



# FEDTSYREPROFILEN I MÆLK FRA MALKEKØER – POTENTIALE OG PERSPEKTIVER

---

MORTEN KARGO, ALBERT JOHANNES BUITENHUIS OG ARNE MUNK (RED.)

DCA RAPPORT NR. 088 · DECEMBER 2016



AARHUS  
UNIVERSITET

DCA - NATIONALT CENTER FOR FØDEVARER OG JORDBRUG



# FEDTSYREPROFILEN I MÆLK FRA MALKEKØER – POTENTIALE OG PERSPEKTIVER

DCA RAPPORT NR. 088 · DECEMBER 2016



AARHUS  
UNIVERSITET

DCA - NATIONALT CENTER FOR FØDEVARER OG JORDBRUG

**Morten Kargo<sup>1)</sup>, Albert Johannes Buitenhuis<sup>1)</sup> og Arne Munk<sup>2)</sup> (red.)**

Aarhus Universitet<sup>1)</sup>  
Institut for Molekylærbiologi og Genetik  
Blichers Allé 20  
8830 Tjele

SEGES<sup>2)</sup>  
Økologi  
Agro Food Park 15  
8200 Aarhus N



STØTTET AF  
**promilleafgiftsfonden**  
for landbrug

# FEDTSYREPROFILEN I MÆLK FRA MALKEKØER – POTENTIALE OG PERSPEKTIVER

---

Serietitel DCA rapport  
Nr.: 088  
Forfattere: Morten Kargo, Albert Johannes Buitenhuis og Arne Munk  
Udgiver: DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Blichers Allé  
20, postboks 50, 8830 Tjele. Tlf. 8715 1248, e-mail: dca@au.dk,  
hjemmeside: www.dca.au.dk  
Rekvirent:  
Fotograf: Colourbox  
Tryk: www.digisource.dk  
Udgivelsesår: 2016  
Gengivelse er tilladt med kildeangivelse  
ISBN: 978-87-93398-57-3  
ISSN: 2245-1684  
Rapporterne kan hentes gratis på [www.dca.au.dk](http://www.dca.au.dk)

## **Videnskabelig rapport**

Rapporterne indeholder hovedsageligt afrapportering fra forskningsprojekter, oversigtsrapporter over faglige emner, vidensynteser, rapporter og redegørelser til myndigheder, tekniske afprøvninger, vejledninger osv.



DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug er den faglige indgang til jordbrugs- og fødevareforskningen ved Aarhus Universitet (AU). Centrets hovedopgaver er videnudveksling, rådgivning og interaktion med myndigheder, organisationer og erhvervsvirksomheder.

Centret koordinerer videnudveksling og rådgivning ved de institutter, som har fødevarer og jordbrug, som hovedområde eller et meget betydende delområde:

Institut for Husdyrvidenskab  
Institut for Fødevarer  
Institut for Agroøkologi  
Institut for Ingeniørvidenskab  
Institut for Molekylærbiologi og Genetik

Herudover har DCA mulighed for at inddrage andre enheder ved AU, som har forskning af relevans for fagområdet.

## Forord

I projektet SOBcows er det lykkedes at få opsamlet langt flere fænotypiske data, end der var budgetteret med. RYK har således været med til at foranledige, at der er opsamlet fedtsyrescreeninger fra 1. maj 2015 til 1. september 2016 fra samtlige ydelseskонтроllerede køer i Danmark indenfor projektets rammer. Det er unikt og langt mere end fra de 10.000 køer, der var lagt op til i projektet.

Dette giver mulighed for, at vi med stor sikkerhed kan vurdere de avlsmæssige muligheder for at påvirke mælkens fedtsyresammensætning og kvantificere forskellen i fedtsyresammensætningen mellem forskellige produktionssystemer, for eksempel konventionel og økologisk produktion.

I nærværende rapport vurderes de forskellige fedtsyre/fedtsyrefraktioners effekt på den humane sundhed og deres effekt på tekstur af smør og osteprodukter. Vi undersøger desuden værdien af at have fedtsyremålinger på alle ydelseskонтроllerede køer i forhold til managementstyring. Centralt i rapporten står præsentationen af resultater og estimeringer af arvbarheder for mælkens fedtsyresammensætning. Sluttelig evalueres potentialet i at bruge viden om mælkens fedtsyreprofil i avl og produktion samt i forhold til fedtsyrenes betydning for human sundhed. Rapporten kan således anvendes som beslutningsgrundlag for, om det har værdi at lave fedtsyremålinger på alle ydelseskонтроllerede køer i Danmark.

Projektet SOBcows er en del af Organic RDD 2 programmet, som koordineres af ICROFS (Internationalt Center for Forskning i Økologisk Jordbrug og Fødevarer-systemer). Det har fået tilskud fra Grønt Udviklings- og Demonstrationsprogram (GUDP) under Fødevarerministeriet. Promilleafgiftsfonden bidrager også til finansieringen af projektet, som løber i perioden fra 1. oktober 2014 til 30. september 2018.

Projektets formål er at øge omfanget og rentabiliteten af den økologiske mælkeproduktion. Projektet skal gavne den økologiske produktion ved dels at udvikle avlslinjer, der er bedre egnede til økologisk produktion, og dels bane vej for, at mejerierne kan skabe nye nicheprodukter på baggrund af viden om køernes avlsmæssige karakteristika.

Projektpartnerne er fra Aarhus Universitet i Foulum, SEGES Kvæg og SEGES Økologi, Naturmælk, RYK – Registrerings- og Ydelseskontrol, VikingGenetics og NordGen.

En stor tak til FOSS, Hillerød, Denmark, som har stillet udstyr til fedtsyremåling til rådighed og til Eurofins Steins Laboratorium A/S for håndteringen af mælkeprøver og måleresultater. Også tak til alle projektdeltagere for engageret indsats på dette perspektivrige område.

*Morten Kargo,  
Seniorrådgiver, AU  
og specialkonsulent, SEGES*

*Albert Buitenhuis  
Seniorforsker, AU*

*Arne Munk  
Konsulent, SEGES*



## Indholdsfortegnelse

Forord.....	3
Sammendrag.....	7
Indledning - baggrund og formål.....	8
Fedtsyrer i komælk - sammensætning og anvendelse i besætningen.....	10
Definition af en sundhedsfremmende fedtsyreprofil.....	17
Fedtsyremålinger fra danske køer.....	28
Arvbarheder og genetiske sammenhænge - analyser af data fra danske køer.....	38
Specifikke fedtsyrer i avlsmålet.....	50
Diskussion og perspektivering.....	53
Appendiks.....	57



Foto: Carl Aage Sørensen





## Sammendrag

Projektet SOBcows har i samarbejde med RYK gennem 16 måneder i 2015/16 analyseret for indholdet af fedtsyrer i kontrolmælken fra alle ydelseskontrollerede køer i Danmark. Rapporten præsenterer opgørelser på målingerne og evaluerer potentialet i at bruge viden om mælkens fedtsyreprofil i avl og produktion samt i forhold til fedtsyrernes betydning for human sundhed.

En litteraturgennemgang viser, at fedtsyresammensætningen i komælk varierer betydeligt og er påvirket af en række faktorer relateret til fodring, race og management. Fodring med græs- eller urtebaserede rationer øger mælkens indhold af umættede C18-fedtsyrer, og tilsvarende øger fodring med mættet fedt indholdet af palmitin- og stearinsyre (C16:0 og C18:0) i mælkefedtet. Litteraturen viser desuden en stor forskel i mælkens fedtsyreprofil både mellem køer indenfor racer og mellem racer. Til brug i produktionsovervågning kan ændringer i mælkens fedtsyreprofil afspejle store vægttab i starten af laktationen, mens et forhøjet indhold af fedtsyrer med ulige antal C-atomer kan tyde på køer med SARA (sur vom).

