,5	299
6	26/4	12,9	2,6	1,6	17,1	591
7	5/4	13,0	3,7	0,9	17,6	373
8	-	-	-	-	-	-

2.10 Forsøg X: Sammenligning af økologisk og konventionel tankmælk

Formålet med denne undersøgelse var at belyse variationen i mælkens indhold af CLA og vaccensyre mellem en række økologiske og konventionelle besætninger.

Der blev udtaget prøver af tankmælk hos 7 konventionelle og 10 økologiske mælkeproducenter i perioden 22. til 25. oktober 2002.

Foderrationernes overordnede sammensætning samt forventet foderoptagelse på 13 af de i alt 17 gårde ved den nærmeste ydelseskontrollering forud for mælkeprøvernes udtagelse fremgår af Tabel 18.

Den statistiske analyse af data blev foretaget ved ensidig variansanalyse med brugstype som eneste forklarende variabel.

Tabel 18. Gård, fodersammensætning og forventet optag af fedtsyrer fra foderet ved sidste ydelskontrollering (dato)

Gård	Gårdejer	Brugs type	Dato	FE					Fedtsyrer, g/dag
				I alt	Frisk græs	Ensilage, mv.	Korn, mv.	Andet kraftfoder	
1	Ralf Sanderik	Konv.	1/10	17,9	1,3	13,5	2,6	0,5	477
2	Peter S. Andersen	Konv.	3/10	19,6	-	12,6	3,0	4,0	505
3	Mogens Kjær	Konv.	30/9	22,3	0,1	18,2	2,4	1,6	755
4	Finn Moltsen	Konv.	8/10	17,9	5,0	9,7	2,8	0,4	609
5	Christian Nielsen	Konv.	2/10	17,9	-	13,0	3,4	1,4	480
6	Jens Gregersen	Konv.	3/10	15,6	0,5	10,9	4,2	-	454
7	I/S Wenzel	Konv.	1/10	18,8	-	13,5	1,4	4,0	531
8	Bent Schrøder	Øko.	-	-	-	-	-	-	-
9	Mølgaard Nielsen	Øko.	7/8	15,9	12,0	3,9	-	-	448
10	Mogens Larsen	Øko.	7/8	15,5	7,7	5,6	2,2	-	405
11	Søren D. Clausen	Øko.	-	-	-	-	-	-	-
12	Benny Vammen	Øko.	12/9	15,6	7,5	8,1	-	-	389
13	B. Hornshøj-Hansen	Øko.	-	-	-	-	-	-	-
14	Hans Bugge	Øko.	30/9	16,8	-	10,6	4,8	1,4	336
15	I/S Petrine Smilde	Øko.	14/10	14,7	11,0	3,7	-	-	419
16	L. & A. Mortensen	Øko.	-	-	-	-	-	-	-
17	Erik Andersen	Øko.	11/10	16,3	10,3	6,0	-	-	399

3. Resultater

3.1 Forsøg I: Rapskager, sojabønner eller solsikkefrø

Foderoptagelse, mælkeydelse og mælkens sammensætning er vist i Tabel 19. Køernes foderoptagelse og mælkeydelse var generelt relativt lav, hvilket blandt andet skyldes, at der indgik forholdsvis mange første laktations køer i undersøgelsen. Hertil kommer at flere af køerne havde vanskeligt ved at tilpasse sig det nye fodrings- og malkesystem på Kvægbrugets ForsøgsCenter.

Som forventet havde Jersey køer en signifikant lavere foderoptagelse end de tunge racer (24,5 vs. 38,3 kg foder i våd vægt/dag), men der var ingen forskel i foderoptagelsen mellem de fire forsøgshold. I opgørelsen over mælkeydelse og mælkens sammensætning blev der som tidligere nævnt justeret for ydelse og mælkens sammensætning i forperioden. Der var ingen effekt af hverken race eller hold på mælkeydelsen i kg pr. dag eller i kg energikorrigeret mælk (EKM) pr. dag. Mælkens indhold af fedt og protein var højere hos Jersey sammenlignet med de tunge racer. Der var ingen vekselvirkning mellem race og hold for de undersøgte egenskaber.

Mælkefedtets indhold af CLA og vaccensyre på forskellige tidspunkter i forsøget fremgår af Tabel 20, og udviklingen i CLA-indholdet over tid afhængig af race og hold er ligeledes skitseret i Figur 4. Umiddelbart inden forsøgsfodringens start (10/1) var der som ventet ingen forskel i mælkens CLA-indhold mellem de fire for-

søgshold. Derimod var der niveauforskel mellem racer, og det skal bemærkes at mælkens indhold af CLA inden forsøgets start lå på et forholdsvis højt niveau hos RDM/Holstein (Figur 4). Men tilskud af solsikkefrø (hold IV) resulterede efter en uges forløb i et højere indhold af CLA og vaccensyre i mælken end de øvrige hold, om end forskellen mellem hold IV og II (rapskager) ikke var signifikant. Efter ca. 14 dages forløb synes de maksimale effekter af forsøgsbehandlingerne at være nået (Figur 4), hvorfor der i Tabel 20 er foretaget en opgørelse over mælkens indhold af CLA og vaccensyre i perioden fra 24/1 til afslutningen af forsøget den 7/2. I denne periode havde hold II, III og IV et højere indhold af både CLA- og vaccensyre i mælken end kontrolholdet, selvom forskellen mellem kontrolholdet og hold III (sojabønner) ikke var signifikant. Fodring med solsikkefrø (hold IV) resulterede i det højeste indhold af både CLA og vaccensyre i mælkefedt, og niveauet for CLA var ca. 2,2 gange højere end på kontrolholdet. Tilsvarende havde rapskageholdet (hold II) og sojabønneholdet (hold III) henholdsvis ca. 1,4 og 1,2 gange så højt indhold af CLA i mælkefedt som kontrolholdet.

Indholdet af CLA var signifikant lavere i Jersey mælk sammenlignet med mælk fra de tunge racer (0,76 vs. 1,17 g/100g fedtsyrer), og der var en kraftig tendens til at også vaccensyre-indholdet var lavere i jersey mælk ($P=0,05$) i perioden fra 24/1 til 7/2.

Korrelationen mellem CLA og vaccensyre på tværs af forsøgsbehandlingerne var høj for begge racer ($R^2 > 0,7$) (Figur 5).

Det fremgår ligeledes at mælkens indhold af vaccensyre var 3-4 gange højere end indholdet af CLA. Figur 6 viser den individuelle variation i mælkens CLA-indhold

mellem dyr indenfor hold og race. CLA-indholdet varierede typisk 2-3 gange mellem køer indenfor samme hold og race.

Tabel 19. Daglig foderoptagelse og mælkeydelse samt mælkens sammensætning afhængig af race og forsøgsbehandling. Værdierne er mindste kvadraters gennemsnit for perioden 24/1 til 7/2 2002

	Race (R)		Hold (H) ¹				P-værdi ²		
	Jersey	RDM/Holstein	I	II	III	IV	R	H	R×H
Fuldfoder, kg vådvægt ³	24,3	38,7	31,4	31,9	32,4	30,3	***	0,96	0,98
Mælk, kg	16,9	17,6	17,0	16,7	18,3	17,1	0,42	0,55	0,96
EKM, kg ⁴	19,6	19,7	19,6	18,9	21,3	19,3	0,89	0,33	0,97
Fedt %	5,60	4,97	5,35	5,23	5,36	5,20	*	0,87	0,73
Protein %	4,00	3,78	3,93	3,87	3,85	3,82	**	0,40	0,95

¹ Hold I: Kontrol, Hold II: Rapskager, Hold III: Sojabønner, Hold IV: Solsikkefrø

² * P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001, P-værdier for ikke signifikante effekter er angivet

³ inklusiv 2,7 kg tørstof i grønmix tildelt i malkestalden

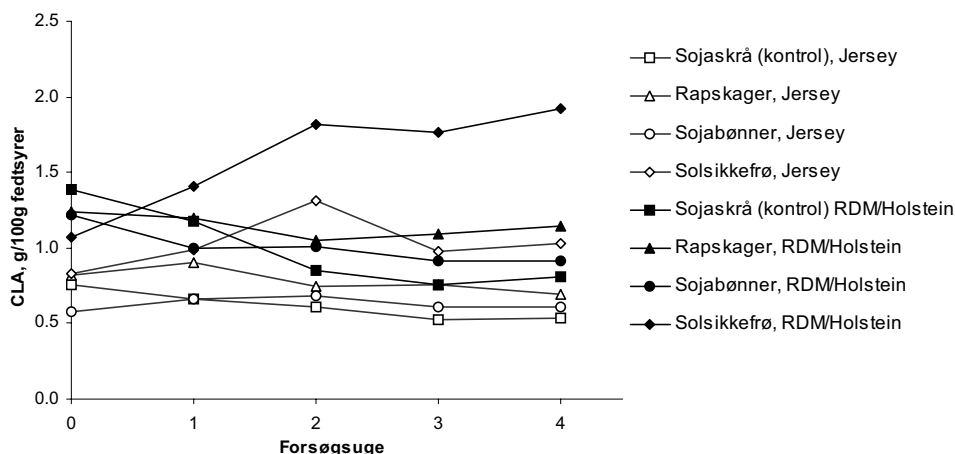
⁴ EKM beregnet som: mælk kg *(383*fedt%+242*protein%+157,1*laktose%+20,7)/3140

Tabel 20. Indhold af CLA og vaccensyre i mælk (g/100 g fedtsyrer) på forskellige tidspunkter i forsøget afhængig af race og forsøgsbehandling. Værdierne er mindste kvadraters gennemsnit

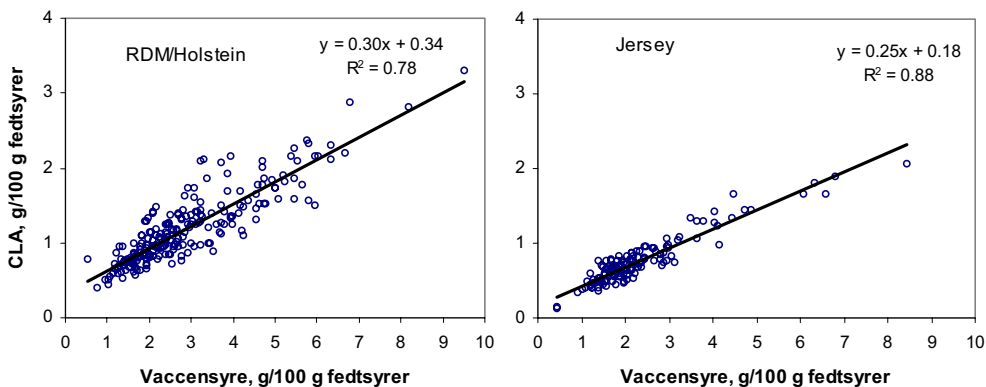
Dato	Race (R)		Hold (H) ¹				P-værdi ²		
	Jersey	RDM/Holstein	I	II	III	IV	R	H	R×H
CLA									
10/1	0,75	1,23	1,07	1,03	0,90	0,97	***	0,51	0,23
17/1	0,79	1,20	0,90 ^a	1,05 ^{ab}	0,83 ^a	1,20 ^b	***	*	0,80
24/1	0,84	1,19	0,73 ^a	0,91 ^a	0,85 ^a	1,57 ^b	**	***	0,79
30/1	0,72	1,13	0,64 ^a	0,92 ^b	0,76 ^{ab}	1,37 ^c	***	***	*
7/2	0,72	1,20	0,68 ^a	0,92 ^b	0,76 ^{ab}	1,47 ^c	***	***	*
24/1-7/2	0,76	1,17	0,68^a	0,92^b	0,79^{ab}	1,47^c	***	***	0,11
Vaccensyre									
10/1	2,38	3,10	3,00	2,78	2,47	2,71	**	0,56	0,46
17/1	2,40	2,99	2,14 ^a	2,99 ^{ab}	2,18 ^a	3,47 ^b	0,06	**	0,87
24/1	2,52	2,91	1,62 ^a	2,39 ^a	2,26 ^a	4,60 ^b	0,19	***	0,93
30/1	2,19	2,56	1,46 ^a	2,43 ^b	1,97 ^{ab}	3,65 ^c	0,11	***	0,50
7/2	2,11	2,78	1,53 ^a	2,33 ^b	1,87 ^{ab}	4,03 ^c	*	***	0,09
24/1-7/2	2,27	2,75	1,53^a	2,38^b	2,04^{ab}	4,09^c	0,05	***	0,46

¹ Hold I: Kontrol, Hold II: Rapskager, Hold III: Sojabønner, Hold IV: Solsikkefrø

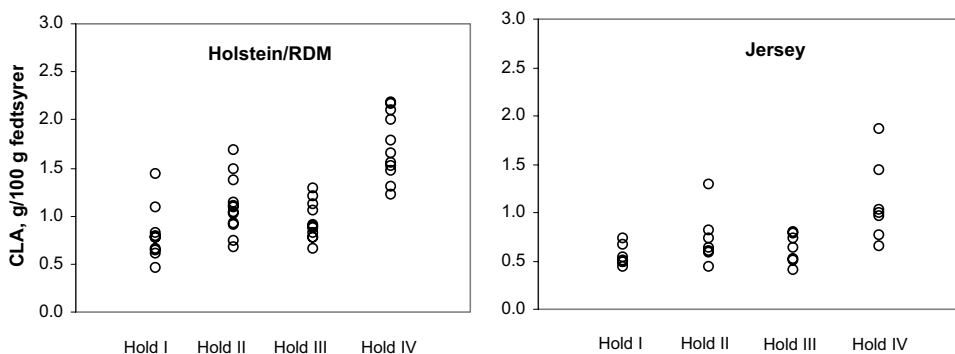
² Tal med forskelligt bogstav i samme række er signifikant forskellige: * P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001, P-værdier for ikke signifikante effekter er angivet



Figur 4. Mælkens indhold af CLA afhængig af hold, race og tidspunkt i forsøgsperioden



Figur 5. Sammenhæng mellem indholdet af vaccensyre og CLA i mælkfedt hos hhv. tunge racer og Jersey



Figur 6. Variation i mælkens CLA-indhold mellem dyr indenfor hold (Hold I, II, III og IV hhv. kontrol, rapskager, sojabønner og solsikkefrø) for tunge racer og Jersey i perioden 24/1 til 27/2

3.2 Forsøg II: Stigende mængder solsikkefrø i rationen

Køernes daglige foderoptagelse samt mælkeydelse i perioden fra 13/11 til forsøgets afslutning 10/12 (1. til 5. forsøgsuge) er vist i Tabel 21. Foderoptagelsen var generelt lav, og køer der modtog de to højeste niveauer af solsikkefrø (hold III og IV) havde samtidig en signifikant lavere foderoptagelse end hold I og II. For hold III og IV var optagelsen af foder i våd vægt i gennemsnit reduceret med 15 %, mens tørstofoptagelsen var reduceret med 18 % i forhold til hold I og II.

I opgørelsen over mælkeydelse og mælakens sammensætning blev der justeret for ydelse og mælakens sammensætning i forperioden. Mælkeydelsen var signifikant lavere på hold III og IV sammenlignet med hold I og II (22,9 vs. 25,8 kg/dag). Mængden af energikorrigeret mælk var ligeledes lavere for hold III og IV i forhold til hold I og II (23,0 vs. 27,0 kg/dag). Mælk fra køer der modtog det højeste niveau af solsikkefrø (hold IV) havde et signifikant højere fedtindhold end køer på de to laveste niveauer af solsikkefrø (hold I og II), mens der ingen forskel var i fedtprocenten mellem hold III og IV. Der var en tendens til at mælakens indhold af protein faldt med stigende mængde fedt i rationen dog med undtagelse af hold IV. Figur 7 viser regressionen mellem rationens indhold af fedtsyrer og mælakens fedt- og proteinprocent. Der var en signifikant positiv effekt af stigende indhold af fedtsyrer på fedtprocenten

($P < 0,001$), mens sammenhængen mellem rationens fedtsyreindhold og proteinprocenten ikke var signifikant ($P = 0,98$).