Effekten af forskellige fedtsyrer og fedtsyregrupper på den humane sundhed er under diskussion, og forskningen er ikke entydig. Dog viser den aktuelle viden, at der sandsynligvis kan opnås en sundhedsfremmende profil i mælkefedtet ved at øge indholdet af umættede fedtsyrer og reducere andelen af palmitinsyre. Teknologisk vil det samtidig bidrage til smør med en blødere og mere smørbar tekstur. Flere umættede fedtsyrer og mindre palmitinsyre i mælkefedtet kan muligvis også påvirke smagen af osteprodukterne.

Resultaterne fra godt 3,5 mio. mælkeanalyser viser, at faktorerne race, laktationsstadiet, laktationsnummer, produktionsform og måned alle har effekt på mælkens fedtsyresammensætning. Udbinding og store mængder frisk græs i rationen ændrer fedtsyreprofilen i retning af flere umættede fedtsyrer og mindre palmitinsyre. Data viser også, at Jersey adskiller sig fra de øvrige racer ved en højere andel mættede fedtsyrer og en tilsvarende lavere andel umættede fedtsyrer. Resultaterne viser desuden, at fedtmobilisering i starten af laktationen påvirker fedtsyreprofilen i mælken, og andelen af monoumættede fedtsyrer er størst i perioden, hvor køerne mobiliserer. Endelig viser data avlsmæssig variation for de enkelte fedtsyregrupper, og det er derfor muligt at påvirke sammensætning af mælkefedtet gennem avl.

Data fra mælkeanalyserne er anvendt til en foreløbig beregning af arvbarheden hen over laktationen, og de beregninger viser, at alle fedtsyrekategorier har en genetisk variation og enkeltfedtsyrerne har arvbarheder på højde med den samlede fedtydelse. Det betyder arvbarheder i intervallet 0,25-0,44 afhængig af race og paritet. De genetiske sammenhænge varierer betydeligt gennem laktationen og er påvirket af den øgede kropsmobilisering i de første måneder efter kælvning. En anvendelse af fedtstyrebestemmelserne i avlen vil derfor kræve en opdeling af laktationen i mindst to perioder. En eventuel fremtidig selektion for fedtsyregrupper bør desuden ske ved at konstruere et indeks, som samtidig kan sikre fremgang for de ønskede fedtsyregrupper (mono- og polyumættede samt kortkædede fedtsyrer) og tilbagegang for den mættede palmitinsyre, samt sikre at uønskede sideeffekter for andre egenskaber ikke indtræffer.

Perspektiverne i at avle efter ændret fedtsyreprofil i mælken afhænger af, om mejerierne og markedet i fremtiden vil afregne mælken for de enkelte fedtsyrefraktioner frem for betaling for den samlede fedtfraktion som i dag. Samlet kan det konkluderes, at der er et betydeligt avlsmæssigt potentiale, og hvis der kommer et dansk marked for mælkeprodukter med særlige egenskaber, vil det være oplagt at ændre det avlsmæssige niveau i gunstig retning og samtidigt udnytte de fodringsmæssige muligheder for at producere mælk med en sundhedsfremmende fedtsyreprofil. Datamaterialet her og fedtsyremåling af samtlige mælkeprøver i ydelseskontrollen giver en unik position i forhold til det.

## Indledning - baggrund og formål

I projektet SOBcows er der i samarbejde med Registrering og Ydelseskontrol (RYK) i perioden maj 2015 til september 2016 indsamlet informationer om fedtsyreindholdet i mælken fra samtlige ydelseskontrollerede køer i Danmark. Der er målt 11 fedtsyrefraktioner i mælkeprøverne, der tages i forbindelse med ydelseskontrollen. Det er første gang, der findes fedtsyreregistreringer på alle køer i et land. Der foreligger således et unikt datamateriale, som blandt andet kan anvendes til at vurdere det avlsmæssige potentiale for at ændre mælkens fedtsyreprofil i en ønsket retning.

Fedtsyreprofilen fra mælkeprøverne er blevet bestemt ved hjælp af FOSS applikationsnote 64 (tabel 1). Dette giver ikke den direkte fedtsyreprofil men fordelingen af forskellige fedtsyregrupper baseret på viden om, hvordan disse grupper er korrelerede samt fedtsyrenes længde, antal dobbeltbindinger og konfiguration af disse (cis/trans). Applikationsnoten bestemmer syv fedtsyregrupper samt fire enkeltfedtsyrer.

**Tabel.1** Fedtsyregrupper og enkeltfedtsyrer bestemt ved Applikationsnote 64 (FOSS, Hillerød, Danmark)

Fedtsyregruppe	Dansk navn	De vigtigste fedtsyrer
SFA	Mættede fedtsyrer	C4 - C20
MUFA	Monumættede fedtsyrer	C18:1 (C16:1, C14:1)
PUFA	Polyumættede fedtsyrer	LA, ALA, CLA
SCFA	Kortkædede fedtsyrer	C4 - C10
MCFA	Mellemkædede fedtsyrer	C12 - C16
LCFA	Langkædede fedtsyrer	C18 -
TransFA	<i>Trans</i> fedtsyrer	C18:1tr, CLA
Enkeltfedtsyrer		
C14:0	Myristinsyre	
C16:0	Palmitinsyre	
C18:0	Stearinsyre	
C18:1	Oliesyre	

Informationerne om fedtsyreindholdet anvendes i SOBcows projektet til at vurdere mulighederne for at udvikle økologiske linjer af de primære malkeracer, som kan producere mælk med en særlig sundhedsfremmende fedtsyreprofil. Det er nærliggende at overveje at fortsætte med at få målt fedtsyreindholdet i mælken. Formålet med nærværende publikation er, at den skal kunne bruges som beslutningsgrundlag for om det har værdi at lave fedtsyremålinger på alle ydelseskontrollerede køer i Danmark.

I publikationen behandles følgende emner:

- Værdien for landmanden af at have fedtsyremålinger på køer/besætning i forhold til styring og management
- Forskellige fedtsyrers betydning for menneskers sundhed og for mælkeprodukternes kvalitet
- Resultater fra fedtsyremålingerne i perioden maj 2015 til april 2016
- De avlsmæssige muligheder for at ændre mælkens fedtsyreprofil
- Mulige avlsmål for fedtsyreprofil – vægtning af de enkelte fedtsyrer i et fedtindeks
- Perspektivering af potentialet for mejeriet/markedet ved at kende mælkens fedtsyreindhold

Perspektiveringen forholder sig til mulighederne for den enkelte landmand og for det avlsmæssige potentiale ved at have informationer om mælkens fedtsyreprofil fra hele den danske population.

## Fedtsyrer i komælk – sammensætning og anvendelse i besætningen

*Finn Strudsholm, SEGES Økologi*

Fedtsyresammensætningen i komælk varierer betydeligt og er påvirket af en række faktorer relateret til fodring, genetik, årstid, laktationsstadiet og management.

Fedtsyrerne i mælken har overordnet fem forskellige oprindelser:

- Direkte og kemisk uændret fra foderet
- Fra foderet efter en biohydrogenering i vommen
- Ved "de-novo" syntese i yverkirtlen
- Mobiliserede fedtsyrer fra fedtvævene
- Fra foder eller fedtvæv efter en desaturering i yveret.

Ulige og forgrenede fedtsyrer syntetiseres af vommens bakterier, mens langkædede fedtsyrer som C18 og C16 især stammer fra foderet. En stor del af de umættede fedtsyrer i foderets plantemateriale bliver biohydrogeneret (mættet) helt eller delvist i vommen. I vommen afhænger graden af biohydrogenering af fedtniveauet i foderet og af, hvordan foderets stivelse og fibre har påvirket vommiljøet. Desatureringen af fedtsyrer i yveret kan modsat øge andelen af umættede fedtsyrer i mælken, og graden af desaturering afhænger sandsynligvis blandt andet af genetiske forhold (Poulsen et al., 2012).