Mælkefedts indhold af CLA og vaccensyre fra forperioden (uge 0) frem til afslutningen af forsøget efter 5 uger er vist i Tabel 22. CLA-indholdet over tid afhængig af forsøgsbehandling fremgår ligeledes af Figur 8. Allerede en uge efter forsøgsperiodens start var der signifikante forskelle i både CLA- og vaccensyre-indholdet mellem de fire hold, og derfor er der i Tabel 22 foretaget en opgørelse over perioden fra 1. til 5. forsøgsuge. I denne periode var både indholdet af CLA og vaccensyre stigende ved stigende indhold af solsikkefrø i rationen.

Korrelationen mellem mælakens indhold af CLA og vaccensyre var også i dette forsøg høj ($R^2 = 0,8$). I forsøgsuge 1 til 5 var variationen i mælakens CLA-indhold mellem dyr indenfor hold I, II, III og IV hhv. 0,4-0,6; 0,6-1,3; 1,0-1,6 og 1,0-2,6 g CLA/100 g fedtsyrer.

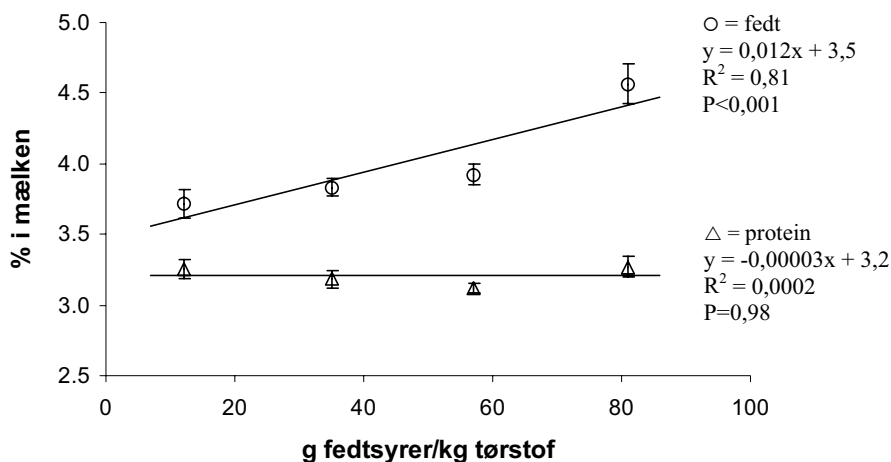
Tabel 21. Foderoptagelse og mælkeydelse pr. dag samt mælkens sammensætning afhængig af forsøgsbehandling. Værdierne er mindste kvadraters gennemsnit for 1. til 5. forsøgsuge

	Hold ¹				P-værdi ²
	I	II	III	IV	
Fuldfoder, kg	48,9 ^a	49,4 ^a	41,6 ^b	42,2 ^b	*
Fuldfoder, kg tørstof	16,8 ^a	16,0 ^a	13,4 ^b	13,5 ^b	**
Mælk, kg	27,6 ^a	26,5 ^a	24,0 ^b	21,8 ^b	**
EKM, kg ³	26,2 ^a	25,4 ^a	23,6 ^b	22,3 ^b	***
Fedt, %	3,79 ^a	3,81 ^a	4,00 ^{ab}	4,41 ^b	0,05
Protein %	3,29	3,27	3,10	3,17	0,12

¹ Hold I: Kontrol (ingen solsikkefrø), Hold II: 5% solsikkefrø, Hold III: 10 % solsikkefrø, Hold IV: 16% solsikkefrø på tørstofbasis

² Tal med forskelligt bogstav i samme række er signifikant forskellige: * P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001. P-værdier for ikke signifikante effekter er angivet

³ EKM beregnet som: mælk kg*(383*fedt%+242*protein%+157,1*laktose%+20,7)/3140

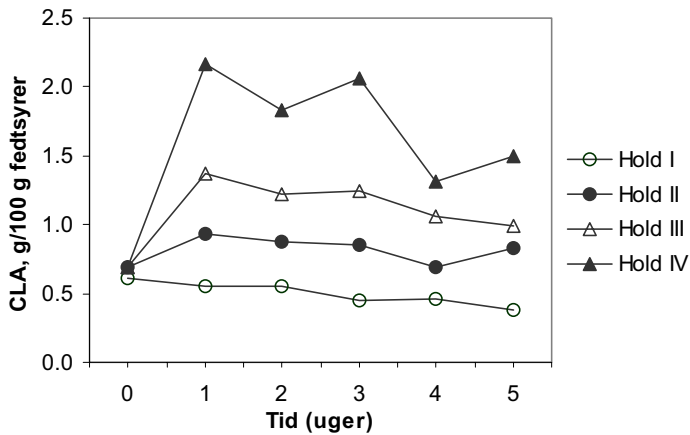


Figur 7. Sammenhæng mellem foderets indhold af fedtsyrer og mælkens fedt og protein indhold

Tabel 22. Indhold af CLA og vaccensyre i mælk (g/100 g fedtsyrer) på forskellige tidspunkter i forsøget afhængig af forsøgsbehandling

uge	Hold				P-værdi ¹	Hold				P-værdi
	I	II	III	IV		I	II	III	IV	
	CLA					Vaccensyre				
0	0,62	0,69	0,69	0,69	0,75	1,45	1,67	1,69	1,71	0,24
1	0,55 ^a	0,93 ^{ab}	1,37 ^b	2,16 ^c	***	1,23 ^a	2,29 ^a	4,31 ^b	6,31 ^c	***
2	0,55 ^a	0,88 ^{ab}	1,22 ^b	1,83 ^c	**	1,22 ^a	2,24 ^b	3,44 ^c	4,65 ^d	***
3	0,45 ^a	0,85 ^{ab}	1,24 ^b	2,07 ^c	***	0,81 ^a	2,13 ^b	3,44 ^c	5,11 ^d	***
4	0,46 ^a	0,69 ^a	1,06 ^{bc}	1,32 ^c	**	1,06 ^a	1,86 ^a	3,05 ^{bc}	3,57 ^c	***
5	0,38 ^a	0,83 ^{ab}	0,99 ^{bc}	1,50 ^c	**	1,03 ^a	2,12 ^{ab}	2,75 ^b	3,89 ^c	**
1-5	0,49^a	0,84^{ab}	1,20^b	1,81^c	***	1,07^a	2,13^b	3,47^c	4,79^d	***

¹ Tal med forskelligt bogstav i samme række er signifikant forskellige: * P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001. P-værdier for ikke signifikante effekter er angivet



Figur 8. Indhold af CLA i mælk på forskellige tidspunkter i forsøget afhængig af forsøgsbehandling (hold I, II III og IV hhv. 0, 5, 10 og 16 % solsikkefrø på tørstofbasis)

3.3 Forsøg III: Økologisk Kvægbrug - Korn kontra rapskager eller rapsfrø

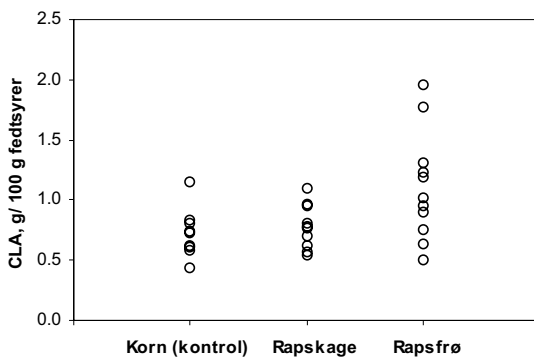
I opgørelsen over den daglige foderoptagelse og indtaget af fedtsyrer indgik data fra alle 76 køer i hele forsøgsperioden (8 uger) (resultater fra Mogensen et al. 2004) (Tabel 23). Der er således ikke foretaget en separat opgørelse over foderoptagelsen for de 29 køer, hvorfra der efter 5 ugers forsøgsfodring blev udtaget mælkeprøver til analyse af fedtsyresammensætning. Som det fremgår af Tabel 23 var foderoptagelsen lidt lavere på hold II (rapskage) i forhold til hold I og III (hhv. 16,1, 17,8 og 17,8 FE/dag). Der er dog ikke foretaget nogen egentlig statistisk analyse af data. Foderrationens indhold af fedtsyrer var betydeligt højere på hold III (44 g/kg tørstof) i forhold til hold II (24 g/kg tørstof) og hold I (18 g/kg tørstof).

Tabel 24 viser mælkeydelse, mælkens sammensætning samt indholdet af CLA og vaccensyre efter 5 ugers forsøg for 29 køer fordelt på de tre hold. Der var ingen effekt af hold eller paritet på mælkeydelse og mælkens indhold af fedt og protein. Dog

var der en tendens til at mælk fra køer på hold III (rapsfrø) havde en lavere fedtprocent end de to øvrige hold (3,85 vs. 4,12 og 4,47) ($P=0,08$). Derimod var der som forventet en signifikant effekt af afstand fra kælvning for disse egenskaber.

Mælkens indhold af vaccensyre og CLA var påvirket af forsøgsbehandlingerne. Hold III (rapsfrø) havde det højeste indhold af CLA og vaccensyre i mælken (hhv. 1,15 og 3,39 g/100 g fedtsyrer), hvorimod hold I (korn) havde det numerisk laveste indhold af disse to fedtsyrer (hhv. 0,72 og 1,76 g/100 g fedtsyrer). Hverken køernes afstand fra kælvning eller paritet påvirkede mælkens indhold af vaccensyre og CLA (g/100 g fedtsyrer).

Korrelationen mellem vaccensyre og CLA var høj ($R^2=0,8$). Figur 9 viser den individuelle variation mellem køer indenfor hold. Variationen var stor på rapsfrøholdet, der ligeledes havde det højeste gennemsnitlige CLA-indhold.



Figur 9. Variation mellem dyr indenfor forsøgsbehandling. Der indgik 9, 10 og 10 køer på hhv. kontrol-, rapskage- og rapsfrøholdet

Tablet 23. Foderoptagelse (data fra alle 76 køer i 8 forsøgsguger) samt foderrets indhold af fedtsyrer på de tre hold

	Hold		
	Korn	Rapskage	Rapsfrø
FE/dag	17,8	16,1	17,8
Tørstof, kg/dag	19,4	18,2	18,7
Fedtsyrer, g/FE	20	27	46
Fedtsyrer, g/kg tørstof	18	24	44

Tablet 24. Mælkeydelse, mælkens sammensætning samt indhold af CLA og vaccensyre afhængig af forsøgsbehandling, paritet og afstand fra kælvning

	Hold (H)		Paritet (P)		Afstand fra kælvning (A)		P-værdi ¹		
	Korn	Rapskager	Rapsfrø	1. kalvs ældre	b-værdi ²	H	P	A	
Mælk, kg	24,1	22,0	25,0	22,3	25,1	-0,044	0,24	0,09	***
Fedt %	4,47	4,12	3,85	4,11	4,18	0,0048	0,08	0,72	**
Protein %	3,20	3,20	3,00	3,13	3,14	0,0021	0,12	0,87	**
g/100 g fedtsyrer									
Vaccensyre	1,76 ^a	1,96 ^a	3,39 ^b	2,55	2,19	-0,0010	**	0,42	0,75
CLA	0,72 ^a	0,76 ^a	1,15 ^b	0,90	0,85	0,0005	*	0,69	0,56

¹ Tal med forskelligt bogstav i samme række er signifikant forskellige: * P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001. P-værdier for ikke signifikante effekter er angivet.

² b-værdien angiver ændringen i den målte egenskab (f.eks. kg mælk) for hver dag afstanden fra kælvning øges med én dag

3.4 Forsøg IV: Økologisk kvægbrug - stigende mængde rapsfrø i rationen

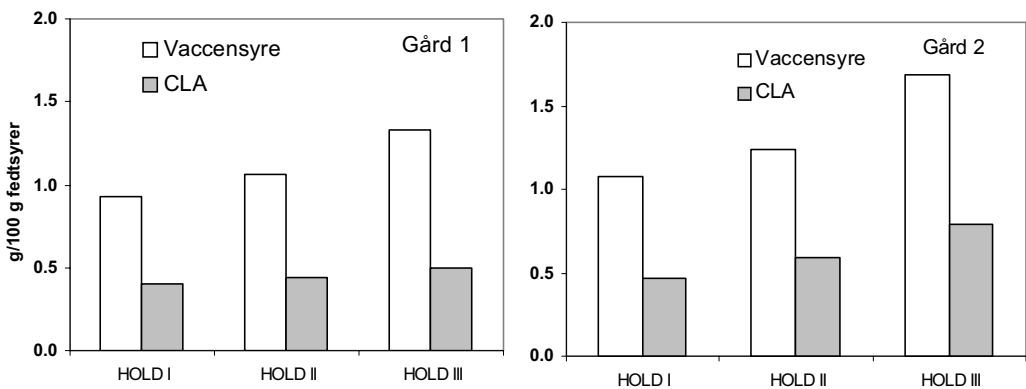
I opgørelsen over den daglige foderoptagelse og indtaget af fedtsyrer indgik data fra alle 81 køer på gård 1 og alle 78 køer på gård 2 i hele forsøgsperioden (8 uger) (Tabel 25). Som i forsøg III er der således ikke foretaget nogen separat opgørelse over foderoptagelsen for de køer, hvorfra der efter 5 ugers forsøgsfodring blev udtaget mælkeprøver til analyse af fedtsyresammensætning. Det fremgår af Tabel 25, at der ikke var den store forskel i foderoptagelsen mellem hold på de to gårde. Fra hold I til hold III steg indholdet af fedtsyrer fra 20 til 27 g/kg tørstof og fra 19 til 25 g/kg tørstof på henholdsvis gård 1 og gård 2.

Køernes mælkeydelse samt mælkens sammensætning fremgår af Tabel 26. Der var signifikante forskelle både mellem gård og hold nested indenfor gård mht. mælkeydelse. Ydelsesniveauet var højere på gård 2, og samtidig lå ydelsen markant lavere på hold I og II på gård 1 i forhold til hold I og

II på gård 2. Som forventet var der ligeledes signifikante forskelle i mælkeydelse samt fedt og protein procent afhængig af køernes afstand fra kælvning.

Mælkens CLA-indhold på tværs af hold var signifikant højere på gård 2 i forhold til gård 1 (0,62 vs. 0,45 g/100 g fedtsyrer), og det samme var tilfældet for vaccensyre. Samtidig steg indholdet af CLA og vaccensyre ved stigende mængde rapsfrø i rationen på begge gårde, men som det også fremgår af Figur 10, var forøgelsen i mælkens CLA-indhold numerisk større ved stigende indhold af rapsfrø i rationen på gård 2 sammenlignet med gård 1.

Der var en tendens til effekt af paritet på mælkens CLA-indhold ($P=0,11$). Førstekalvs køer havde det numerisk højeste CLA-indhold i mælken i forhold til hhv. andenkalvs og ældre køer (0,58 vs. 0,52 og 0,50 g/100 g fedtsyrer). Afstand fra kælvning havde ingen betydning for mælkens CLA-indhold, hvorimod indholdet af vaccensyre var svagt faldende med stigende afstand fra kælvning.



Figur 10. Mælkefedts indhold af CLA og vaccensyre afhængig af hold (I, II og III hhv. 0, 0,35 og 0,7 kg rapsfrø pr. dag) og gård

Tabel 25. Daglig foderoptagelse afhængig af gård og hold samt næringsindhold i rationerne

	Gård 1			Gård 2		
	Hold I ¹	Hold II	Hold III	Hold I	Hold II	Hold III
Grundration, FE	13,3	13,4	13,4	14,7	14,7	14,7
Kraftfoder, FE	5,0	5,0	5,0	4,4	4,6	4,8
Total, FE	18,3	18,4	18,4	19,1	19,3	19,5
Indhold i den samlede ration						
Fedtsyrer, g/FE	20	24	29	23	26	29
Fedtsyrer, g/kg tørstof	20	23	27	19	22	25
Stivelse, g/FE	183	168	153	150	140	132
AAT, g/FE	87	85	84	84	83	81
PBV, g/FE	5	8	12	50	51	52

¹I, II og III hhv. 0, 0,35 og 0,7 kg rapsfrø pr. dag

Tablet 26. Mælkedydelse, mælkens sammensætning samt indhold af CLA og vaccensyre afhængig af forsøgsbehandling, gård, paritet og afstand fra kælvning

	Gård 1										Gård 2				Afst. fra kælvn.(A)					
	Gård (G) ¹		Hold H(G)			Hold H(G)			Paritet (P)		b-værdi ³		P-værdi ²		G		H(G)		P	
	1	2	I	II	III	I	II	III	I	2.	1.	2.	ældre			**	**	**	**	
Mælk, kg	24,7	27,9	21,8 ^a	24,9 ^b	27,4 ^{bc}	27,5 ^{bc}	28,2 ^{cd}	27,9 ^{bd}	26,0	25,8	27,1	27,1	-0,0411	**	**	0,44	***	***	***	
Fedt %	4,25	4,01	4,39	4,06	4,31	4,10	4,01	3,92	4,03	4,18	4,18	4,18	0,0024	0,08	0,55	0,71	*	*	*	
Protein %	3,10	3,26	3,23	2,98	3,11	3,26	3,25	3,27	3,20	3,16	3,19	3,19	0,0009	**	0,12	0,85	*	*	*	
g/100 g fedtsyrer																				
vaccensyre	1,10	1,34	0,93 ^a	1,06 ^{ab}	1,33 ^c	1,08 ^{ab}	1,24 ^{bc}	1,69 ^d	1,28	1,22	1,16	1,16	-0,0013	***	***	0,31	***	***	***	
CLA	0,45	0,62	0,40 ^a	0,44 ^{ab}	0,50 ^{bc}	0,47 ^{abc}	0,59 ^c	0,79 ^d	0,58	0,52	0,50	0,50	0,0003	***	***	0,11	***	***	0,18	

¹ Gård 1: Erik Andersen, Arden. Gård 2: Bent Mølgård Nielsen, Lemvig

² Tal med forskelligt bogstav i samme række er signifikant forskellige: * P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001. P-værdier for ikke signifikante effekter er angivet

³ b-værdien angiver ændringen i den målte egenskab (f.eks. kg mælk) for hver dag afstanden fra kælvning øges med én dag

3.5 Forsøg V: Græsensilage og byghelsædsensilage

I Weisbjerg et al. (2001) findes en detaljeret opgørelse over foderrationernes sammensætning, køernes foderoptagelse og mælkeydelse. Indholdet af råfedt i græs- og helsædsensilage var hhv. 3,4 og 2,5 % af tørstof, men en egentlig analyse af ensilagerens fedtsyresammensætning er ikke foretaget. Græsensilage har dog typisk et højt indhold af linolensyre, C18:3 (>50% af total fedtsyrer) mens indholdet af linolensyre, C18:2 typisk er højt i helsædsensilage (>40 % af total fedtsyrer) (Børsting et al., 2003a).

Køer der modtog græsensilage havde en signifikant højere foderoptagelse end køer der modtog helsædsensilage (20,5 vs. 18,1 FE/dag) (P=0,03). Mælkeydelsen var ligeledes lavere for køer på helsædsensilage sammenlignet med køer på græsensilage

(30,6 vs. 32,7 kg/dag) (P=0,02) også efter omregning til EKM (30,1 vs. 32,1 kg EKM/dag) (P=0,01). Hverken mælkens indhold af fedt eller protein var påvirket af grovfodertype (P-værdier hhv. 0,73 og 0,34).

Tabel 27 viser indholdet af CLA og vaccensyre efter fodring med græs- eller byghelsædsensilage. CLA-indholdet var generelt forholdsvist lavt (ca. 0,6 g/100 g fedtsyrer), og der var ingen forskel i mælkens indhold af hverken CLA (P=0,44) eller vaccensyre (P=0,56) efter fodring med de to ensilagetyper. Korrelationen (R^2) mellem vaccensyre og CLA var som i de tidligere forsøg ca. 0,8. Variationen mellem køer indenfor hold var 0,33-1,10 og 0,40-1,62 g/100 g fedtsyrer for henholdsvis græs- og helsædsensilageholdet.

Tabel 27. Indhold af CLA og vaccensyre i mælk afhængig af grovfodertype

	Græsensilage	Helsædsensilage	P-værdi
g/100 g fedtsyrer			
CLA	0,59	0,65	0,44
vaccensyre	1,47	1,59	0,56

3.6 Forsøg VI: Kløvergræs- eller majsensilage samt højt eller lavt energiindhold

Køernes daglige foderoptagelse og optag af fedtsyrer med betydning for mælkens CLA-indhold fremgår af Tabel 28. Der var ingen effekt af grovfodertype på tørstofoptagelsen, men køer på foder med et højt indhold af energi havde et signifikant højere tørstofoptag sammenlignet med køer på foder med et lavt energiindhold (19,7 vs. 18,4 kg/dg). De signifikante forskelle i optaget af linol- og linolensyre (C18:2 og C18:3) mellem hold afspejler forskellene i fedtsyresammensætning i græs- og majsensilage samt byg. Køer der blev fodret med majsensilage optog i gennemsnit næsten 200 g fedtsyrer mere pr. dag end køer på græsensilage.

Den daglige mælkeydelse og mælkens sammensætning fremgår af Tabel 29. Mælkeydelsen i kg var ikke påvirket af grovfodertype eller foderets energiindhold. Køer fodret med græsensilage havde dog en højere EKM ydelse end køer fodret med majsensilage (hhv. 25,5 og 21,9 kg EKM). Mælkens indhold af fedt var ligeledes højere hos køer på græsensilage, mens prote-

indholdet var højest hos majsensilagefodrede køer. Mælkens indhold af fedt gennem forsøgsperioden på de fire forsøgshold fremgår af Figur 11.

I dette forsøg var mælkens indhold af *trans*-10, *cis*-12 CLA højt nok til at kunne måles, og derfor er der differentieret mellem *cis*-9, *trans*-11 og *trans*-10, *cis*-12 CLA i Tabel 30. Indholdet af *cis*-9, *trans*-11 og *trans*-10, *cis*-12 CLA var signifikant højere i mælk fra køer fodret med majsensilage, men samtidig var der en signifikant vekselvirkning mellem grovfodertype og foderets energiindhold. Majsensilage uden tilskud af ekstra stivelse i form af byg (lavt energiindhold i rationen) resulterede i det signifikant højeste indhold af *cis*-9, *trans*-11 og vaccensyre. Majsensilage i kombination med et tilskud af byg (højt energiindhold i rationen) resulterede i det signifikant højeste indhold af *trans*-10, *cis*-12 CLA samt *trans*-10 C18:1 og samtidig den numerisk laveste fedtprocent (3,05 %). Der var ingen forskel i mælkens indhold af de to CLA isomerer uanset energiniveau når grovfoderkilden var græsensilage.

Tabel 28. Daglig foderoptagelse og optag af fedtsyrer. Værdierne er mindste kvadraters gennemsnit

Grovfodertype (G)	Græsensilage		Majsensilage		P-værdi ¹		
	lavt	højt	lavt	højt	G	E	G×E
Energiindhold (E)							
Tørstof, kg	18,4	19,4	18,4	20,0	0,49	**	0,43
C18:2, g	211	275	345	390	***	***	0,19
C18:3, g	180 ^a	167 ^b	105 ^c	114 ^c	***	0,50	**
Total fedtsyrer, g	957	1085	1139	1260	***	***	0,90

¹Tal med forskelligt bogstav i samme række er signifikant forskellige: * P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001. P-værdier for ikke signifikante effekter er angivet

Tabel 29. Daglig mælkeydelse og mælkens sammensætning. Værdierne er mindste kvadraters gennemsnit

Grovfodertype (G)	Græsensilage		Majsensilage		P-værdi ¹		
	lavt	højt	lav	høj	G	E	G×E
Energiindhold (E)							
Mælk, kg	24,4	25,6	23,4	23,7	0,17	0,49	0,67
EKM, kg ²	24,8	26,3	22,0	21,7	***	0,54	0,36
Fedt %	4,16	4,13	3,41	3,05	***	0,15	0,22
Protein %	3,48	3,67	3,76	3,90	**	*	0,76

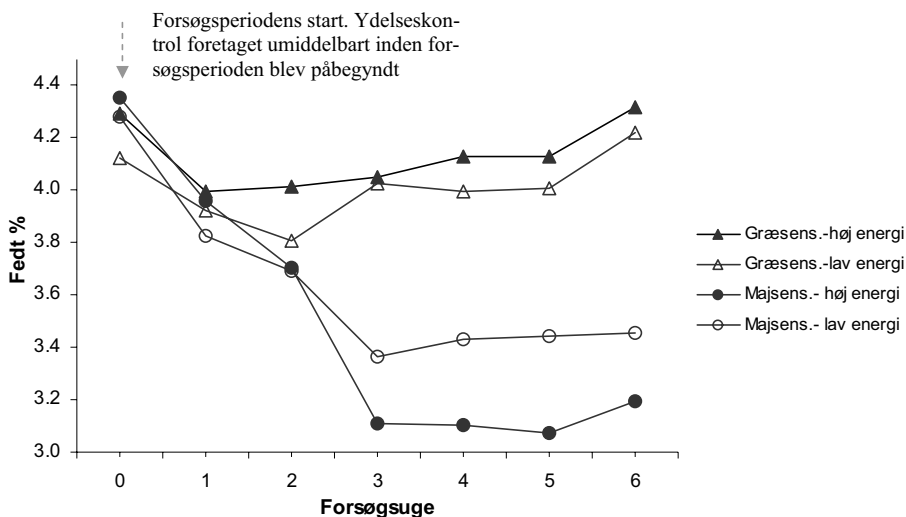
¹ Tal med forskelligt bogstav i samme række er signifikant forskellige: * P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001. P-værdier for ikke signifikante effekter er angivet

² EKM beregnet som: mælk kg*(383*fedt%+242*protein%+157,1*laktose%+20,7)/3140

Tabel 30. Mælkens indhold af CLA isomerer samt tilhørende *trans* C18:1 fedtsyrer. Værdierne er mindste kvadraters gennemsnit

Grovfodertype (G)	Græsensilage		Majsensilage		P-værdi ¹		
	lavt	højt	lavt	højt	G	E	G×E
g/100 g fedtsyrer							
<i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11 CLA	0,89 ^a	0,91 ^a	1,62 ^b	1,20 ^c	***	*	*
<i>trans</i> -11, C18:1 (vaccensyre)	1,73 ^a	1,78 ^a	2,91 ^b	1,78 ^a	*	*	*
<i>trans</i> -10, <i>cis</i> -12 CLA	0,012 ^a	0,014 ^a	0,023 ^b	0,032 ^c	***	**	*
<i>trans</i> -10, C18:1	0,59 ^a	0,65 ^a	2,96 ^b	5,87 ^c	***	**	**

¹ Tal med forskelligt bogstav i samme række er signifikant forskellige: * P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001



Figur 11. Mælkens fedtprocent afhængig af hold gennem forsøgsperioden. Data fra de sidste fire forsøgsuger indgår i den statistiske analyse af data. Værdierne er gennemsnit for 10 køer i hver gruppe

3.7 Forsøg VII: Årstidsvariation

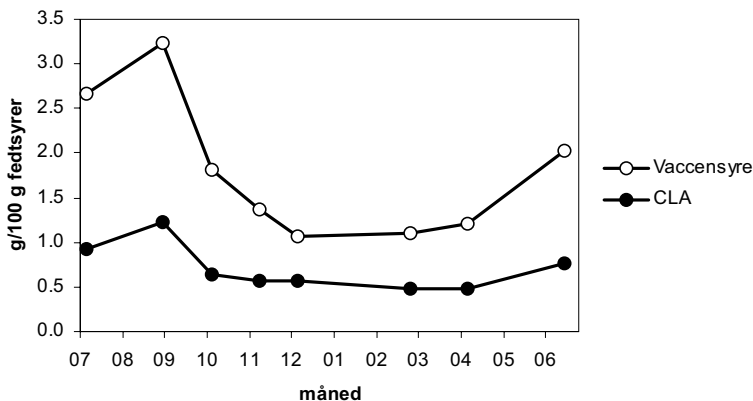
Køernes mælkeydelse, mælkens sammensætning samt indholdet af vaccensyre og CLA fremgår af Tabel 31. Der var en tendens til at mælkeydelsen var påvirket af årstiden (dato) ($P=0,05$). Den laveste ydelse blev observeret i november og februar og den højeste ydelse i forårs- og sommermånederne. Mælkens fedtprocent var ikke signifikant påvirket af årstid, men fedtprocenten var numerisk højest om vinteren. Der var en signifikant effekt af årstid på mælkens indhold af protein, og indholdet var højest i efterårs- og vintermånederne, hvor køerne fik en stor andel konserveret foder. Som ventet var der en tendens til, at ældre køer (≥ 2 . laktation) havde en højere mælkeydelse end førstekalvs køer, men der var ingen effekt af paritet på mælkens fedt- og proteinindhold.

CLA og vaccensyre-indholdet i mælkefedt var påvirket af årstiden (Figur 12). Indholdet af begge fedtsyrer var højest i juni til september hvor køerne var på græs, og

lavest i staldperioden fra december til april. Det signifikant højeste CLA-indhold blev målt sidst i august, hvorefter konserveret foder blev tildelt i stigende mængder som supplement til afgræsningen (Figur 3). Der var ingen forskel i mælkens indhold af CLA og vaccensyre mellem førstekalvs og ældre køer.

Korrelationen mellem vaccensyre og CLA over hele året var $R^2=0,84$. CLA-indholdet steg $0,34$ g/100 g fedtsyrer hver gang vaccensyre-indholdet steg 1 g/100 g fedtsyrer. Denne stigning var højere om sommeren, når køerne var på græs ($0,40$ g/100 g fedtsyrer) end om vinteren ($0,20$ g/100 g fedtsyrer).

Også i denne undersøgelse blev der konstateret en forholdsvis høj variation mellem køer indenfor prøveudtagningstidspunkt. Variationen var især stor i sommermånederne hvor mælkens CLA-indhold var højt (juli; $0,47$ - $1,2$ g/100 g fedtsyrer) sammenlignet med vintermånederne (december; $0,47$ - $0,65$ g/100 g fedtsyrer).