*Fodringen påvirker mælkens sammensætning. Foto: Uffe Lauritsen*

Der er fokus på fedtsyrerne i mælk, fordi de har forskellig værdi i den humane ernæring, og de påvirker mælkefedtets teknologiske egenskaber. Samtidig kan fedtsyresammensætningen afspejle ændringer i fodringen, mens data for fedtsyrer i mælk fra enkeltkøer kan give information om mobilisering, vomsundhed og stofomsætning. Det gør det aktuelt at bruge fedtsyrer i mælk på grupper af enkeltkøer til overvågning og beslutningsstøtte i besætningen.

Kapitlet gennemgår faktorer, som kan påvirke mælkens fedtsyresammensætning, og hvilken værdi enkelte fedtsyrer kan have i forhold til overvågning af produktion og sundhed hos malkekøer.

### Påvirkning af mælkens fedtsyresammensætning

#### Fodring

Fedtsyresammensætningen i foderet har indflydelse på fedtsyresammensætningen i mælk, og udgangspunktet i fodermidlerne varierer stærkt. Weisbjerg et al. (2012) har lavet oversigten over fedtsyrers oprindelse i tabel 2.1.

**Tabel 2.1.** Fedtsyrer og fedtkilder, navne og oprindelse (Weisbjerg et al., 2012)

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

Overordnet er græs og kløvergræs rigt på linolensyre (C18:3), mens korn og proteinfodermidler (byg, majs, havre, soja, mv.) indeholder højere mængder af linolsyre (C18:2). Også kornbaseret helsæd indeholder meget linolsyre.

Rapsolie indeholder høje mængder oliesyre (C18:1) og palmefedt en del palmitinsyre (C16:0), som til dels vil genfindes i mælken. Niveaueet i mælk i forhold til foder afhænger således blandt andet af vommens hydrogenering af oliesyre til stearinsyre (C18:0) og af desatureringen i yveret, som omdanner C16:0 til C16:1. (Weisbjerg et al., 2012 og Poulsen et al., 2012).

Fedtsyresammensætningen i mælk er tit relevant i sammenligningen af kraftfoder- og græsbaseerede systemer. Græsbaseeret mælk er typisk karakteriseret ved højere indhold af umættede C18-fedtsyrer og af konjureret linolsyre (CLA).

I økologisk mælk – hvor kørerne kommer på græs og får meget græsensilage om vinteren – bliver der også i de fleste undersøgelser fundet et højere indhold af mono- og polyumættede fedtsyrer og CLA. (Keszycka et al., 2013). Fedtsyresammensætningen i mælkefedtet i græsbaseerede systemer er desuden påvirket af, hvor stor "de novo" syntesen af fedtsyrer er i yveret, og den er positivt påvirket af yverets forsyning med acetat og 3-OH butyrat fra omsætningen i vommen (Madsen & Nielsen, 2003).

Biohydrogeneringen i vommen har stor betydning for, i hvor høj grad foderets fedtsyrer bliver afspejlet i mælkefedtet. Fodring med urter indebærer eksempelvis en nedsat biohydrogenering i vommen, hvorfor fodring med urter betyder en særlig høj andel polyumættede fedtsyrer i mælkefedtet (Petersen, 2014).

Tilskud af oliekgager og foderemner med vegetabiliske olier kan øge indholdet af umættede fedtsyrer i mælkefedtet, men kan i nogle fodringssituationer også øge risikoen for smagsfejl i mælken. Den positive prægning af mælkefedtet fra vegetabiliske olier sker i form af højere indhold af monoumættede og omega3 polyumættede fedtsyrer.

Tildeling af fedt og et højere fedtniveau i rationen har betydning for fedtsyresammensætningen i mælken. Et højt niveau af foderfedt i rationen vil typisk betyde en lavere koncentration af mellemkædede fedtsyrer (C12 – C16). Jo mere tilskudsfedt, der er i rationen, jo større er indholdet af C18:0 og C18:1 derimod, mens indholdet af polyumættede fedtsyrer ikke er påvirket i samme grad (Hermansen et al., 2003).

Tabel 2.2 viser, hvordan forskellige fedttilskud (mættet eller umættet vegetabilisk) kan ændre mælkenes fedtsyresammensætning i forhold til en ration uden fedttilskud. Virkningen af en ændret fodring slår fuldt igennem i mælken 1-2 uger efter ændringen. Eksempelvis er der store udslag på mælkenes indhold af C16:0 ved tilskud af mættet fedt, mens indholdet af C18:1 kan påvirkes stærkt via tilskud af rapskage.

**Tabel 2.2.** Variation i mælkenes fedtsyresammensætning, vægtprocent (Hermansen et al., 2003).

Fedtsyre i mælkefedt	Ingen fedttilskud	Tilskud af mættet fedt >30 g/kg tørstof	Tilskud af rapskager >30 g/kg tørstof
< C12	10,0	8,2	8,3
C12:0	4,0	2,8	2,6
C14:0	12,7	9,4	10,0
C16:0	33,3	35,7	25,0
C18:0	8,6	9,5	13,0
C18:1	20,9	24,2	31,3
C18:2+3	3,1	2,7	3,2

### Race

Der er stor forskel mellem racer med hensyn til fedtsyresammensætningen i mælkefedt. Det illustrerer tabel 2.3, som viser typetal for indhold af fedtsyrer i mælk fra forskellige racer (Hermansen et al., 2003).

**Tabel 2.3.** Typisk procentfordeling af fedtsyrer for forskellige malkekøer (Hermansen et al., 2003)

Fedtsyre i mælkefedt	Dansk Jersey	RDM	Holstein/SDM
C4:0	3,3	3,4	3,4
C6:0	2,3	2,0	2,1
C8:0	1,5	1,1	1,2
C10:0	3,3	2,3	2,6
C12:0	3,6	2,6	2,9
C14:0	10,1	9,0	9,5
C15:0	1,0	1,0	1,0
C16:0	29,1	25,9	25,3
C16:1	2,0	1,8	1,6
C18:0	11,3	12,0	12,5
C18:1	19,5	24,5	22,8
C18:1tr	4,3	4,5	4,7
C18:2	2,5	2,9	3,3
C18:3	0,6	0,7	0,6
Andre	5,6	6,3	6,5

For de fleste kort- og mellemkædede mættede fedtsyrer (C4:0 – C16:0) er indholdet i mælk fra Holstein og RDM lavere end mælk fra Jersey. Det hænger sammen med en højere de-novo syntese af mættede fedtsyrer med kædelængder fra C4 til C16 hos Jersey. Modsat har Holstein og især RDM et højere indhold af den umættede C18:1 (oliesyre) i mælken.

### Stadie i laktationen

Fedtsyresammensætningen i mælk ændrer sig ved stærk mobilisering, men er ellers relativt konstant gennem laktationen. Det viser et studie af Stoop et al. (2009) med 1933 Holstein køer fra 398 hollandske gårde. Den største ændring i mælkens fedtsyrer var en stigning i C16:0 fra 31 til 33 procent (vægt) fra dag 80 til 150 af laktationen.

### Overvågning af produktion og sundhed hos malkekøer via mælkens fedtsyreindhold

Forskellige analyseparametre fra mælk bruges allerede i dag til at overvåge malkekøernes vægttab og sundhed i tidlig laktation. Det gælder blandt andet fedtprocent (sur vom), BHB (subklinisk ketose), celletal (mastitis) eller FPF (fedt-protein-forholdet indikerer vægttab hos køer som lige har kælvet).

Det er på samme måde interessant, om en specifik viden om mælkens fedtsyresammensætning hos enkeltkøer kan bidrage med yderligere data til overvågning af køer som lige har kælvet.



### *Virkning af mobilisering*

I tidlig laktation, hvor koen mobiliserer, kan en vis del af mælkens fedtsyrer stamme direkte fra koens fedtvæv. Det gælder, når koen er i negativ energibalance og kan ifølge Keszycka et al. (2003) primært observeres som et forhøjet indhold af oliesyre (C18:1 cis-9).