Figur 12. Indhold af CLA og vaccensyre i mælk udtaget på forskellig årstid

Tablet 31. Mælkedydelse, mælkens sammensætning samt indhold af CLA og vaccensyre afhængig af årstid (dato) og paritet. Værdierne er mindste kvadraters gennemsnit)

	Dato (D)										Paritet (P)		P-værdi ¹	
	6/7	31/8	5/10	9/11	7/12	28/2	11/4	21/6	1. kalvs	ældre	D	P	D	P
	Mælk, kg ²	29,1 ^a	25,4 ^{abc}	26,5 ^{ab}	19,9 ^{bc}	25,0 ^{abc}	19,0 ^c	27,5 ^a	27,0 ^a	22,8	27,1	0,05	0,05	0,05
Fedt %	3,49	3,66	3,99	3,96	3,80	4,13	3,89	3,38	3,70	3,87	0,24	0,38	0,24	0,38
Protein %	3,03 ^{acd}	3,31 ^b	3,15 ^{abd}	3,28 ^{ab}	3,16 ^{abd}	3,21 ^{abd}	2,78 ^c	2,96 ^{cd}	3,11	3,13	**	0,78	**	0,78
g/100 g fedtsyrer														
Vaccensyre	2,74 ^a	3,36 ^b	1,90 ^c	1,37 ^d	1,04 ^d	1,19 ^d	1,28 ^d	2,07 ^c	1,98	1,75	***	0,14	***	0,14
CLA	0,94 ^a	1,26 ^b	0,66 ^{cd}	0,56 ^{cd}	0,55 ^{cd}	0,50 ^c	0,51 ^c	0,77 ^{ad}	0,75	0,69	***	0,39	***	0,39

¹ Tal med forskelligt bogstav i samme række er signifikant forskellige: * P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001. P-værdier for ikke signifikante effekter er angivet

² Da der er en kraftig tendens til at mælkedydelsen er påvirket af dato (P=0,05) er forskelle mellem dato markeret med forskelligt bogstav

3.8 Forsøg VIII: Afstand fra kælvning, laktationsnummer og årstidsvariation

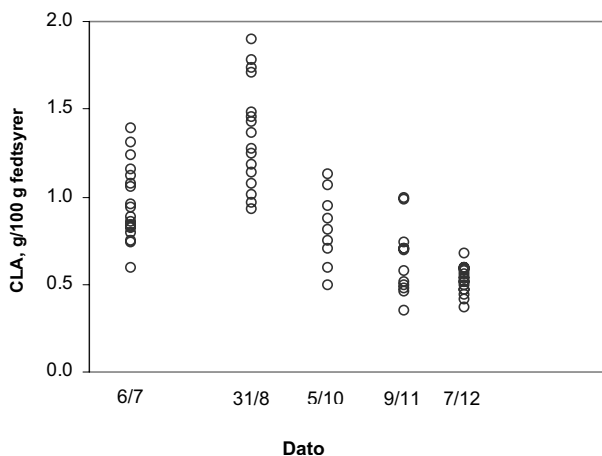
Mælkens CLA-indhold var ikke påvirket af køernes afstand fra kælvning, men der var en tendens til at mælkens indhold af vaccensyre faldt en smule gennem laktationen ($P=0,08$) (Tabel 32). Der var ligeledes en tendens til at mælk fra første og tredje-kalvs køer havde et højere indhold af CLA i forhold til andenkalvs køer (0,91 vs. 0,77 g/100 g fedtsyrer). For vaccensyre var effekten af paritet signifikant.

Mælkens indhold af CLA og vaccensyre lå på samme niveau som i forsøg VII. Dette er naturligt eftersom mælkeprøverne i dette forsøg er fra samme besætning som i forsøg VII, udtaget de samme datoer men dog ikke fra de samme køer. Årstidenseffekten er således identisk med resultaterne fra forsøg VII.

Køernes mælkeydelse, mælkens sammensætning samt indholdet af vaccensyre og CLA fremgår af Tabel 32. Ydelsen var ikke signifikant forskellig på de 5 udtag-

ningstidspunkter. Der var en tendens til en højere fedtprocent i vintermånederne ($P=0,06$), mens mælkens proteinindhold ikke var påvirket af årstiden. Ikke overraskende havde førstekalvs-køer en signifikant lavere mælkeydelse end ældre køer (19,8 vs. 24,5 kg mælk). Desuden faldt mælkeydelsen naturligt desto længere afstand fra kælvning. Derimod steg proteinprocenten signifikant gennem laktationen og der var en tendens til at også fedtprocenten steg gennem laktationen ($P=0,09$).

Korrelationen mellem vaccensyre og CLA på tværs af dato, laktationsnummer og afstand fra kælvning var høj ($R^2=0,86$). Også den individuelle variation mellem dyr indenfor prøveudtagningstidspunkt var høj i denne undersøgelse specielt i sommermånederne (Figur 13).



Figur 13. Variation i mælkens CLA-indhold mellem dyr på forskellige datoer

Tablet 32. Køernes mælkeydelse, mælkens sammensætning samt indhold af CLA og vaccensyre afhængig af afstand fra kælvning, årstid (dato) og paritet. Værdierne er mindste kvadraters gennemsnit

	Dato (D)							Paritet (P)			Afstand fra kælvning (A)			P-værdi ¹		
	6/7	31/8	5/10	9/11	7/12	1	2	3	b-værdi (dage) ²			A	D	P		
Mælk, kg	24,7	24,0	20,5	21,9	22,6	19,8 ^a	23,7 ^b	25,3 ^b	-0,026			***	0,11	***		
Fedt %	3,92 ^{ab}	3,68 ^a	4,18 ^b	4,02 ^{ab}	4,33 ^b	4,04	4,11	3,92	0,0013			0,09	0,06	0,59		
Protein %	3,40	3,50	3,52	3,72	3,38	3,38	3,51	3,35	0,0010			*	0,41	0,31		
g/100 g fedtsyrer																
Vaccensyre	2,63 ^a	3,38 ^b	2,29 ^a	1,38 ^c	0,99 ^c	2,25 ^a	1,90 ^b	2,25 ^a	-0,0011			0,08	***	*		
CLA	1,02 ^a	1,34 ^b	0,82 ^c	0,62 ^d	0,51 ^d	0,92	0,77	0,89	-0,0002			0,44	***	0,09		

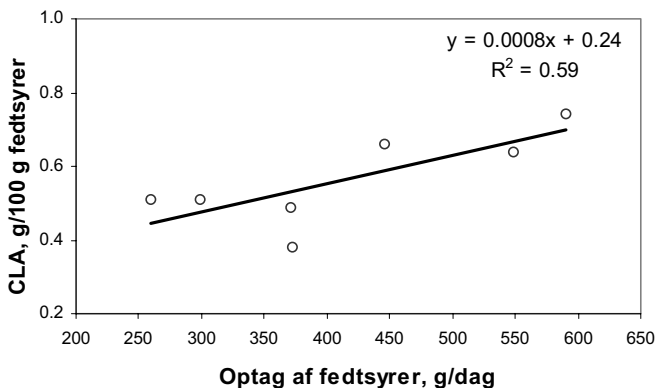
¹ Tal med forskelligt bogstav i samme række er signifikant forskellige: * P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001. P-værdier for ikke signifikante effekter er angivet

² b-værdien angiver ændringen i den målte egenskab (f.eks. kg mælk) for hver dag afstanden fra kælvning øges med én dag

3.9 Forsøg IX: Variation indenfor og mellem 8 økologiske gårde

Tabel 33 viser mælkens indhold af CLA og vaccensyre afhængig af gård, paritet og afstand fra kælvning. Der var en signifikant effekt af gård på mælkens indhold af vaccensyre og CLA både opgjort som mg/ml og g/100 g fedtsyrer. CLA- og vaccensyre-indholdet varierede fra hhv. 0,42-0,75 og 0,78-1,64 g/100 g fedtsyrer på de otte gårde, og mælkens indhold af CLA var højest på gård 6 og lavest på gård 7 og 8.

Sammenhængen mellem det beregnede daglige optag af fedtsyrer og mælkens CLA-indhold i de syv besætninger hvorfra der var data vedr. fodersammensætningen er vist i Figur 14. Der var en positiv lineær sammenhæng mellem optaget af fedtsyrer og mælkens indhold af CLA, og korrelationen mellem de to parametre var forholdsvis høj ($R^2=0,59$).

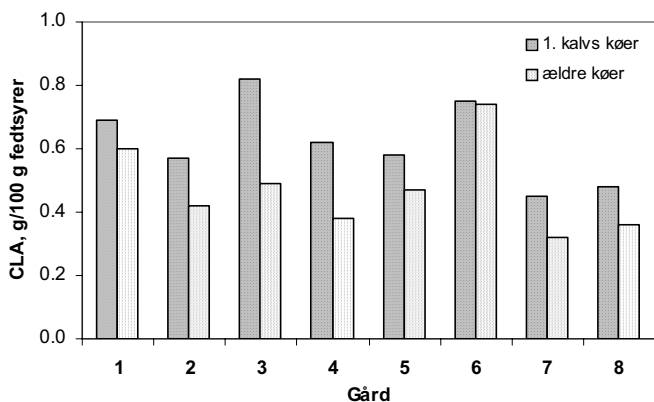


Figur 14. Sammenhæng mellem det beregnede daglige optag af fedtsyrer og mælkens indhold af CLA. Data fra 7 af 8 økologiske brug

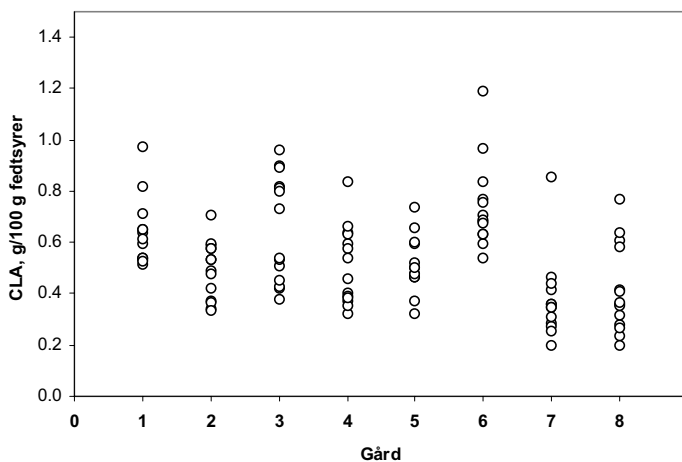
Der var signifikant forskel i mælkens indhold af vaccensyre og CLA mellem førstekalvs og ældre køer, idet mælk fra førstekalvs køer havde det højeste indhold (0,63 vs. 0,46 g CLA/100 g fedtsyrer). Forskellen mellem førstekalvs og ældre køer blev observeret på alle gårde bortset fra gård 6, og den var særlig udpræget på gård 3 og 4 (Figur 15).

Afstand fra kælvning påvirkede ikke mælkens indhold af vaccensyre og CLA signifikant. Der var dog tendens til et svagt faldende indhold af vaccensyre med stigende afstand fra kælvning ($P=0,06$).

Variationen i mælkens indhold af CLA mellem dyr indenfor gård fremgår af Figur 16. Som i de tidligere forsøg varierede CLA-indholdet 2 til 4 gange mellem køer indenfor samme gård. Korrelationen mellem mælkens indhold af vaccensyre og CLA var som i de tidligere forsøg høj ($R^2=0,73$).



Figur 15. Mælkens indhold af CLA hos hhv. førstekalvs og ældre køer på 8 økologiske gårde



Figur 16. Variation i mælkens CLA-indhold mellem dyr indenfor 8 økologiske besætninger. Mælkeprøverne er udtaget i april inden udbinding og der indgik 13-14 dyr fra hver gård

Tabel 33. Indhold af CLA og vaccensyre i mælk afhængig af gård, paritet og afstand fra kælvning. Værdierne er mindste kvadraters gennemsnit af mælkeprøver fra 13-14 køer i hver besætning udtaget i april-maj måned

mg/ml	Gård (G)								Paritet (P)		Afstand fra kælvning (A)		P-værdi ¹	
	1	2	3	4	5	6	7	8	1. kalvs ældre	b-værdi (dage) ²	G	P	A	P
vaccensyre	1,19 ^a	0,72 ^b	1,29 ^a	0,60 ^b	0,47 ^{bc}	0,69 ^b	0,46 ^{bc}	0,24 ^c	0,74	0,67	***	0,49	0,05	***
CLA	0,44 ^a	0,36 ^{ac}	0,58 ^b	0,27 ^{cd}	0,21 ^{de}	0,33 ^c	0,20 ^{de}	0,12 ^e	0,33	0,30	***	0,54	0,09	***
g/100 g fedtsyrer														
vaccensyre	1,64 ^a	0,98 ^{bed}	1,46 ^a	1,09 ^{bc}	1,18 ^b	1,56 ^a	0,87 ^{cd}	0,78 ^d	1,39	1,00	***	***	0,06	***
CLA	0,64 ^a	0,50 ^{bc}	0,66 ^a	0,50 ^{bc}	0,52 ^b	0,75 ^c	0,39 ^d	0,42 ^{de}	0,63	0,46	***	***	0,39	***

52

¹ Tal med forskelligt bogstav i samme række er signifikant forskellige: * P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001. P-værdier for ikke signifikante effekter er angivet

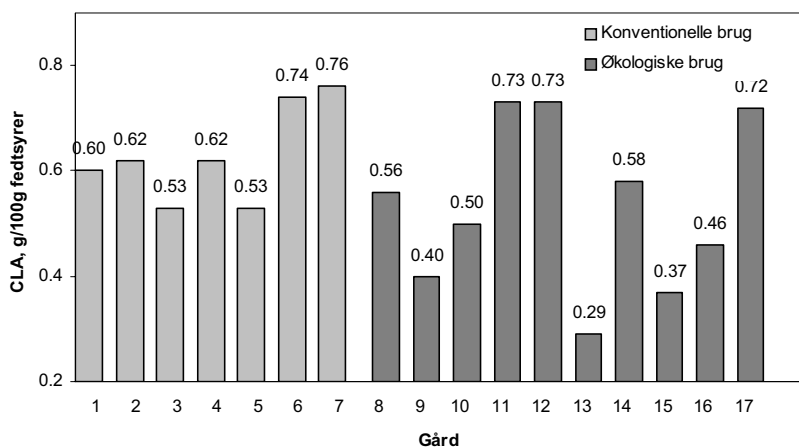
² b-værdien angiver ændringen i den målte egenskab (f.eks. mælkens CLA-indhold) for hver dag afstanden fra kælvning øges med én dag

Gård 1: I/S Petresminde, Kolind
 Gård 2: T. & F. Wetche, Farso
 Gård 3: Bent Nielsen, Lemvig
 Gård 4: Benny Vammen, Hobro
 Gård 5: Hans Bugge, Hobro
 Gård 6: Erik Andersen, Arden
 Gård 7: M. Larsen, Brønderslev
 Gård 8: Dyrvig Andels Landbrug

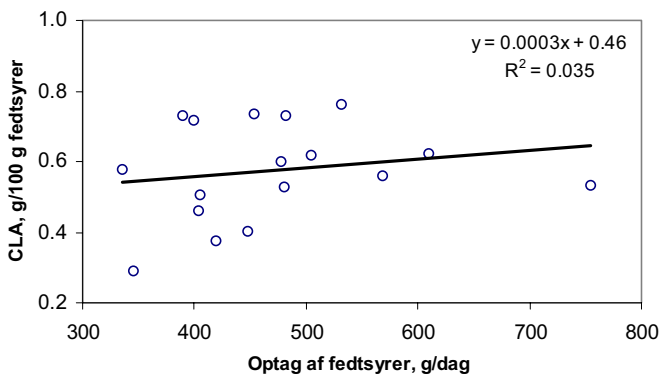
3.10 Forsøg X: Sammenligning af økologisk og konventionel tankmælk

Indholdet af CLA var i gennemsnit 0,63 og 0,54 g/100 g fedtsyrer og indholdet af vaccensyre var i gennemsnit 1,19 og 1,13 g/100 g fedtsyrer i tankmælk fra konventionelle og økologiske brug i oktober måned. Der var ingen statistisk sikker forskel i indholdet af CLA og vaccensyre (P-værdi 0,18 og 0,72 for hhv. CLA og vaccensyre). Der var dog væsentlig variation i mælken

indhold af CLA mellem såvel konventionelle som økologiske besætninger (Figur 17). Sammenhængen mellem det beregnede daglige optag af fedtsyrer og tankmælken CLA-indhold i besætningerne er vist i Figur 18. Der var en svag positiv lineær sammenhæng mellem optaget af fedtsyrer og mælken indhold af CLA, men i modsætning til forrige forsøg IX, var korrelationen mellem de to parametre lav ($R^2=0,035$ vs. $R^2=0,59$).