Mobiliseringen fra fedtvævene kan registreres som NEFA (frie fedtsyrer) i blodet, og efter optagelse i yvercellerne kan der ske en udskillelse i mælken. I yveret sker der en vis desaturering af fedtsyrerne (jf. afsnit 2.1.1) som betyder at mobiliserede mættede fedtsyrer fra fedtvævene (C16:0 og C18:0) ikke fuldt ud genfindes i mælken (Schmidt et al., 2016)

Schmidt et al (2016) analyserede mælken hos køer i negativ energibalance og fandt et signifikant højere indhold af C16:1 og C18:1 i forhold til mælk fra køer uden vægttab. Derimod var indholdet af C16:0 og C18:0 uændret i mælken, og det tyder på, at der sker en desaturering af de mættede fedtsyrer fra mobiliseringen.

Også Arnould et al. (2013) peger på et forhøjet indhold af C18:1 cis-9 som indikator på et stærkt vægttab i starten af laktationen. Samme kilde udpeger også fald i kort og mellemlange fedtsyrer (SCFA og MCFA) og en samtidig stigning i langkædede fedtsyrer (LCFA) som tegn på stærk mobilisering og risiko/forekomst af ketose. Endelig peger kilden på, at et forhøjet forhold mellem fedt og protein i mælken tyder på samme kompleks. Forskerne anbefaler her en grænse i FPF-forholdet på 1,4 som kritisk.

I en større hollandsk screening fandt Stoop et al. (2009) i modsætning til Schmidt et al. (2016), at negativ energibalance i midtlaktation og mobilisering af kropsfedt også kan betyde en mindre stigning i mælkens indhold af C16:0 og C18:0. Den største ændring var, at C16:0 steg fra 31,2 til 33,3 procent (vægt) af fedtsyrerne fra dag 80 til 150 af laktationen.

Hos malkekøer i negativ energibalance vil der også ske et fald til fedtsyrer med ulige antal C-atomer så som gruppen af fedtsyrer fra C5:0 til C15:0 (Stoop et al., 2009).

### *Vom-pH/SARA*

Flere projekter har vist en sammenhæng mellem lavt pH i vommen (SARA/subklinisk acidose) og fedtsyresammensætningen i mælken. På den måde kan ændringer i mælkens fedtsyre-profil hjælpe med at overvåge, hvordan tilstanden er i vommen, og om der bør ske ændringer i fodringen for at forebygge SARA.

Et eksempel på sammenhængen mellem SARA og fedtsyrer i mælk er vist i et forsøg af Gou et al. (2013). Forsøget blev lavet med otte fistulerede Holstein-køer, som fik induceret SARA gennem en stivelsesrig fodring med hvede. Projektet viste, at en pH-sænkning fra 6,4 til 5,9 blandt andet gav sig udslag i en højere koncentration af C11:0, C13:0, C15:0 og C17:1 samt et højere samlet indhold af umættede fedtsyrer. Projektet konkluderer, at ændringer i vommens forgæring, mælkens fedtprocent og fedtsyreprofilen i mælk har stor sammenhæng til fodringsinduceret SARA.

## Konklusion

Fedtsyresammensætningen i komælk varierer betydeligt og er påvirket af en række faktorer relateret til fodring, genetik, laktationsstadiet og management:

- Fodring med græsbaseerede rationer med et højt indhold af linolensyre (C18:3) øger indholdet af umættede C18:n fedtsyrer i mælken
- Fodring med urter/urteensilage øger mælkens indhold af polyumættede fedtsyrer i forhold til fodring med kløvergræsensilage
- Fodring med vegetabilsk fedt øger indholdet af umættede fedtsyrer i mælken. Når olien kommer fra raps eller palme øges især indholdet af oliesyre (C18:1), mens fedt fra sojakager og solsikke især påvirker indholdet af linolsyre (C18:2)
- Fodring med mættet fedt (palmeolie) øger indholdet af palmitinsyre (C16:0) og stearinsyre (C18:0) i mælken
- På grund af en større "de-novo"-syntese af fedtsyrer i yveret har mælk fra Jersey et højere indhold af kortkædede mættede fedtsyrer end mælk fra Holstein, som modsat har højere indhold af oliesyre (C18:1)
- Der er stor variation i mælkens fedtsyreprofil mellem køer indenfor race
- Forhøjet indhold af C18:1 cis-9 (oliesyre) tyder på et stærkt vægttab i starten af laktationen
- Forhøjet indhold af fedtsyrer med ulige antal C-atomer (C11-C17) i sammenhæng med lav fedtprocent i mælken tyder på køer med sur vom (SARA).

## Referencer

Arnould, V. M.R., R. Reding, J.Bormann, N. Gengler & H. Soyeurt. 2013. Review: Milk composition as management tool of sustainability. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 17: 613-621.

Go, Y., L. Wang, Y. Zo, X Xu, S. Li & Z. Cao. 2013. Changes in ruminal fermentation, milk performance and milk fatty acid profile in dairy cows with subacute ruminal acidosis and its regulation with pelleted beet pulp. *Arch. Anim. Nutr.* 67: 433-447.

Gregersen, S. B., L.B. Larsen & N. Aa. Poulsen, 2016. Definerings af en sundhedsfremmende fedtsyre profil. In: Informationer om fedtsyreprofilen i mælk fra malkekøer – potentiale og perspektiver. DCA-rapport nr. 088, december. pp: 12-21.

Hermansen, J.E., J. H. Nielsen, L.B. Larsen & K. Sejrsen. 2003. Mælkens sammensætning og kvalitet. I *Kvægets Ernæring og Fysiologi*, Bind 2. Fodring og produktion. DJF-rapport nummer 54. p. 341-369.

Keszycka, G.M., Gzyzak-Ronowska, P. Lipinska & J. Wojtowski. 2013. Fatty Acid Profile of Milk – A Review. *Bull. Vet. Inst. Pulawy* 57: 135-139.

Madsen, T. G & M.O. Nielsen. 2003. Næringsstofomsætning i ekstrahepatiske væv. I *Kvægets Ernæring og Fysiologi*, Bind 1. Næringsstofomsætning og fodervurdering. DFJ-rapport nummer 53. p 419-462.

Schmidt, S. E., K.M. Thelen, C.L. Preseault, G.A. Contreras & A.L. Lock. Feed restriction-induced negative energy balance alters the fatty acid profiles of adipose tissue and milk fat of dairy cows. Abstract 1054. *J. Anim Sci.* Vol. 94, E-Suppl. p 496.

Schwendel, B.H., T.J. Wester, P.C.H. Morel, M.H.T. Avendale, C. Deadman, N M. Shadbolt & D.E. Otter. 2015. Review: Organic and conventionally produces milk – An evaluation of factors influencing milk composition. *J. Dairy Sci.* 98: 721-746.

Stoop, W.M, H. Bovenhuis, J.M.L Heck & J.A.M. van Arendonk. 2009. Effect of lactation stage and energy status on milk fat composition of Holstein-Friesian cows. *J. Dairy Sci.* 92: 1469-1478.

Petersen, M.B. 2014. The effect of forbs on rumen biohydrogenation of fatty acids and bovine milk fatty acid composition. PhD-thesis, Aarhus University. 69 pp.

Poulsen, N. A., Gustavsson, F., Glantz, M., Paulsson, M., Larsen, L. B., & Larsen, M. K. (2012). The influence of feed and herd on fatty acid composition in 3 dairy breeds (Danish Holstein, Danish Jersey, and Swedish Red). *Journal of Dairy Science*, 95(11), 6362-6371.

Weisbjerg, M., M.K. Larsen & M. Brask. Betydning af fedt i fodrationen for malkekøernes produktion, mælke-kvalitet og metanudskillelse. Bilag til fodringsdag 2012. p 24-32.

## Definition af en sundhedsfremmende fedtsyreprofil

*Sandra Beyer Gregersen, Lotte Bach Larsen og Nina Aagaard Poulsen, Institut for Fødevarer – Fødevarekemi og -teknologi, Aarhus Universitet*

Mælkefedt indeholder ca. 65-70 % mættet fedt, 27-33 % monumættet fedt og 3-5 % polyumættet fedt. Som nævnt kan mælkenes fedtsyresammensætning i høj grad påvirkes af sammensætningen af koens foderration, hvilket bl.a. kan medføre betydelige forskelle i fedtets sammensætning mellem økologisk og konventionel mælk (Schwendel, 2015), men genetiske faktorer kan ligeledes påvirke fedtsyresammensætningen, og det derfor antages, at genetisk selektion kan være et redskab til at opnå produktion af mælk med en mere sundhedsfremmende fedtsyreprofil. Det er i den forbindelse yderst vigtigt at have en præcis definition af, hvad en sundhedsmæssig optimering af mælkefedtets fedtsyreprofil bør fokusere på.