Figur 17. Indhold af CLA i tankmælk fra 7 konventionelle og 10 økologiske gårde



Figur 18. Sammenhængen mellem det beregnede daglige optag af fedtsyrer og tankmælks indhold af CLA

4. Diskussion

4.1 Sammenhæng mellem mælkens indhold af vaccensyre og *cis-9, trans-11* CLA

Overordnet viste de gennemførte undersøgelser, at mælkens indhold af vaccensyre typisk var 2-3 gange højere end indholdet af *cis-9, trans-11* CLA. Desuden var korrelationen mellem de to fedtsyrer gennemgående høj ($R^2 > 0,6$), hvilket er i overensstemmelse med en lang række udenlandske resultater (Lawless et al., 1999; Lawless et al., 1998). En analyse af den lineære sammenhæng mellem mælkens indhold af vaccensyre og *cis-9, trans-11* CLA på tværs af forsøg I til VI viste en relativt ens sammenhæng mellem de to fedtsyrer. Dog faldt forsøg VI (majs- eller græsensilage, højt eller lavt energiniveau) en smule udenfor det generelle billede, idet tendensliniens skæring med y-aksen var noget højere end i de øvrige forsøg.

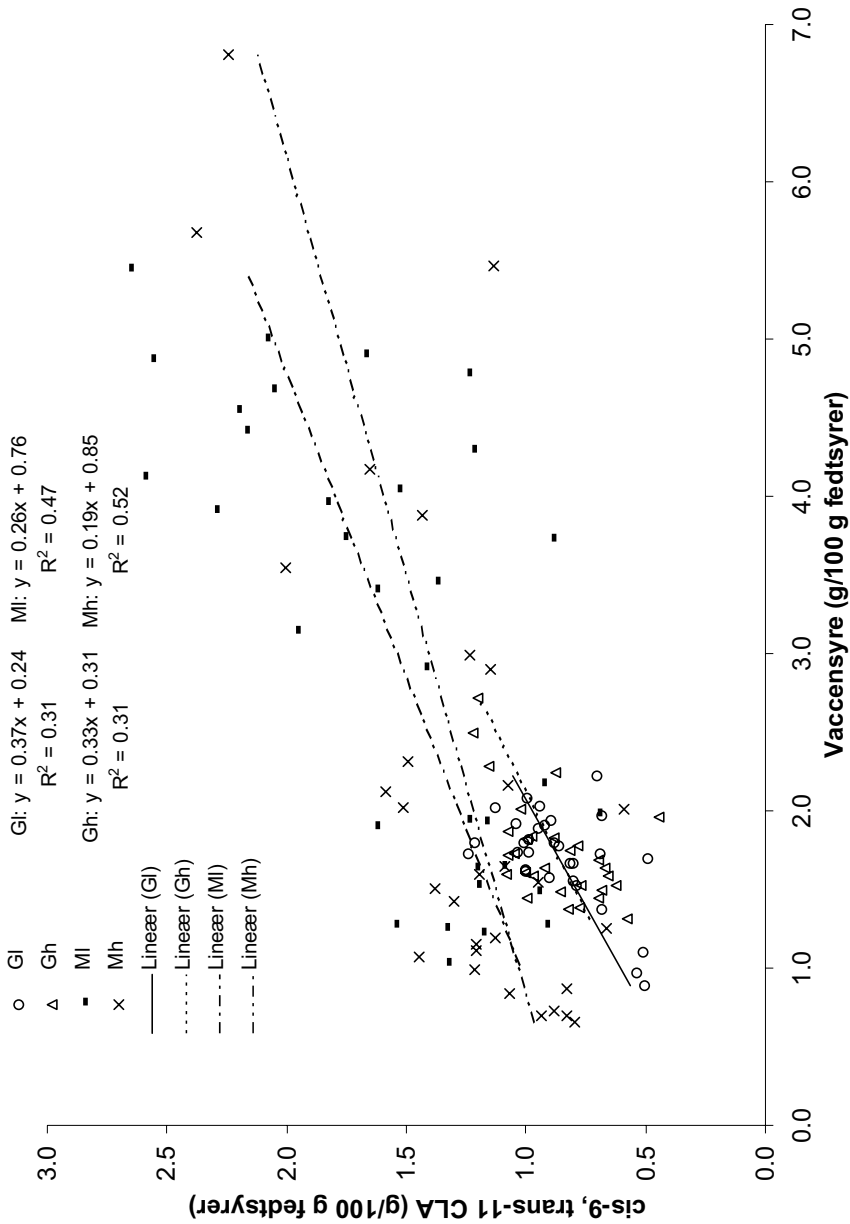
For at belyse denne afvigelse i forsøg VI, er sammenhængen mellem de to fedtsyrer afhængig af forsøgshold vist i Figur 19. Tendensliniernes ligning for de to hold der modtog græsensilage stemmer nogenlunde overens med resultaterne fra de øvrige forsøg. Derimod er sammenhængen mellem vaccensyre og *cis-9, trans-11* CLA i mælk afvigende, på de to hold der modtog majsensilage. Dette tyder på en ændring i biohydrogeneringsmønstret og stemmer overens med det signifikant forøgede indhold af *trans-10, cis-12* i mælk fra køer på de to majsensilagehold. Generelt kan mælkens indhold af *cis-9, trans-11* CLA således beregnes på baggrund af vaccensyre indholdet, dog med forbehold ved tildeling

af en ration med store mængder stivelse som på de to majsensilagehold anvendt i forsøg VI. Figur 20 viser således den generelle ligning for sammenhængen mellem vaccensyre og *cis-9, trans-11* CLA på tværs af forsøg I til VI, men hvor resultaterne for de to majsensilagehold i forsøg VI er udeladt. Liniens ligning er følgende;

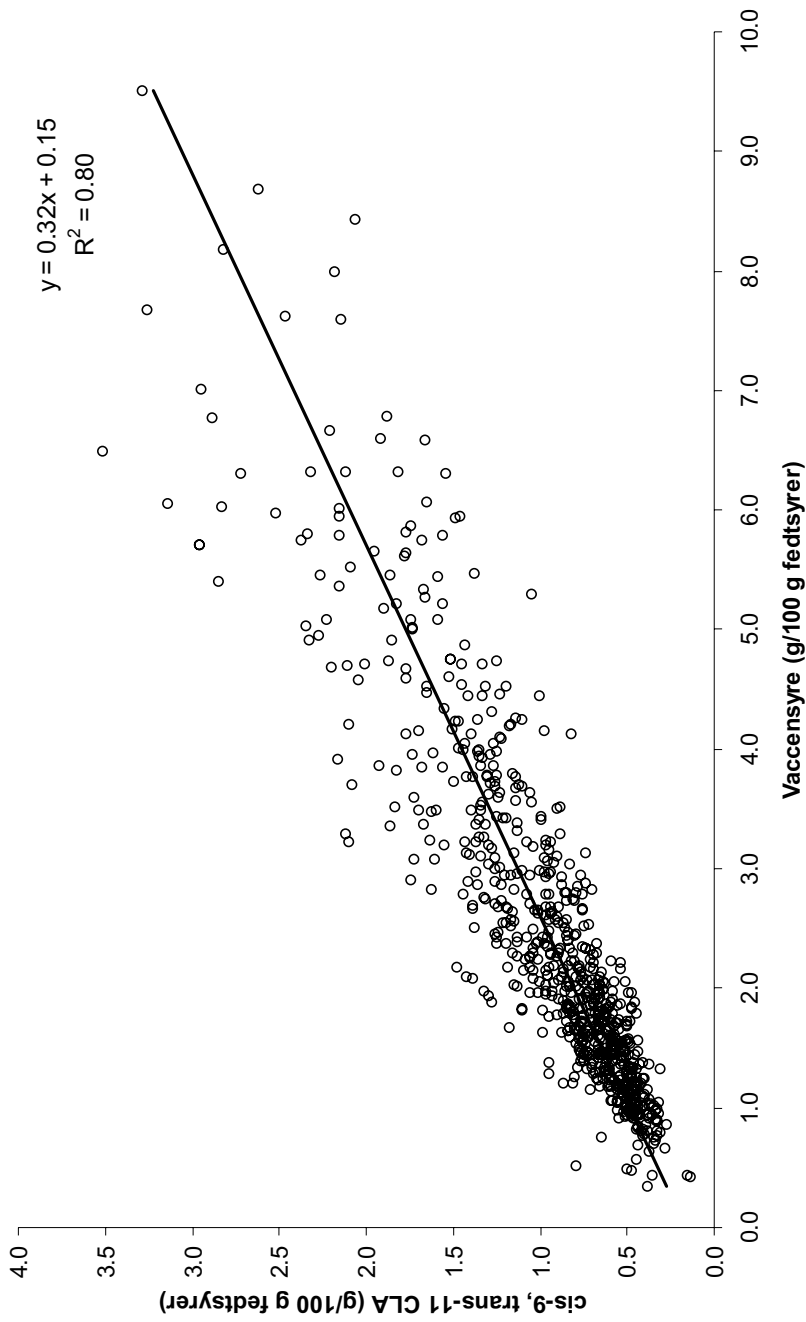
$$(1) \quad y = 0,32x + 0,15$$

Denne sammenhæng afspejler i øvrigt i høj grad substrat-produkt forholdet mellem de to fedtsyrer, idet vaccensyre som tidligere nævnt er precursor for dannelse af *cis-9, trans-11* CLA i mælkekirtlen vha. enzymet $\Delta 9$ -desaturase.

Mælkens indhold af vaccensyre har dog også i sig selv betydning for det samlede indtag af CLA gennem mælk. Turpeinen et al. (2002) og Adlof et al. (2000) fandt at vaccensyre omdannes til CLA i mennesker, formodentlig i leveren, med en effektivitet på 20-30% ligeledes pga. $\Delta 9$ -desaturase aktivitet. Derfor foreslog Parodi (2003) at indholdet af *cis-9, trans-11* CLA i mælk ganget med 1,4 giver et estimat for den effektive fysiologiske dosis eller reelle mængde *cis-9, trans-11* CLA en konsument indtager ved at drikke mælk.



Figur 19. Sammenhængen mellem vaccensyre og cis-9, trans-11 CLA på de fire forsøgshold i forsøg VI som modtog hhv. græsensilage (G) eller majsensilage (M) og lav (l) eller høj (h) energi. Tendensliniernes ligning er angivet øverst i figuren.



Figur 20. Generel sammenhæng mellem vaccensyre og *cis*-9, *trans*-11 CLA på tværs af forsøg I til VI med undtagelse af majsensilagehold fra forsøg VI.

4.2 Effekt af fedtkilde og fedtmængde på mælkens indhold af CLA

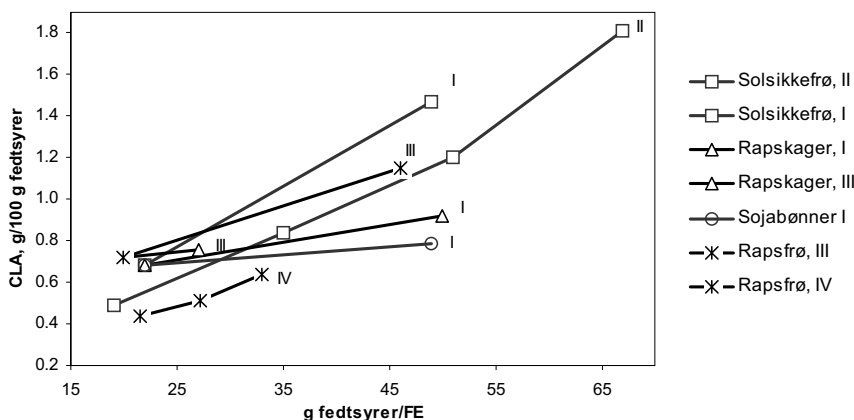
For at illustrere effekten af fedtmængde og fedtkilde (oliekager og -frø) på mælkens indhold af CLA er resultater fra forsøg I til IV samlet i Figur 21. Tabel 34 viser desuden fedtsyresammensætningen af de forskellige fedtkilder anvendt i disse forsøg samt af fedtkilder anvendt i udvalgte udenlandske undersøgelser.

Solsikkefrø

Som det fremgår af Figur 21 gav anvendelse af solsikkefrø som fedtkilde i forsøg I en kraftigere forøgelse af mælkens CLA-indhold end en tilsvarende mængde fedt i form af rapskager eller sojabønner. Det skal dog bemærkes, at effekten af forskellige fedtkilder i forsøg I er opgjort på tværs af racer. Solsikkefrø har det højeste indhold af linolsyre; C18:2 i forhold til andre olieholdige frø, men indholdet af linolsyre er også forholdsvist højt i sojabønner. Rapskager har derimod et højt indhold af oliesyre, C18:1 (Tabel 34). I forsøg II blev

samme parti solsikkefrø som i forsøg I anvendt og mælkens CLA-indhold steg knapt 0,3 g CLA/100 g fedtsyrer hver gang 10 g ekstra fedtsyrer pr. FE blev tildelt (svarende til ca. 1% af tørstof) i form af solsikkefrø. Denne stigning svarer til den observerede forøgelse af mælkens CLA-indhold i forsøg I ved tildeling af solsikkefrø. I forsøg II var niveauet af CLA dog generelt lavere end i forsøg I ved samme mængde fedtsyrer pr. FE. Årsagen til dette er muligvis, at andelen og typen af grovfoeder i rationen i de to forsøg var forskellig (Tabel 2 og 4). Dette har formodentlig forårsaget forskelle i betingelserne for den mikrobielle hydrogenering af fedtsyrer i vommen, og dermed forskelle i produktionen af biohydrogeneringsmellemprodukterne CLA og vaccensyre som efterfølgende afspejles i mælkens CLA-indhold.

På hold IV i forsøg II hvor mælkens CLA-indhold blev forøget næsten fire gange i forhold til kontrolholdet, var indholdet af fedtsyrer i rationen 81 g/kg tørstof.



Figur 21. Effekt af fedtmængde og -kilde på mælkens CLA-indhold i forsøg I til IV. I forsøg IV (rapsfrø) er resultater fra de tre forsøgshold på de to gårde slået sammen til én kurve

Et så højt indhold af fedtsyrer overskrider de danske anbefalinger mht. indhold af fedt i foderrationer, specielt i betragtning af fedtsyrenes høje grad af umættethed (Børsting et al., 2003b). Et højt indhold af fedt i rationen reducerer ofte tørstofoptagelsen, og store mængder umættet fedt kan påvirke den mikrobielle omsætning af både protein og kulhydrater i vommen negativt, idet umættede fedtsyrer virker toksisk på visse typer vom-bakterier. Hvis et højt indhold af umættet fedt i rationen tilmed kombineres med et lavt indhold af struktur, ændres vommiljøet som regel markant og mælkens fedtprocent reduceres (mælkefedt depression) (Bauman & Griinari, 2003). Dette sker pga. en ændring af sammensætningen af vommens mikroflora, som fører til øget produktion af *trans*-10, *cis*-12 CLA (Figur 2), som er en af de mest effektive inhibitorer af mælkefedtsyntesen i yveret (Peterson et al., 2003; Baumgard et al., 2002). På de to hold med de højeste niveauer af solsikkefrø i forsøg II var foderoptagelsen og mælkeydelsen som forventet lavere i forhold til hold med ingen eller lavt indhold af solsikkefrø, mens der tværtimod var en tendens til at mælkens fedtprocent steg med stigende indhold af solsikkefrø i rationen. Dette tyder på, at der ikke er sket et skift i biohydrogeneringsvejen af linolsyre, C18:2, og mælkens indhold af *trans*-10, *cis*-12 var da også under detektionsgrænsen.

Umættet fedt i frø/bønner er lettest tilgængeligt for omsætning i vommen når det tildeles på fri form som i olie, og generelt giver tilskud af vegetabiliske olier en større positiv effekt på mælkens CLA-indhold

end en tilsvarende mængde fedt tildelt i form af kager eller frø (Figur 21). Men samtidig resulterer store mængder umættet fedt på olieform ofte i en større negativ effekt på mælkens fedtprocent end tilsvarende mængder fedt i form af frø eller kager (Dhiman et al., 2000). Dette sker fordi en stor mængde substrat i form af frie fedtsyrer hurtigt er direkte til rådighed for biohydrogenering i vommen ved tildeling af olie, mens fedtsyrer i olieholdige frø frigrives langsommere. Samtidig påvirker den store mængde frie fedtsyrer i olie i høj grad sammensætningen af vommens mikroflora samt effektiviteten og retningen af biohydrogeneringen, og resultatet er som nævnt ofte en forøget produktion af *trans*-10, *cis*-12 CLA som hæmmer mælkefedtsyntesen i yveret.