Da vi i SOBcows projektet bestemmer fedtsyreprofilen fra mælkeprøver ved hjælp af FOSS applikationsnote 64, vil der i det følgende fokuseres på, hvordan der ud fra de målte fedtsyregrupper kan defineres en sundhedsfremmende fedtsyreprofil for mælkefedt. Desuden diskuteres det, hvordan ændring af mælkefedtets fedtsyreprofil vil kunne resultere i sensoriske ændringer af fedtrige mejeriprodukter såsom smør, smørbare blandingsprodukter og ost.

### **Mælkenes fedtsyresammensætning og sundhed**

Mælkefedt har et højt indhold af mættet fedt sammenlignet med mange andre fedtkilder og associeres derfor ofte med en negativ sundhedsmæssig påvirkning. Generelt har et højt indtag af mættet fedt tidligere været forbundet med et øget serum kolesterol niveau og derved en øget risiko for hjertekar-sygdomme, mens et øget indtag af umættet fedt omvendt er blevet associeret med en positiv effekt på serum kolesterol niveauet og derigennem en nedsat risiko for hjertekar-sygdomme. Det er stadig generelt accepteret, at indtag af umættet fedt kan have en positiv effekt på serum kolesterol niveauet, men den direkte negative effekt af indtag af mættet fedt er under diskussion (Bier, 2015, Parodi, 2016, Lawrence, 2013). En årsag hertil er, at tidligere studier ikke har adskilt mættet fedt fra *trans*-rigt fedt og ikke *trans*-rigt fedt, hvilket potentielt har påvirket konklusionen, da transfedtsyrer fra industrielt delvist hydrogenerede vegetabiliske olier har vist sig at bidrage væsentligt til et øget serum kolesterol niveau. Samtidig er det påvist, at forskellige typer af mættet fedt har meget forskellig effekt på både total serum kolesterol, LDL kolesterol og HDL kolesterol niveauet (Mensink, 2003). LDL kolesterol kan groft betegnes som det dårlige kolesterol og HDL kolesterol som det gode kolesterol. Forskellige typer af mættet fedt kan derfor have meget forskellige sundhedsmæssige effekter. Heraf er det en forsimpning kun at opdele fedt i mættede og umættede fedtsyrer; i stedet skal kædelængde, antal dobbeltbindinger, konfiguration og placering af dobbeltbindinger medtages i en vurdering af den sundhedsmæssige effekt.

I SOBCows projektet er fokus på fedtsyre kategorier bestemt med FOSS applikationsnote 64. En oversigt over de forskellige kategorier er givet i tabel 1 sammen med den forventelige sundhedsmæssige effekt. Tabel 3.1 indeholder desuden forslag til vægtning af hver af disse grupper i en fremtidig model til vurdering af den sundhedsmæssige påvirkning af mælkefedt. Den forslåede vægtning er endvidere illustreret i figur 3.1. Det skal her nævnes, at den direkte sundhedspåvirkning af enkelte fødevarekomponenter kan afhænge af den pågældende fødevarematrix og heraf kan den sundhedsmæssige påvirkning af mælkefedt eksempelvis være forskellig for ost og smør. Det skal også nævnes, at mælkefedt indeholder en række fedtsyrer i mindre koncentrationer, for hvilke forskellige studier indikerer potentielt bioaktive effekter. En diskussion af disse er ikke medtaget her, da indholdet af disse ikke evalueres med applikationsnoten.

**Tabel 3.1.** Fedtsyregrupper bestemt ved Applikationsnote 64, deres sundhedsfremmende egenskaber og forslag til vægtning

Fedtsyregruppe	Vigtigste fedtsyrer	Sundhedsfremmende egenskaber	Vægtning
Mættede fedtsyrer (SFA)	C4-C20	Bred gruppe der indeholder både uønskede og ønskede fedtsyrer	0
Monomættede fedtsyrer (MUFA)	C18:1 (C16:1, C14:1)	Ønsket	+
Polyumættede fedtsyrer (PUFA)	LA, ALA, CLA	Ønsket	++
Kortkædede fedtsyrer (SCFA)	C4-C10	Neutral – Ønsket	(+)
Mellemkædede fedtsyrer (MCFA)	C12-C16	Effekt afhænger af kædelængde. C16:0 udgør dog en stor del af denne gruppe og er uønsket	(-)
Langkædede fedtsyrer (LCFA)	C18-	Ønsket men overlapper med andre grupper	(+)
<i>Trans</i> fedtsyrer	C18:1tr, CLA	CLA og C18:1tr11 er ønsket mens andre transfedtsyrer kan være uønsket. Generelt er koncentrationerne af disse relative lave	0
C14:0		Neutral, diskussion om negative eller positive effekter	0
C16:0		Uønsket	--
C18:0		Neutral	0
C18:1		Ønsket – den fedtsyre der hovedsageligt bidrager til gruppen af monomættede fedtsyrer.	+

LA: Linolsyre (C18:2 n6), ALA: Alfa-linolensyre (C18:3 n3), CLA: Konjugeret linolsyre

### *Mættet fedt (SFA)*

Mælkefedt indeholder 65-70 % mættet fedt, hvoraf palmitinsyre (C16:0) udgør næsten halvdelen. Derudover indeholder mælkefedt også en relativ stor andel af stearinsyre (C18:0), myristinsyre (14:0) og forskellige kortkædede mættede fedtsyrer (C4-C10). Tidligere har et højt indtag af mættet fedt været forbundet med en negativ effekt på serum kolesterol niveauet og derved en øget risiko for hjertekar-sygdomme. Den opfattelse er dog ved at ændre sig og billedet er i dag mere nuanceret (Bier, 2015, Parodi, 2016, Lawrence, 2013). Nye studier viser, at forskellige typer af mættede fedtsyrer kan have forskellige effekter på serum kolesterol niveauet herunder både total, LDL og HDL kolesterol niveauet. Det samlede indhold af mættet fedt giver derfor ikke en entydig indikation af den sundhedsmæssige effekt. Den forventede sundhedsmæssige effekt af de forskellige hovedgrupper af mættet fedt i mælkefedt vil blive gennemgået nedenfor. Det skal dog nævnes, at palmitinsyre, som er den dominerende mættede fedtsyre i mælk, har vist sig at have en negativ effekt på serum kolesterol niveauet – herunder også ratio mellem total kolesterol og LDL-kolesterol.

### *Monoumættet fedt (MUFA)*

Oliesyre (C18:1) er den vigtigste monoumættede fedtsyre i mælkefedt og udgør ca. 20 % af mælkefedtet. Desuden indeholder mælkefedt mindre mængder af 14:1 og 16:1 – henholdsvis ca. 1 % og 3 % af mælkefedtet. Oliesyre kan kun delvist overføres fra foder til mælk i og med, at der i stor udstrækning sker en mikrobiel hydrogenering af umættede fedtsyrer i drøvtyggerses vom. Den primære kilde til oliesyre er derfor enzymatisk omdannelse af stearinsyre (C18:0) i yveret via mammary steroyl-Co-A-desaturase. Der er påvist variation i den enzymatiske aktivitet mellem køer, hvilket kan medføre variation i indholdet af oliesyre (Poulsen et al, 2012).