Tabel 35 viser resultaterne fra to amerikanske undersøgelser af forskellige fedtkilders effekt på mælkens CLA-indhold. Uanset fedtkilde var indholdet af fedt i rationen højt (8,5 % af tørstof) (Kelly et al., 1998), og mælkens CLA-indhold forøgedes kraftigt ved tilskud af solsikkeolie i forhold til jordnøddelie eller hørfrøolie. Mælkens fedtprocent var lav på alle forsøgshold, idet jordnøddelie, solsikkefrø og hørfrø resulterede i hhv. 2,3, 2,2 og 2,3 % mælkefedt. Abu-Ghazaleh et al. (2003) observerede ligeledes en kraftigere forøgelse af mælkens CLA-indhold ved tildeling af solsikkefrø med omtrent samme fedtsyresammensætning som solsikkefrø anvendt i forsøg I og II, i forhold til en speciel fedtblanding med et højt indhold af stearinsyre, hørfrø eller særlige solsikkefrø med et højt indhold af oliesyre, C18:1 (Tabel 34).

Table 34. Fedtsyresammensætning af forskellige fedtkilder

	Fedtsyrefordeling (vægtprocent)				
	Palmitinsyre C16:0	Stearinsyre C18:0	Oliesyre C18:1	Linolsyre C18:2	Linolensyre C18:3
Sojabønner ¹	12	4	23	53	6
Rapskager ¹	6	2	59	22	9
Solsikkefrø ¹	6	4	26	63	-
Solsikkefrø, C18:1 rig ³	4	3	84	4	-
Jordnøddolie ²	12	3	51	30	-
Hørfrø ²	7	4	23	15	51
Stearinsyrefedt ³	22	64	1	-	-

¹Forsøg I²Kelly et al. (1998)³Mættet fedt. AbuGhazaleh et al. (2003)**Table 35. Effekt af solsikkefrø på mælkens indhold af CLA i forhold til andre fedtkilder**

Fedtkilde	Fedt, % af tørstof	CLA i mælk, g/100 g fedt- syrer	Reference
Jordnøddolie		1,33	
Solsikkeolie	8,5 ¹	2,44	Kelly et al. (1998a)
Hørfrøolie		1,67	
Stearinsyrefedt	3,6 ²	0,70	
Solsikkefrø (høj C18:1)	3,7	1,04	Abu-Ghazaleh et al. (2003) ³
Solsikkefrø	3,8	1,70	
Hørfrø	3,7	1,06	

¹Indhold af råfedt²Indhold af fedtsyrer – gælder alle fedtkilder i forsøg af Abu-Ghazaleh et al. (2003)³Foruden de nævnte fedtkilder fik alle hold et supplement af 1 % fiskeolie i rationen

Forklaringen på det høje CLA-indhold i mælk efter tildeling af solsikkefrø/olie eller andre fedtkilder med et højt indhold af linolsyre; C18:2 skyldes, ifølge Noble et al. (1974) og Harfoot et al. (1973), primært at store mængder linolsyre men ikke linolensyre, C18:3 hæmmer det sidste trin i bihydrogeneringen af både linol- og linolensyre hvor vaccensyre omdannes til stearinsyre; C18:0 (Figur 2). Linolsyre stimulerer derfor i højere grad end linolensyre produktionen af vaccensyre i vommen, som efterfølgende kan desatureres til *cis*-9, *trans*-11 CLA i yveret vha. enzymet Δ 9-desaturase.

Sojabønner

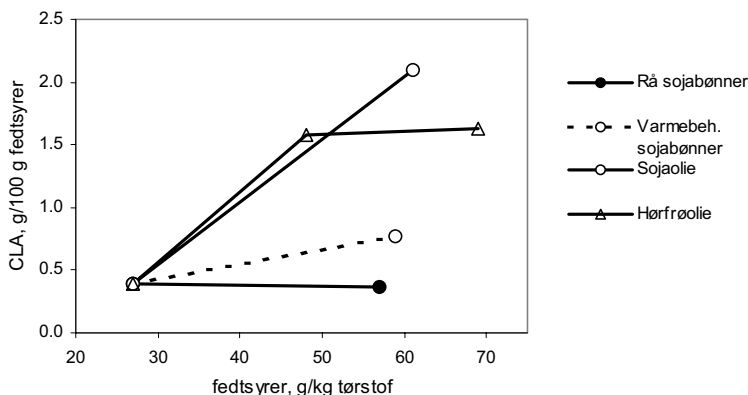
Som det fremgår af Figur 21 forsøg I, gav tildeling af sojabønner, hvis indhold af C18:2 er lidt lavere i forhold til solsikkefrø (Table 34), kun en forholdsvis lille og ikke signifikant forøgelse af mælkens CLA-indhold i forhold til kontrolholdet. I de fleste udenlandske undersøgelser er der imidlertid opnået en forholdsvis stor positiv effekt på mælkens CLA-indhold ved tildeling af sojabønner, selv om effekten varierer og generelt er mindre end effekten af solsikkefrø. Dhiman et al. (1999a), Dhiman et al. (1999b), Solomon et al. (2000), Abu-Ghazaleh et al. (2002a) og Abu-Ghazaleh et al. (2002b) fandt således,

at mælkens CLA-indhold blev øget med 0,12-0,26 g/100 g fedtsyrer hver gang indholdet af fedt i rationen blev forøget med 1 % af tørstof i form af sojabønner. Til sammenligning steg mælkens CLA-indhold som tidligere nævnt ca. 0,3 g/100 g fedtsyrer pr. 1 % stigning i indholdet af solsikkefrø i forsøg I og II. En medvirkende årsag til det forholdsvis lille respons ved tilskud af sojabønner er formodentlig også at niveauet af CLA i mælken generelt lå højt specielt hos RDM/Holstein allerede inden forsøgets start.

Forarbejdningsmetode af sojabønner

En anden mulig årsag til de varierende resultater ved tildeling af sojabønner er forskellig forarbejdning af frøene i fremstillingsprocessen. Eksempelvis fandt Dhiman et al. (2000) at 18% rå, knækkede sojabønner i rationen ikke forøgede mælkens CLA-indhold i forhold til et kontrolhold, der modtog korn i stedet for sojabønner. Derimod resulterede 18% varmebehandlede sojabønner eller 2,3% sojabønneolie i en forøgelse af mælkens CLA-indhold på hhv. 97% og 438% i forhold til kontrolholdet (0,77 og 2,10 vs. 0,37 g/100 g fedtsyrer på kontrolholdet) (Figur 22).

Også Chouinard et al. (2001) fandt at forarbejdningsmetoden af sojabønner var en afgørende faktor for effekten på mælkens CLA-indhold. Tre forskellige typer varmebehandling og fysisk behandling (ekstrudering, mikronisering og roasting) resulterede alle i en 2-3 gange forøgelse af mælkens CLA-indhold sammenlignet med en kontrol-diet indeholdende rå formalede sojabønner. Derudover var der ingen forskel i den positive effekt på mælkens CLA-indhold af ekstrudering ved forskellige temperaturer (120, 130 el. 140 °C) i forhold til kontrolholdet (Chouinard et al., 2001). Fælles for de forskellige forarbejdningsmetoder er, at det umættede fedt i frø/bønner gøres lettere tilgængeligt for biohydrogenering i vommen og dermed for dannelse af CLA og vaccensyre, sammenlignet med umættet fedt i ikke varmebehandlede frø/bønner. I hvilket omfang sojabønner anvendt i forsøg I har været varmebehandlede vides ikke, og det kan således ikke udelukkes, at utilstrækkelig varmebehandling er en af forklaringerne på den forholdsvis lille positive effekt af sojabønner på mælkens CLA-indhold.



Figur 22. Effekt af forarbejdningsmetode af sojabønner samt effekt af hørfrøolie på mælkens indhold af CLA (Dhiman et al., 2000)

Rapskager og rapsfrø

På baggrund af et krav om 100 % økologisk foder kombineret med bestræbelserne på en høj grad af selvforsyning i økologisk mælkeproduktion, udgør rapskager og rapsfrø et reelt alternativ til importerede og eventuelt konventionelt dyrkede vegetabiliske fedtkilder. Resultater fra forsøg III viste, at tilskud af rapsfrø gav et forholdsvis højt indhold af CLA i mælken (1.15 g/100 g fedtsyrer) og et højere indhold i forhold til rapskager (Tabel 23). En egentlig sammenligning af de to fedtkilder er dog ikke umiddelbart mulig, idet fedtsyreindholdet pr. kg. tørstof var næsten dobbelt så højt på rapsfrøholdet i forhold til rapskageholdet (44 vs. 24 g fedtsyrer/kg tørstof).

Ved tildeling af stigende mængder rapsfrø på to forskellige gårde i forsøg IV var der forskel i effekten på mælken CLA-indhold gårdene imellem. Årsagen hertil kendes ikke, men ugen før mælkeprøverne blev udtaget havde der på gård 1, hvor effekten af stigende mængde rapsfrø var mindst, været et stop i leverancen af forsøgsfoder på 2-3 dage. Indholdet af CLA blev i forsøg III og IV i gennemsnit forøget med knapt 0,2 g CLA pr. 100 g mælkefedt, når rationens fedtsyreindhold blev øget med 10 g fedtsyrer pr. FE (svarende til ca. 1% af tørstof) i form af rapsfrø. Denne stigning er i samme størrelsesorden som i de tidligere nævnte undersøgelser med sojabønner.

4.3 Grovfodertype og foderrationens energiindhold

En sammenligning af græs- og byghelsædsensilage i forsøg V viste ingen signifikant forskel i mælken CLA-indhold, men det samlede indhold af linol- og linolensyre i de to grovfodermidler adskiller sig erfaringsmæssigt heller ikke væsentlig fra hinanden (se materiale og metodeafsnit). Derimod var der forskellig effekt af græs- og majsensilage i forsøg VI, og effekten var ligeledes afhængig af foderets energiindhold (vekselvirkning mellem grovfodertype og rationens energiindhold). Majsensilage betragtes generelt som en dårligere grovfoderkilde i relation til at opretholde en normal vomfunktion og mælkefedtprocent end f.eks. græsensilage primært på grund af det høje indhold af stivelse (Bauman & Griinari, 2003). Betingelserne for fuldstændig hydrogenering af linol- og linolensyre til stearinsyre; C18:0 (Figur 2) forventes således at være mindre gunstige ved fodring med majsensilage, hvilket fører til øget produktion af biohydrogenerings mellemprodukterne CLA og vaccensyre, som potentielt øger mælken indhold af CLA. Derfor var det højere indhold af både *cis*-9, *trans*-11 og *trans*-10, *cis*-12 CLA i mælk fra majsensilage-fodrede køer ikke overraskende. Det signifikant højeste indhold af *trans*-10 C18:1 og *trans*-10, *cis*-12 CLA i mælk fra køer der modtog majsensilage i kombination med et højt energiindhold i rationen (et tilskud af stivelse i form af byg), afspejler en ændring i betingelserne for den mikrobielle hydrogenering i vommen og et skift i biohydrogeneringsvejen af linolsyre, C18:2. Det generelt højere indhold af *trans*-10, *cis*-12 CLA i mælk fra majsensilagehold, var som forventet forbundet med en reduktion i mælken fedtindhold i overensstemmelse med

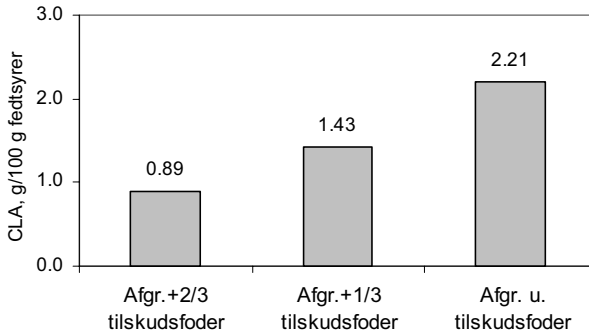
en lang række udenlandske undersøgelser (Piperova et al., 2000; Griinari et al., 1998). Resultaterne fra forsøg VI bekræfter således hypotesen om, at mælkefedtdepression udvikles når to forudsætninger er tilstede; (1) en stor mængde substrat (linolsyre; C18:2) der potentielt kan omdannes til *trans*-10, *cis*-12 CLA hvis vommiljøet ændres, (2) en ændring af vommiljøet som følge af f.eks. et højt indhold af stivelse i rationen og/eller et lavt indhold af struktur (Griinari et al., 1998).

4.4 Sæsonvariation i mælkens CLA-indhold

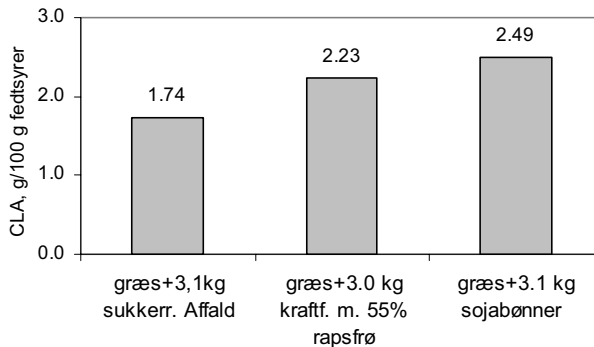
Forsøg VII og VIII viste, at der var en kraftig årstidsvariation i mælkens indhold af CLA. I begge forsøg var CLA-niveauet lavest i vintermånederne (<0,6 g/100 g fedtsyrer) og højest i sommermånederne, hvor køerne var på græs (>0,8 g/100 g fedtsyrer). Mange udenlandske undersøgelser peger ligeledes på, at køer på græs har et betydeligt højere CLA-indhold i mælken end staldfodrede dyr (Lock & Garnsworthy, 2003; White et al., 2001; Dhiman et al., 1999a; Kelly et al., 1998b). I en oversigtsartikel fandt Schroeder et al. (2003) at CLA-indholdet i mælk fra græssende køer i gennemsnit af en række forsøg var 134 % højere end i mælk fra staldfodrede køer hvilket stort set svarer til resultaterne fra forsøg VII og VIII, men variationen er stor (15-396 %). Dhiman et al. (1999a) fandt endog at CLA-indholdet i mælk fra græssende køer var helt op til 5 gange indholdet i mælk fra staldfodrede køer. De varierende resultater mht. indhold af CLA i mælk ved afgræsning og stald-

fodring forårsages både af forskelle i foderets sammensætning om vinteren (kraftfoder-grovfoderforholdet, fedtmængde og fedtkilde), og om der gives tilskud til afgræsningen om sommeren og tilskudsfoderets art (Stockdale et al., 2003; Ward et al., 2003; Dhiman et al., 1999a; Lawless et al., 1998).

Dhiman et al. (1999a) fandt, at mælkens CLA-indhold steg markant, når andelen af frisk græs steg fra 1/3 over 2/3 til at udgøre hele foderrationen (Figur 23). Den resterende andel af foderet var et kraftfoder der på tørstofbasis bestod af 25 % lucernehø, 48 % majs og 24 % sojabønne mel/ristede sojabønner, og indholdet af fedtsyrer i foderrationerne med 1/3, 2/3 eller udelukkende græs blev beregnet til hhv. 6,2, 5,7 og 1,4 % af tørstof. Disse resultater viser desuden, i overensstemmelse med resultater fra forsøg X (Figur 18), at der ikke nødvendigvis altid eksisterer en positiv sammenhæng mellem rationens indhold af fedtsyrer og mælkens CLA-indhold. Tilsvarende fandt Ward et al. (2003), at mælkens indhold af CLA var 1,57, 1,61 og 1,90 g pr. 100 g fedtsyrer, når frisk græs udgjorde hhv. 50, 65 eller 80 % af tørstof i rationen. Men samtidig viste forsøg af Lawless et al. (1998) og Ward et al. (2003) at et supplement med olieholdige frø/bønner med et højt indhold af umættet fedt til græssende køer kan øge mælkens CLA-indhold yderligere (Figur 24). Effekten af tilskudsfoeder til græssende køer afhænger derfor tilsyneladende af tilskudsfoederets art og indholdet af umættet fedt.



Figur 23. CLA-indhold i mælk fra græssende køer der modtog henholdsvis 2/3, 1/3 eller intet tilskudsfoder (Dhiman et al., 1999)



Figur 24. Indhold af CLA i mælkefedt ved forskellig typer tilskudsfoder (Lawless et al., 1998)

Ifølge Lock & Garnsworthy (2003) er mælkens CLA-indhold højest i forårsmånederne og falder efterhånden som stigende mængder grovfoder (majsensilage) tildeles som supplement til afgræsning. I forsøg VII og VIII var CLA-indholdet højere i august end i forårsmånederne til trods for, at der blev givet stigende tilskud af grovfoder hen over sommeren. Forklaringen på dette er ikke klar, men kan måske skyldes at køerne lige inden prøveudtagningstidspunktet i august blev flyttet til en god græsmark, idet græskvaliteten, dvs. art, sort og udviklingstrin også vides at

påvirke mælkens CLA-indhold (Stanton et al. 2003).

Frisk græs indeholder typisk 3-4 % fedtsyrer af tørstof hvoraf 50-60 % er linolensyre; C18:3 (Børsting et al., 2003a). Køer på græs indtager således forholdsvis store mængder linolensyre, men alligevel er fedtsyrerindholdet som regel højere og indtaget af fedtsyrer større ved fodring med en indendørs fuldfoderblanding. Forklaringen på at mælk fra græssende køer, til trods for dette, alligevel ofte har et højere CLA-indhold i forhold til staldfodrede køer er endnu ikke fuldt belyst. Men det er

meget sandsynligt, at det høje indhold af let forgærbare kulhydrater (pektiner og opløselige fibre) kombineret med et stort vandindtag og større passagehastighed af foderet samt et ændret foderoptagelses- og drøvtygningsmønster hos køer på græs, er medvirkende til at ændre vommiljøet i en retning, som favoriserer produktionen af specielt vaccensyre og/eller nedsætter hastigheden hvormed mellemprodukter i hydrogeneringen af umættede fedtsyrer mættes fuldstændigt (Schroeder et al., 2004; Kelly et al., 1998b). Resultatet bliver et større output af substrat (vaccensyre) fra vommen, som er tilgængeligt for endogen CLA-syntese i mælkekirtlen.

Derudover fandt Lock & Garnsworthy (2003) at græssende køer havde en højere aktivitet af det centrale enzym $\Delta 9$ -desaturase i yveret end staldfodrede køer, hvilket tyder på at frisk græs fremmer CLA syntesen i yveret gennem en forøgelse af $\Delta 9$ -desaturase aktiviteten. Generelt stammer en større andel af mælkens totale indhold af CLA fra endogen syntese i yveret hos køer på græs (>90%) i forhold til staldfodrede køer (<80%) (Kay et al., 2004; Griinari et al., 2000).

4.5 Variation i mælkens indhold af CLA mellem besætninger og racer

Ikke overraskende viste forsøg IX og X en betydelig forskel i mælkens CLA-indhold mellem besætninger. I forsøg IX varierede CLA-indholdet på 8 økologiske gårde mellem 0,42 og 0,75 g/100 g fedtsyrer og i forsøg X mellem 0,29 og 0,76 g/100 g fedtsyrer på 17 gårde. Den primære årsag til denne variation i CLA-indholdet mellem gårde er forskelle i fodring, idet specielt

den anvendte fedtmængde og fedtkilde, som tidligere diskuteret, har meget stor betydning. Den nøjagtige fodring på prøveudtagningstidspunktet på gårdene kendes imidlertid ikke, men i forsøg IX blev foderregistreringer på 7 af gårdene foretaget inden for den sidste måned, før mælkeprøverne blev udtaget (før udbinding). Alligevel var der en positiv lineær sammenhæng mellem rationernes fedtsyreindhold på dette tidspunkt og mælkens CLA-indhold (Figur 14, $R^2=0,59$). I forsøg X var der derimod ingen sammenhæng mellem rationens fedtsyreindhold og mælkens indhold af CLA (Figur 18, $R^2=0,035$). En af forklaringerne på dette kan være, at mælkeprøverne blev udtaget sidst i oktober, hvor køerne i nogle af besætningerne var overgået til 100 % staldfodring. Derfor kan der være sket store ændringer i fodringen mellem tidspunktet for sidste foderregistrering (hvor køerne var på græs) og tidspunktet for udtagning af mælkeprøven. Som tidligere diskuteret er sammenhængen mellem mængden af fedtsyrer i rationen og mælkens CLA-indhold hos græssende køer desuden afhængig af tilskudsforders art og fedtsyresammensætning, og i tilfælde af et højt indhold af mættet fedt i foderrationen (C16:0, C18:0) kan en positiv sammenhæng mellem fedtindholdet og mælkens CLA-indhold således ikke forventes.

Der blev ikke observeret nogen forskel mellem CLA-indholdet i økologisk og konventionel mælk, men variationen var dog større indenfor økologiske gårde (2,5 gange forskel¹) i forhold til konventionelle gårde (1,4 gange forskel). Overordnet tyder

¹ Mælk med det højeste indhold af CLA var 2,5 gange højere end mælk med det laveste indhold af CLA på økologiske gårde

det således på, at økologiske og konventionelle fodrationer ikke adskiller sig markant fra hinanden på det tidspunkt sidst i oktober, hvor mælkeprøverne er udtaget.

En anden årsag til variationen mellem besætninger kan være forskelle i race. I forsøg I havde mælk fra Holstein køer et ca. 54 % højere CLA-indhold end mælk fra Jersey køer (1,17 vs. 0,76 g/100 g fedtsyrer). White et al. (2001) fandt, at denne forskel mellem Holstein og Jersey køer var end dog endnu større, idet Holstein køer på hhv. græs og en indendørs fodration havde et 76 % og 84 % højere CLA-indhold i mælken end Jersey køer. Tilsvarende fandt Lawless et al. (1999), at CLA-indholdet i mælk fra racen Montbeliardes i gennemsnit var 13% højere i forhold til irsk Holstein, tysk Holstein og Normandes. Endelig fandt Kelsey et al. (2003) en mindre signifikant forskel mellem racerne Holstein og Brown Swiss (hhv. 0,44 og 0,41 g CLA/100 g fedtsyrer). I sidstnævnte studie forklarede race kun en meget lille del af den totale variation i mælkens CLA-indhold mellem køer (<0,01 %).

I alle besætninger som medvirkede i forsøg IX og X, var der tale om Holstein køer bortset fra besætning 13 i forsøg X, som var RDM. Mælk fra sidstnævnte besætning havde det laveste CLA-indhold af alle 17 gårde i forsøg X (0,29 g/100 g fedtsyrer), men dette skyldes langt overvejende fodringsmæssige forhold og ikke race.

En af de væsentligste forklaringer på forskelle i mælkens CLA-indhold mellem eksempelvis Jersey og Holstein køer er, at andelen af fedtsyrer i mælk fra Jersey køer som er syntetiseret *de novo*, dvs. i mælke-

kirtlen (fedtsyrer med en kædelængde <C16), typisk er 10-15% højere i forhold til Holstein køer (Hermansen et al., 2003, White et al., 2001). Mælk fra Holstein køer har med andre ord et naturligt højere indhold af langkædede fedtsyrer, som stammer fra optag fra blodet end Jersey køer, og derfor vil indholdet af CLA ligeledes naturligt være højere.

Derudover nævnes forskelle i ekspression og aktivitet af $\Delta 9$ -desaturase enzymet i mælkekirtlen mellem racer som endnu en af forklaringerne på de observerede forskelle (Kelsey et al., 2003; White et al., 2001). $\Delta 9$ -desaturase enzymet indsætter som tidligere nævnt en dobbeltbinding ved C-atom 9 (se Figur 2). Ved at sammenligne forholdet mellem mælkens indhold af produktet for $\Delta 9$ -desaturase (f.eks. *cis*-9, *trans*-11 CLA) med indholdet af substratet (*trans*-11, 18:1, vaccensyre) fås det såkaldte desaturase-index, som er et udtryk for enzymets aktivitet. *Cis*-9 14:1/14:0; *cis*-9 16:1/16:0 samt *cis*-9 18:1/18:0 er andre par af fedtsyrer som er produktet/substrat for $\Delta 9$ -desaturase enzymet (Kelsey et al., 2003). Figur 5 viser, at stigningen i mælkens indhold af CLA er større hos RDM/Holstein i forhold til Jersey, når mælkens indhold af vaccensyre stiger med 1 g/100 g fedtsyrer (0,30 vs. 0,25 g/100 g fedtsyrer). Dette kan tyde på et højere desaturase index, og at en større mængde vaccensyre omdannes til *cis*-9, *trans*-11 CLA formodentlig pga. en højere $\Delta 9$ -desaturase aktivitet i yveret.

4.6 Individuel variation i mælkens CLA-indhold og effekt af paritet og afstand fra kælvning

I Figur 7, 9, 13 og 16 er variationen i mælkenes CLA-indhold mellem køer på samme forsøgshold/tidspunkt/gård illustreret, og det fremgår at den individuelle variation er stor. Der er således som regel 2-3 gange forskel mellem køer, der modtager samme fodring og er udsat for de samme management forhold. En tilsvarende eller endnu større individuel variation er tidligere rapporteret af Kelsey et al. (2003), Lock & Garnsworthy (2002), Peterson et al. (2002) og Lawless et al. (1998). Det tyder desuden på, at køer der på en given fodring har det højeste indhold af CLA i mælken også er de køer, der har det højeste indhold af CLA i mælken efter et foderskift der enten forøger eller reducerer det gennemsnitlige CLA-indhold (Peterson et al., 2002; White et al., 2001). Hierarkiet i mælkenes CLA-indhold mellem køer opretholdes således ved fodringsskift.

Den store individuelle variation mellem køer der modtager samme foder formodes at være relateret til to faktorer; (1) individuelle forskelle i $\Delta 9$ -desaturase aktivitet i yveret primært pga. forskelle i ekspression af genet der koder for $\Delta 9$ -desaturase enzymet (Peterson et al., 2002), (2) forskelle mellem køer i produktion og output af bihydrogenerings-mellemprodukter fra vommen grundet forskelle i foderoptagelses- og tyggemønster. Sidstnævnte forhold påvirker vommiljøet og dermed fedtsyreomsætningen i vommen (Kelsey et al., 2003).

Effekten af laktations nummer (paritet) og afstand fra kælvning (laktationsstadie) på mælkenes indhold af CLA er belyst i forsøg

III, IV, VIII og IX, og resultaterne er sammenfattet i Tabel 36. I nogle forsøg var der en tendens til et lidt højere CLA-indhold i mælk fra 1. kalvs køer i forhold til ældre køer. Årsagen kan være, at 1. kalvs køer i mange besætninger får tildelt forholdsvis mere kraftfoder end ældre køer, hvorved fedtsyreoptagelsen bliver relativt højere. I de gennemførte forsøg var der ingen entydig tendens til, at køernes afstand fra kælvning påvirkede indholdet af CLA i mælken.

Så vidt vides er effekten af paritet og laktationsstadie på mælkenes CLA-indhold kun undersøgt i et enkelt udenlandsk studie. På baggrund af et relativt stort datamateriale (219 køer i alt) fandt Kelsey et al. (2003) ingen effekt af hverken paritet eller laktationsstadie, og der var ingen sammenhæng mellem mælkenes CLA-indhold, køernes mælkeydelse og mælkenes fedtprocent. Paritet og laktationsstadie forklarede kun hhv. <0,3 og <2 % af den totale variation i mælkenes CLA-indhold, og effekten af de to parametre var således minimal i dette studie.

Tabel 36. Effekt af paritet og afstand fra kælvning på mælkens CLA-indhold (g/100 g fedtsyrer i fem forskellige undersøgelser

Forsøg	Paritet (P)			Afstand fra kælvn., dage (A)	P-værdi ¹	
	1. kalvs	2. kalvs	ældre	b-værdi ²	P	A
III	0,90	-	0,85	0,0005	0,69	0,56
IV	0,58	0,52	0,50	0,0003	0,11	0,18
VII	0,75	-	0,69	-	0,39	-
VIII	0,92	0,77	0,89	-0,0002	0,09	0,44
IX	0,63	-	0,46	-0,0002	***	0,39

¹Tal med forskelligt bogstav i samme række er signifikant forskellige: * P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001

²b-værdien angiver ændringen i den målte egenskab (f.eks. mælkens CLA-indhold) for hver dag afstanden fra kælvning øges med en dag

5. Konklusion

Denne række af undersøgelser har med tydelighed vist, at indholdet af CLA og vaccensyre i mælkefedt i meget høj grad er påvirket af køernes fodring. Mængden og typen af umættet fedt i foderrationen er de mest betydende faktorer for mælkens CLA-indhold i samspil med foderets overordnede sammensætning dvs. kraftfoder-grovfoder forholdet og indholdet af stivelse. Sidstnævnte faktorer er i høj grad bestemmende for vommiljøet og for betingelserne for den mikrobielle hydrogenering af umættede fedtsyrer i vommen og dermed for mælkens CLA-indhold. Tilskud af olieholdige frø/bønner specielt solsikkefrø med et højt indhold af linol- og/eller lino-lensyre, er en af måderne hvorpå mælkens indhold af CLA effektivt kan øges. Majsensilage resulterede uanset rationens energi-indhold i et højere indhold af både *cis*-9, *trans*-11 og *trans*-10, *cis*-12 CLA og reducerede mælkens fedtindhold i forhold til græsensilage. Men der var samtidig en vekselvirkning mellem majsensilage og rationens energiindhold for indholdet af disse to fedtsyrer i mælken, og overordnet støtter resultaterne hypotesen om at mælkefedtdepression udvikles under to forudsætninger: Foderet indeholder store mængder linolesyre kombineret med en ændring af vommiljøet og biohydrogeneringsmønsteret, f.eks. pga. store mængder stivelse, som det er tilfældet ved fodring med majsensilage.

Undersøgelserne viste en betydelig sæsonvariation i mælkefedtets indhold af CLA. Mælk fra køer på græs havde et højere indhold af CLA end mælk fra staldfodrede køer. Det høje indhold af linolesyre;

C18:3 i frisk græs samtidig med at frisk græs stimulerer produktionen af vaccensyre i vommen og den efterfølgende omdannelse af vaccensyre til *cis*-9, *trans*-11 i mælkekirtlen, formodes at være hovedårsagerne til den høje koncentration af CLA i mælk ved afgræsning.

Der blev ikke fundet nogen forskel i indholdet af CLA mellem økologisk og konventionel tankmælk udtaget i oktober måned, men variationen mellem både økologiske og konventionelle gårde var stor. Den store variation i mælkens indhold af CLA mellem gårde er primært udtryk for forskelle i fodring. Vores undersøgelser viste desuden i overensstemmelse med en lang række udenlandske undersøgelser, at forskellen mellem det højeste og laveste indhold af CLA mellem køer på samme foderration var 2-3 gange. Årsagen til den store individuelle variation tilskrives primært fysiologiske og genetiske forskelle mellem køer i evnen til at omsætte umættet fedt til vaccensyre i vommen og/eller til at producere *cis*-9, *trans*-11 i mælkekirtlen ud fra vaccensyre vha. enzymet $\Delta 9$ -desaturase.