Indtag af monoumættede fedtsyrer er undersøgt for en række positive sundhedsmæssige effekter bl.a. fordi olivenolie, en rig kilde på oliesyre, udgør en stor del af den såkaldte middelhavsdiet, der kan nedsætte risikoen for udvikling af forskellige livsstilssygdomme. Endvidere er det påvist, at erstatning af mættet fedt med et højere indtag af monoumættet fedt kan bidrage til at nedsætte serum kolesterol niveauet. Mange studier peger på, at indtag af monoumættet fedt derved kan føre til en nedsat risiko for hjertekar-sygdomme (Bhupathiraju, 2011; Flock, 2013). Den direkte sammenhæng mellem indtag af monoumættede fedtsyrer og risikoen for udvikling af hjertekar-sygdomme er dog ikke entydigt påvist, og dette er stadig under diskussion (Bier, 2015).

### *Polyumættet fedt (PUFA)*

Mælkefedt har et relativt lavt indhold af polyumættede fedtsyrer – 3-5 %. Linolsyre (C18:2 n6) udgør 1-3 % af mælkefedtet og er derved den dominerende polyumættede fedtsyre. Desuden indeholder mælkefedt 0,5-2 % linolensyre (C18:3). Da overførsel fra foderet er den primære kilde til både linolsyre og linolensyre i mælkefedt, vil fodertypen være af stor betydning for indholdet af disse. Overførelsen fra foder til mælk vil imidlertid være begrænset, i og med at der sker en mikrobiel hydrogenering af umættede fedtsyrer i drøvtyggerses

vom, og graden af biohydrogenering påvirker derfor også i høj grad det endelige indhold af både linolsyre og linolensyre i mælken.

Sundhedsmæssigt er det påvist, at et højere indtag af polyumættet fedt som erstatning for mættet fedt kan bidrage til at sænke serum kolesterol niveauet, hvilket igen kan have en positiv effekt på risikoen for hjerte-kar-sygdomme (Flock, 2013; Bhupathiraju, 2011). Ved brug af Foss Applikation note 64 skelnes ikke mellem de forskellige typer af polyumættede fedtsyrer. Det skal dog nævnes, at der i litteraturen og dermed også blandt forbrugere er fokus på forholdet mellem omega-6 (n-6) og omega-3 (n-3) fedtsyrer i kosten, hvor en lav ratio mellem n-6 og n-3 er ønskværdig. Denne ratio er dog ikke tilgængeligt med Foss applikation note 64. Der er især fokus på indtag af langkædede omega-3 (n-3) fedtsyrer fra fisk (C20:5 n-3 og C22:6 n-3). Der er endvidere en diskussion af potentielt lignende positive effekter af et øget indtag af alfa-linolensyre (C18:3 n3), men dette ikke er entydigt vist (Rajaram, 2014).

Ud over linolsyre og linolensyre vil konjugeret linolsyre (CLA) også bidrage til indholdet af polyumættede fedtsyrer i mælkefedt. Indholdet af CLA i mælkefedt er på 0,5-1 %, men ved fodertyper med højt indhold af umættede fedtsyrer kan indholdet være højere. Det skyldes, at CLA delvist dannes under bio-hydrogenering af umættede fedtsyrer i koens vom. Omdannelse af især vaccensyre i yveret til CLA er dog også væsentlig. I mælkefedt findes en række isomerer (forskellig opbygning) af CLA, men linolsyre cis-9, trans-11 CLA er den mest udbredte og udgør 80-90 % af det samlede indhold af CLA i mælk. Ud fra en sundhedsmæssig sammenhæng er CLA kendt for at have forskellige bioaktive effekter, og der er i litteraturen indikation på bl.a. anticarcinogene og antiatherogene effekter. En direkte effekt på den almene sundhedstilstand eller sygdomsrisiko er dog ikke påvist (Lock, 2004).

#### *Kortkædede fedtsyrer (SCFA, C4-C10)*

Sammenlignet med andre fedtstoffer har mælkefedt et relativt højt indhold af kortkædede fedtsyrer. Generelt indeholder mælkefedt 10-12 % kortkædede fedtsyrer, og denne gruppe udgøres af C4:0 til C10:0. De kortkædede mættede fedtsyrer dannes primært ved *de novo* syntese i koens mælkekirtler.

På trods af, at denne gruppe tilhører gruppen af mættet fedt, har studier ikke påvist, at et øget indtag påvirker serum kolesterol niveauet negativt (Ulbricht, 1991). Yderligere indikerer studier, at en række af de kortkædede fedtsyrer kan have forskellige bioaktive effekter, selvom en direkte effekt på den almene sundhedstilstand eller sygdomsrisiko ikke er påvist (Lawrence, 2013). Sundhedsmæssig kan denne gruppe derfor betegnes som enten neutral eller ønsket.

#### *Mellemkædede fedtsyrer (MCFA, C12-C16)*

Gruppen af mellemkædede fedtsyrer i mælk indbefatter primært laurinsyre (C12:0), myristinsyre (C14:0) og palmitinsyre (C16:0), da mælkefedt kun indeholder mindre mængder af umættede C12-C16 fedtsyrer. Det er vist, at indtag af både C12:0, C14:0 og C16:0 kan føre til et øget LDL kolesterol niveau. Nyere studier viser

imidlertid, at mellemkædede fedtsyrer også kan bidrage til et øget indhold af HDL kolesterol. Derved vil effekten på forholdet mellem totalt kolesterol og LDL kolesterol være mindre end den direkte effekt på LDL kolesterol (Mensink, 2003). Der foregår en diskussion af, om forholdet mellem totalt kolesterol og LDL kolesterol er en bedre indikator for risikoen for hjerte-kar-sygdomme end LDL kolesterol niveauet alene. Stigningen i HDL kolesterol niveauet er imidlertid mindre for palmitinsyre (16:0) sammenlignet med laurinsyre (12:0) og myristinsyre (14:0). Med udgangspunkt heri er det blevet anført, at reduktion af mættet fedt bør fokusere på palmitinsyre (Givens, 2010). Den direkte effekt af forskellige typer mættede fedtsyrer på risikoen for hjerte-kar sygdomme er dog stadig under diskussion (Bier, 2015).

#### *Langkædede fedtsyrer (LCFA, C18 -)*

Denne gruppe indeholder fedtsyrer med en kædelængde på 18 carbon atomer eller mere og dækker derfor både over stearinsyre og de mest almindelige umættede fedtsyrer i mælkefedt (C18:1, C18:2 og C18:3). Der vil derfor være et stort overlap mellem denne gruppe og andre grupper bestemt ved applikationsnoten. Samlet kan den sundhedsmæssige effekt af langkædede fedtsyrer i mælkefedt antages for positiv, da umættede fedtsyrer generelt antages at have en gavnlige effekt som beskrevet overfor. Stearinsyre antages at have en neutral sundhedsfremmende effekt, hvilket vil blive diskuteret under denne fedtsyre.

#### *Transfedtsyrer*

Transfedtsyrer dækker over fedtsyrer med en eller flere dobbeltbindinger i *trans*-konfiguration i stedet for *cis*-konfiguration. Transfedtsyrer findes i større mængder i industrielt delvist hydrogenerede vegetabiliske olier. Det er vist at indtag af transfedtsyrer fra sådanne kilder har en negativ effekt på serum kolesterol niveauet og herigennem kan bidrage til en øget risiko for hjerte-kar-sygdomme (Mozaffarian, 2006). Mælkefedt indeholder naturligt mindre mængder af naturlige transfedtsyrer – ca. 2,5 %. Disse fedtsyrer dannes under den mikrobielle hydrogenering af umættede fedtsyrer der sker i drøvtyggerses vom, og derfor vil indholdet afhænge af det samlede indtag af umættede fedtsyrer.

Transfedtsyrer i mælkefedt dækker over en bred gruppe af forskellige fedtsyrer der er strukturelt anderledes end transfedtsyrer dannet under industriel hydrogenering af vegetabiliske olier. Dette kan sammen med det relative lave indhold forklare, hvorfor der ikke er påvist de samme negative effekter for transfedtsyrer, der er naturligt tilstede i mælkefedt, som vist for transfedtsyrer tilstede i delvist hydrogenerede vegetabiliske olier (Tardy, 2011; Kuhnt, 2015). Studier indikerer omvendt, at nogle transfedtsyrer i mælkefedt har sundhedsgavnlige effekter. Det gælder for bl.a. CLA, som findes naturligt i mælk og kød fra drøvtyggere (Lock, 2004).

#### *Myristinsyre (C14:0)*

Mælkefedt indeholder ca. 12 % myristinsyre (C14:0) og denne fedtsyre udgør derfor en betydelig del af det samlede indhold af mættet fedt. Indtag af myristinsyre har vist sig at bidrage til den mest markante stigning i HDL kolesterol niveauet sammenlignet med andre mættede fedtsyrer. Et indeks til at vurdere den negative effekt af fedtstoffer på serum kolesterol niveauet har tidligere være anvendt. Her indgår indholdet af



myristinsyre med en faktor 4 sammenlignet med laurinsyre (12:0) og palmitinsyre (16:0) (Ulbricht, 1991). Nye studier viser dog, at indtag af myristinsyre også medfører en stigning i HDL kolesterol niveauet og en samlet påvirkning af ratio mellem total og HDL kolesterol har ikke kunnet påvises (Mensink, 2003). Denne ratio kan som nævnt være en bedre indikation for påvirkningen af risikoen for hjerte-kar-sygdomme sammenlignet med LDL kolesterol niveauet alene (Bier, 2015, Parodi, 2016, Lawrence, 2013).

#### *Palmitinsyre (C16:0)*

Palmitinsyre (C16:0) er den fedtsyre, der findes i størst koncentration i mælkefedt, hvoraf den udgør ca. 30 %. Både overførelse fra foder og *de novo* syntese bidrager betydeligt til indholdet af palmitinsyre. Indtag af palmitinsyre kan medføre et øget LDL kolesterol niveau, men som det er tilfældet for myristinsyre, kan palmitinsyre også føre til et øget HDL kolesterol niveau. Stigningen i HDL kolesterol niveauet er dog mindre for palmitinsyre sammenlignet med myristinsyre (14:0) (Bier, 2015), og baseret herpå er det blevet anført, at reduktion af mættet fedt i kosten bør fokusere på palmitinsyre (Givens, 2010). De direkte negative effekter af palmitinsyre på risikoen for hjerte-kar-sygdomme er dog stadig under diskussion (Bier, 2015; Agostoni, 2015).

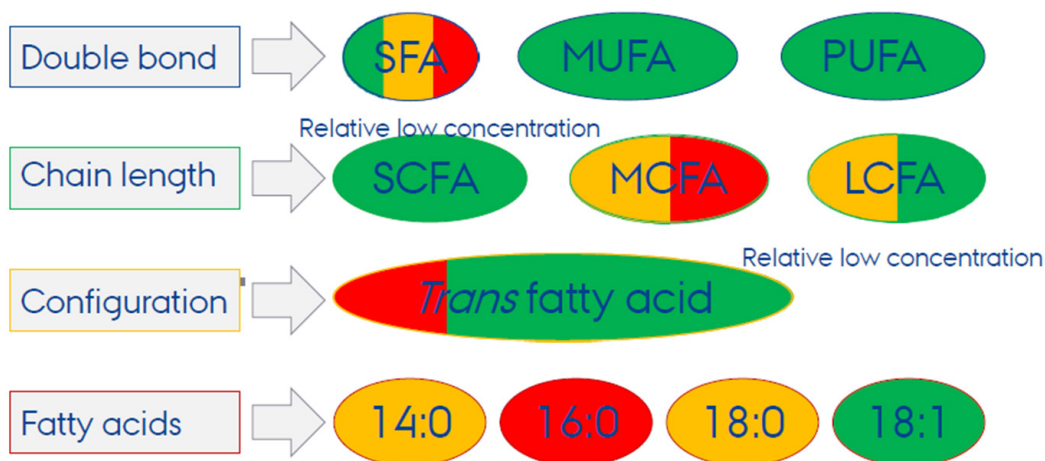
#### *Stearinsyre (C18:0)*

Stearinsyre (C18:0) udgør ca. 10 % af mælkefedtet. Da umættede fedtsyrer i høj grad gennemgår biohydrogenring i koens vom, vil både 18:0 og umættede 18 fedtsyrer i foderet kunne bidrage til at øge indholdet af stearinsyre i mælkefedtet. Modsat de mellemkædede mættede fedtsyrer (C12:0; C14:0 og C16:0) har stearinsyre en neutral effekt på serum kolesterol niveauet – både totalt kolesterol, LDL kolesterol og HDL kolesterol niveauet (Flock, 2013; Mensink, 2003). Effekten på risikoen for hjerte-kar-sygdomme anses derfor for at være neural.

#### *Oliesyre (C18:1)*

Oliesyre (C18:1) udgør ca. 20 % af mælkefedtet og er den primære monumættede fedtsyre. Bestemmelse af indholdet af oliesyre vil derfor overlappende gruppen af monumættet fedt. Som beskrevet under denne gruppe er det påvist, at erstatning af umættet fedt med monumættet fedt kan nedsætte serum kolesterol niveauet. Mange studier peger på, at indtag af monumættet fedt derved kan føre til en nedsat risiko for hjerte-kar-sygdomme (Bhupathiraju, 2011; Bier, 2015; Flock, 2013).

Overordnet peger den viden vi har i dag således på, at en mere sundhedsfremmende fedtsyreprofil opnås ved at øge indholdet af umættet fedt og reducere indholdet af palmitinsyre (C16:0). Blandt de monumættede fedtsyrer udgør oliesyre (C18:1) langt den største andel. Generelt er de kortkædede fedtsyrer og de mellemkædede fedtsyrer neutrale, dog hælder de fleste kortkædede til den sunde side, mens hovedparten af de mellemkædede fedtsyrer hælder til den negative side. Figur 3.1. viser de 11 fedtsyrer/fedt-syregrupper bestemt ved Applikationsnote 64 farvelagt efter vægtning af deres sundhedsfremmende egenskaber.



**Figur 3.1.** De 11 fedtsyrer/fedtsyregrupper bestemt ved Applikationsnote 64 farvelagt efter vægtning af deres sundhedsfremmende egenskaber. Grøn = gunstig, gul = neutral, rød = ugunstig

### Sammenhæng mellem fedtsyreprofil og mejeriprodukters funktionelle egenskaber

Mejeriprodukters sensoriske egenskaber påvirkes af fedtsyreprofilen. Dette gælder i høj grad for fedtrige produkter som smør, smørbare blandingsprodukter og ost. Ved implementering af mælk med en fedtsyreprofil, der er optimeret sundhedsmæssig, er det derfor vigtigt at forstå sammenhængen mellem fedtsyreprofil og egenskaberne for sådanne produkter. Primært vil en øgning af mælken indhold af umættede fedtsyrer betyde, at mælkefedtet bliver mere ustabil og lettere udsat for oxidation (Hermansen et al., 2003).

Fodring har også betydning for den lipolytiske aktivitet i mælken og dermed hydrolyse af fedtsyrer, som forringer mælken aroma og smag og dens egnethed som råvare. I den sammenhæng er der især fokus på fodring med mættet fedt og et øget indhold af den mættede fedtsyre C16:0 (palmitinsyre), som påvirker fedtkuglernes størrelse og øger indholdet af frie fedtsyrer i mælken (FFA-tal). Det sker især i forbindelse med mekanisk påvirkning af mælken – fx som det sker i stor grad i AMS-malkesystemer (Hermansen et al., 2003).