Mælk fra Holstein køer havde et væsentligt højere indhold af CLA end Jersey mælk i overensstemmelse med udenlandske resultater. I en enkelt undersøgelse havde mælk fra første kalvs køer et signifikant højere CLA-indhold i forhold til ældre køer, en tendens der gik igen i flere andre af de gennemførte forsøg, men der var kun tale om små forskelle. Tidspunkt i laktationen havde ingen eller minimal betydning for mælkens CLA-indhold.

Resultaterne har således vist at man ved tildeling af fodrationer med et højt indhold af umættet fedt kan øge mælkens indhold af CLA og vaccensyre væsentligt. Denne effekt kan tillige opnås hvis køerne har adgang til afgræsning i betydeligt omfang. Den store og konstante individuelle variation mellem køer bevirker ligeledes, at det er muligt at udvælge køer der udviser det højeste indhold af CLA i mælken ved en given fodring og dermed producere mælk med et ekstra højt indhold af CLA.

Anerkendelser

Forsøg II, V og VI er gennemført under ledelse af Bente T. Rasmussen m.fl. i kvægstaldene på Forskningscenter Foulum og forsøg I under ledelse af Jane Eriksen på Kvægbrugets ForsøgsCenter. Udtagning af mælkeprøver i de private besætninger er udført af Lars Bilde Gildbjerg, som desuden har gennemført en lang række af de statistiske analyser af data. Laboratoriearbejdet i forbindelse med fedtsyreanalyser af mælkeprøver er udført af Zhara Roudaki og Karen Jensen, BioCentrum, Danmarks Tekniske Universitet i Lyngby.

Vi vil gerne takke alle for deres indsats i forbindelse med gennemførelse, analyse, opgørelse og publicering af resultater fra nærværende undersøgelser. En særlig tak til gdr. E. Andersen og B. Nielsen for deres velvillige medvirken i forbindelse med gennemførelse af forsøg. E. Andersen takkes desuden for at lade os indsamle et meget stort antal mælkeprøver, der er basis for flere af undersøgelserne.

6. Referencer

- Abu-Ghazaleh, A.A., Schingoethe, D.J., Hippen, A.R. & Kalscheur, K.F. 2003. Milk conjugated linoleic acid response to fish oil supplementation of diets differing in fatty acid profiles. *J. Dairy Sci.* 86, 944-953
- Abu-Ghazaleh, A.A., Schingoethe, D.J., Hippen, A.R. & Whitlock, L.A. 2002a. Feeding fish meal and extruded soybeans enhances the conjugated linoleic acid (CLA) content of milk. *J. Dairy Sci.* 85, 624-631
- Abu-Ghazaleh, A.A., Schingoethe, D.J., Hippen, A.R., Kalscheur, K.F. & Whitlock, L.A. 2002b. Fatty acid profiles of milk and rumen digesta from cows fed fish oil, extruded soybeans or their blend. *J. Dairy Sci.* 85, 2266-2276
- Adlof, R.O., Duval, S., Emken, E.A. 2000. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in humans. *Lipids* 35, 131-135
- Bauman, D.E., Barbano, D.M., Dwyer, D.A. & Griinari, J.M. 2000. Technical note: Production of butter with enhanced conjugated linoleic acid for use in biomedical studies with animal models. *J. Dairy Sci.* 83, 2422-2425
- Bauman, D.E., Baumgard, L.H., Corl, B.A. & Griinari, J.M. 1999. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. *Proceedings of the American Society of Animal Science.* pp. 1-15
- Bauman, D.E., Corl, B.A. & Peterson, D.G. 2003. The biology of conjugated linoleic acids in ruminants. In: Sébédio, J.L., Christie, W.W. & Adlof, R. (eds). *Advances in conjugated linoleic acid research*, volume 2. pp. 146-173. AOCS Press, Champaign
- Bauman D.E. & Griinari, M.J. 2003. Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Annu. Rev. Nutr.* 23, 203-227
- Baumgard, L.H., Matitashvili, E., Corl, B.A., Dwyer, D.A. & Bauman, D.E. 2002. *Trans*-10, *cis*-12 conjugated linoleic acid decreases lipogenic rates and expression of genes involved in milk fat synthesis in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 85, 2155-2163
- Belury, M. 2002. Dietary conjugated linoleic acid in health: Physiological effects and mechanisms of action. *Ann. Rev. Nutr.* 22, 505-531
- Bessa, R.J.B., Santos-Silva, J., Ribeiro, J.M.R. & Portugal, A.V. 2000. Reticulo-rumen biohydrogenation and the enrichment of ruminant edible products with linoleic acid conjugated isomers. *Lives. Prod. Sci.* 63, 201-211
- Børsting, C.F., Weisbjerg, M.R. & Hermansen, J.E. 2003a. Kapitel 11. Fedtomsætningen i mave-tarmkanalen. In: Hvelplund, T. & Nørgård, P. (eds.). *Kvægets ernæring og fysiologi. Bind 1 – Næringsstofomsætning og fysiologi* pp. 313-330. DJF rapport Husdyrbrug nr. 53.
- Børsting, C.F., Hermansen, J.E. & Weisbjerg, M.R. 2003b. Kapitel 7. Fedtforsyningens betydning for mælkeproduktionen. In: Strudsholm, F. & Sejrsen, K. (eds.). *Kvægets ernæring og fysiologi. Bind 2 – Fodring og produktion.* pp. 133-152. DJF rapport Husdyrbrug nr. 54.
- Chillard, 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. *Livest. Prod. Sci.* 70, 31-48

- Chin S.F., Liu, W., Storkson, J.M., Ha, Y.L. & Pariza, M.W. 1992. Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens. *J. Food Comp. Anal.* 5, 185-197
- Chounard, P.Y., Corneau, L. Butler, W.R., Chillard, Y., Drackley, J.K. & Bauman, D.E. 2001. Effect of dietary lipid source on conjugated linoleic acid concentrations in milk fat. *J. Dairy Sci.* 84, 680-690
- Dhiman, T.R., Anand, G.R., Satter, L.D. & Pariza, M.W. 1999a. Conjugated linoleic acid content of milk from cows fed different diets. *J. Dairy Sci.* 82, 2146-2156
- Dhiman, T.R., Helmink, E.D., McMahon, D.J., Fife, R.L. and Pariza, M.W. 1999b. Conjugated linoleic acid content of milk and cheese from cows fed extruded oilseeds. *J. Dairy Sci.* 82, 412-419
- Dhiman T.R, Satter L.D, Pariza M.W, Galli M.P, Albright K. & Tolosa M.X. 2000. Conjugated linoleic acid (CLA) content of milk from cows offered diets rich in linoleic and linolenic acid. *J. Dairy Sci.* 83, 1016-1027
- 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. *J. Nutr.* 130, 2285-2291
- Griinari, J.M., Dwyer, D.A., McGuire, M.A, Bauman, D.E., Palmquist, D.L. & Nurmela, K.V. 1998. Transoctadecenoic acids and milk fat depression in lactating cows. *J. Dairy Sci.* 81, 1251-1261
- Harfoot, C.G., Noble, R.C. & Moore, J.H. 1973. Food particles as a site of biohydrogenation of unsaturated fatty acids in the rumen. *Biochem. J.* 132, 829-832
- Hermansen, J.E., Nielsen, J.H., Larsen, L.B. & Sejrsen, K. 2003. Mælkens sammensætning og kvalitet. In: Strudsholm, F. & Sejrsen, K. (eds.). *Kvægets ernæring og fysiologi. Bind 2 – Fodring og produktion.* pp. 341-369. DJF rapport Husdyrbrug nr. 54.
- Kay, J.K., Mackle, T.R., Auldist, M.J., Thomson, N.A. & Bauman, D.E. 2004. Endogenous synthesis of *cis*-9, *trans*-11 conjugated linoleic acid in dairy cows fed fresh pasture. *J. Dairy Sci.* 87, 369-378
- Kelly, M. L., Berry, J.R., Dwyer, J.A., Griinari, J.M., Chouinard, P.Y., VanAmburgh, M.E. & Bauman, D.E. 1998a. Dietary fatty acid sources affect conjugated linoleic acid concentrations in milk from lactating cows. *J. Nutr.* 128, 881-885
- Kelly, M.L., Kolver, E.S., Bauman, D.E., Van Amburgh, M.E. & Muller, L.D. 1998b. Effect of intake of pasture on concentrations of conjugated linoleic acid in milk of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 81, 1630-1636
- Kelsey, J.A., Corl, B.A., Collier, R.J. & Bauman, D.E. 2003. The effect of breed, parity and stage of lactation on conjugated linoleic acid (CLA) in milk fat from dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86, 2588-2597
- Kristensen, T. og Mogensen, L. 2005 upublikeret bilag
- Lawless, F., Murphy, J.J., Harrington, D., Devery, R. & Stanton, C. 1998. Elevation of conjugated *cis*-9-*trans*-11 octadecadienoic acid in bovine milk because of dietary supplementation. *J. Dairy Sci.* 81, 3259-3267
- Lawless, F., Stanton, C., L'Escop, P.L., Devery, R., Dillon, P. & Murphy, J.J. 1999. Influence of breed on bovine milk *cis*-9, *trans*-11-conjugated linoleic acid content. *Lives. Prod. Sci.* 62, 43-49

- Lock, A.L. & Garnsworthy, P.C. 2002. Independent effects of dietary linoleic and linolenic fatty acids on the conjugated linoleic acid content of cows milk. *Anim. Sci.* 74, 163-176
- Lock, A.L. & Garnsworthy, P.C. 2003. Seasonal variation in milk conjugated linoleic acid and delta-9-desaturase activity in dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 79, 47-59
- Lynch, J.M., Lock, A.L., Dwyer, D.A., Noorbakhsh, R., Barbano, D.M. & Bauman, D.E. 2005. Flavor and stability of pasteurised milk with elevated levels of conjugated linoleic acid and vaccenic acid. *J. Dairy Sci.* 88, 489-498
- Mogensen, L., Ingvarsen, K.L., Kristensen, T., Seested, S. & Thamsborg, S.M. 2004. Organic dairy production based on rapeseed, rapeseedcake or cereals to silage ad libitum. *Acta Agric. Scand. Sect. A, Animal Sci.* 54, 81-94
- Noble, R.C., Moore, J.H. Harfoot, C.G. 1974. Observations on the pattern on biohydrogenation of esterified and unesterified linoleic acid in the rumen. *Br. J. Nutr.* 31, 99-108
- Palmquist, D.L. 2000. Ruminal and endogenous synthesis of CLA in cows. *Proceedings, Minnesota Nutrition Conference, Univ. of Minnesota, sept. 2000*, 11 pp.
- Parodi, P.W. 2003. Conjugated linoleic acid in food. In: Sébédio, J.L., Christie, W.W. & Adlof, R. (eds). *Advances in conjugated linoleic acid research, volume 2*. pp. 101-122. AOCS Press, Champaign
- Peterson, D.G., Kelsey, J.A. & Bauman, D.E. 2002. Analysis of variance in cis-9, trans-11 conjugated linoleic acid (CLA) in milk fat of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 85, 2164-2172
- Peterson, D.G., Matitashvili, E.A., Bauman, D.E. 2003. Diet-induced milk fat depression in dairy cows results in increased trans-10, cis-12 CLA in milk fat and coordinate suppression of mRNA abundance for mammary gland enzymes involved in milk fat synthesis. *J. Nutr.* 133:3098-3102
- Piperova, L.S., Teter, B.B., Brukental, I., Sampugna, J., Mills, S.E., Yurawecz, M.P., Fritche, J., Ku, K. & Erdman, R.A. 2000. Mammary lipogenic enzyme activity, trans fatty acids and conjugated linoleic acids are altered in lactating dairy cows fed a milk fat depressing diet. *J. Nutr.* 130, 2568-2574
- Ritzenthaler, K.L., McGuire, M.K., Falen, R., Shultz, T.D., Dasgupta, N. & McGuire, M.A. 2001. Estimation of conjugated linoleic acid intake by written dietary assessment methodologies underestimates actual intake evaluated by food duplicate methodology. *J. Nutr.* 131, 1548-1554
- SAS Institute Inc., 1999. Online Doc., Version 8.
<http://dokumentation.agrsci.dk/sasdocv8/sasdoc/sashtml/onldoc.htm>
- Schroeder, G.F., Gagliostro, G.A., Bargo, F., Delahoy, J.E. & Muller, L.D. 2004. Effect of fat supplementation on milk production and composition by dairy cows on pasture: A review. *Livest. Prod. Sci.* 86, 1-18
- Sébédio, J.L., Christie, W.W. & Adlof, R. (eds.). 2003. *Advances in conjugated linoleic acid research, volume 2*. AOCS Press, Champaign
- Shultz, T.D., Chew, B.P & Seaman, W.R. 1992. Differential stimulatory and inhibitory responses of human MCF-7 breast cancer cells to linoleic acid and conjugated linoleic acid. *Anticancer Res.* 12, 2143-2146
- Solomon, R., Chase, L.E., Ben-Ghedalia, D. & Bauman, D.E. 2000. The effect of nonstructural carbohydrate and addition of full fat extruded soybeans on the concentration of conjugated linoleic acid in the milk fat of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 83, 1322-1329

- Stanton, C., Murphy, J., McGrath, E. & Devery, R. 2003. Animal feeding strategies for conjugated linoleic acid enrichment of milk. In: Sébédio, J.L., Christie, W.W. & Adlof, R. (eds) *Advances in conjugated linoleic acid research*, volume 2. pp. 123-145. AOCS Press, Champaign
- Stockdale, R.C., Walker, G.P., Wales, W.J., Dalley, D.E., Birkett, A., Shen, Z. & Doyle, P.T. 2003. Influence of pasture and concentrates in the diet of grazing dairy cows on the fatty acid composition of milk. *J. Dairy Res.* 70, 267-276
- Turpeinen, A.M., Mutanen, M., Aro, A., Salminen, I., Basu, S., Palmquist, D.L. & Griinari, J.M. 2002. Bioconversion of vaccenic acid to conjugated linoleic acid in humans. *Am. J. Clin. Nutr.* 76, 504-510
- Ward, A.T., Wittenberg, K.M., Froebe, H.M., Przybylski, R. & Malcolmson, L. 2003. Fresh forage and solin supplementation on conjugated linoleic acid levels in plasma and milk. *J. Dairy Sci.* 86, 1742-1750
- Weisbjerg, M.R., Purup, S., Vestergaard, M., Hvelplund, T. & Sejrsen, K. 2001. *Undersøgelser af genmodificerede foderroer til malkekøer*. DJF-rapport nr. 25 Husdyrbrug, 39 pp.
- White, S.L., Bertrand, J.A., Wade, M.R., Washburn, S.P., Green, J.T., Jr. & Jenkins, T.C. 2001. Comparison of fatty acid content of milk from Jersey and Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *J. Dairy Sci.* 84, 2295-2301

Resumé

Komælk har et naturligt højt men varierende indhold af den umættede fedtsyre konjugeret linolsyre (CLA), som i dyrestudier har vist en række positive effekter i forbindelse med udviklingen af bl.a. cancer, hjerte-kar sygdomme og fedme. Derfor er CLA særdeles interessant også i relation til human sundhed. Denne rapport præsenterer resultater fra 10 undersøgelser vedrørende specielt fodringens betydning for mælkenes indhold af CLA samt en anden ernæringsmæssigt interessant fedtsyre, vaccensyre. Effekten af andre produktionsrelaterede faktorer såsom brugstype, race, sæson, køernes laktationsnummer og -stadie er ligeledes undersøgt. Fodringen har afgørende betydning for mælkenes indhold af CLA og vaccensyre, og forsøgene har vist, at det er muligt at producere mælk med et forøget indhold.

Markbrug



Havebrug



Husdyrbrug



Grøn Viden udkommer i en have-, mark- og husdyrbrugsserie.

Læs mere om publikationerne på vores hjemmeside www.agrsci.dk