Mælken fedtsyreindhold påvirker mejeriprodukternes funktionelle egenskaber. Foto: Uffe Lauritsen

### *Smør*

Jo mere umættet fedt der er i smørret, jo blødere og mere smørbart er det, jf. effekten ved at berige smør med vegetabiliske fedtsyrer i diverse blandingsprodukter (Hermansen et al., 2003). For smør er der således en positiv sammenhæng mellem et højere indhold af umættet fedt og et blødere produkt, hvilket er vist i en række studier både ved brug af mekanisk test og ved sensorisk evaluering (Bobe, 2003; Couvreur, 2006; Hurtaud, 2010; Stegeman, 1992). Optimering af mælkefedtets fedtsyreprofil ved at nedsætte mængden af palmitinsyre og øge mængde af umættet fedt, kan derfor have en positiv effekt på teksturen, da nedsat hårdhed og øget smørbarhed generelt er ønsket. Dog forventes det, at en relativ stor ændring i fedtsyreprofilen er nødvendig for at opnå en signifikant ændring i teksturen. Smør med 15 % mindre mættet fedt og 44 % mere monoumættet fedt kan resultere i en 38 % blødere tekstur målt ved mekanisk test og en 46 % højere score for smørbarhed ved sensorisk evaluering (Bobe, 2003), mens en ændring på 6 % i mættet fedt og umættet fedt kun har medført et mindre fald i den mekaniske hårdhed (Chen, 2004).

Det er ikke kun forholdet mellem umættet og mættet fedt som kan forventes at have betydning for teksturen af smør. Typen af mættet fedt kan også have en betydning, da medium og langkædede fedtsyrer primært bidrager til teksturdannelse, mens kortkædede fedtsyrer er af mindre betydning. Desuden vil teksturen af smør også afhænge af faktorer som fedtkuglestørrelse og krystalliseringen af fedtet, hvilket igen kan påvirkes af faktorer med forbindelse til foder, malkeprocedure og selve smørfremstillingen.

En øget mængde umættet fedt kan potentielt også have negative effekter på den sensoriske oplevelse af smør. Umættet fedt, specifikt polyumættede fedt, kan føre til øget oxidation (iltning) og derved potentielt fremme udviklingen af uønsket smag (harskning). De fleste studier viser dog, at et øget indhold af umættet fedt i smør ikke resulterer i detekterbare smagsforskelle (Bobe, 2003; Chen 2004; Hurtaud, 2010). Potentielt kan en øget mængde af umættet fedt desuden resultere i problemer med "Oiling-off" – dvs. at den flydende fase separeres fra den faste (De Man, 1956; Wood, 1975). Studier har dog vist, at det er muligt at øge indholdet af umættet fedt uden at introducere sådanne problemer (Chen, 2004; Cadden, 1984).

Det skal dog nævnes her, at for smør anvendt i bageriprodukter er en nedsat hårdhed ikke ønsket og smør med nedsat mængde af mættet fedt og øget umættet fedt er derfor mindre egnet til sådanne applikationer (Hillbrick, 2002). Derudover kan en nedsat mængde af mættet fedt potentielt føre til at mindre rapsolie kan inkorporeres i smørbare produkter.

### *Ost*

Ost er en bred produktkategori, hvor meget forskellige egenskaber er ønsket. Samtidig er ost generelt et mere komplekst produkt sammenlignet med smør, hvilket gør det sværere at relatere ændringer af fedtsammensætningen til ændringer af de sensoriske egenskaber. Mange studier har evalueret effekten af fodertype på ostefremstilling og ostens egenskaber (Coppa, 2011; Chen, 2004; Hurtaud, 2009). Udover fedtsyresammensætningen påvirker fodertypen også faktorer såsom fedtkuglestørrelse, proteinsammensætning og mi-

neralindhold. Disse faktorer kan også være af betydning for ostefremstillingen, og det kan derfor være svært direkte at pege på en sammenhæng mellem ændring i fodertypen, ændringer i fedtsyresammensætning og de funktionelle egenskaber af ost. Generelt viser mange studier, at et øget indhold af umættet fedt kan bidrage til en blødere og mere cremet tekstur for forskellige typer af oste (Coulon, 2004). En mere gummiagtig struktur er dog også blevet påvist som følge af en øget mængde af umættet fedt (Czulak, 1974). Det samme studie viste også, at et øget indhold af umættet fedt kan føre til en mindre acceptabel smag. Andre studier har dog vist, at en relativ stor stigning i indholdet af umættet fedt er muligt uden væsentlige ændringer i den sensoriske oplevelse for forskellige typer af oste (Lightfield, 1993; Baer, 1996; Aigster, 2000).

## **Konklusion**

Effekten af forskellige fedtsyrer og fedtsyregrupper på sundhedsmæssige faktorer er under diskussion og forskningen er ikke entydig. Den viden, vi har i dag, peger dog på, at en mere sundhedsfremmende fedtsyreprofil af mælkefedt kan opnås ved at fokusere på at øge indholdet af umættet fedt og reducere mængden af palmitinsyre. Dette kan også bidrage til at give smør en blødere og mere smørbar tekstur. Sådanne ændringer i fedtsyresammensætningen kan desuden potentielt medføre en mindre ændring i tekstur og smagsdannelse ved osteproduktion selvom dette ikke er påvist endegyldigt.

## **Referencer**

- Agostoni, C., Moreno, L., & Shamir, R. (2015). Palmitic Acid and Health: Introduction. *Critical reviews in food science and nutrition*, (just-accepted)
- Aigster, A., Sims, C., Staples, C., Schmidt, R., & O'keefe, S. F. (2000). Comparison of cheeses made from milk having normal and high oleic fatty acid compositions. *Journal of food science*, 65(5), 920-924.
- Baer, R. J., Lentsch, M. R., Schingoethe, D. J., Madison-Anderson, R. J., & Kasperson, K. M. (1996). Characteristics of milk and reduced fat cheddar cheese from cows fed extruded soybeans and niacin. *Journal of dairy science*, 79(7), 1127-1136.
- Benbrook, C. M., Butler, G., Latif, M. A., Leifert, C., & Davis, D. R. (2013). Organic production enhances milk nutritional quality by shifting fatty acid composition: a United States-wide, 18-month study. *PloS one*, 8(12), e82429.
- Bhupathiraju, S. N., & Tucker, K. L. (2011). Coronary heart disease prevention: nutrients, foods, and dietary patterns. *Clinica Chimica Acta*, 412(17), 1493-1514.
- Bier, D. M. (2015). Saturated fats and cardiovascular disease: interpretations not as simple as they once were. *Critical reviews in food science and nutrition*, (just-accepted).
- Bobe, G., Hammond, E. G., Freeman, A. E., Lindberg, G. L., & Beitz, D. C. (2003). Texture of butter from cows with different milk fatty acid compositions. *Journal of dairy science*, 86(10), 3122-3127.

- Cadden, A. M., & Kennelly, J. J. (1984). Influence of feeding canola seed and a canola-based protected lipid feed supplement on fatty acid composition and hardness of butter. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 17(1), 51-53.
- Chen, S., Bobe, G., Zimmerman, S., Hammond, E. G., Luhman, C. M., Boylston, T. D., ... & Beitz, D. C. (2004). Physical and sensory properties of dairy products from cows with various milk fatty acid compositions. *Journal of agricultural and food chemistry*, 52(11), 3422-3428.
- Coppa, M., Ferlay, A., Monsallier, F., Verdier-Metz, I., Pradel, P., Didienne, R., ... & Martin, B. (2011). Milk fatty acid composition and cheese texture and appearance from cows fed hay or different grazing systems on upland pastures. *Journal of dairy science*, 94(3), 1132-1145.
- Coulon, J. B., Delacroix-Buchet, A., Martin, B., & Pirisi, A. (2004). Relationships between ruminant management and sensory characteristics of cheeses: a review. *Le Lait*, 84(3), 221-241.
- Couvreur, S., Hurtaud, C., Lopez, C., Delaby, L., & Peyraud, J. L. (2006). The linear relationship between the proportion of fresh grass in the cow diet, milk fatty acid composition, and butter properties. *Journal of dairy science*, 89(6), 1956-1969.
- Czulak, J., Hammond, L. A., & Horwood, J. F. (1974). Cheese and cultured dairy products from milk with high linoleic acid content: I. Manufacture and Physical and Flavour Characteristics. *Australian Journal of Dairy Technology*, 29(3), 124.
- De Man, J. M., & Wood, F. W. (1958). Oiling-off properties of butter. *Journal of Dairy Science*, 41(3), 369-374.
- Flock, M. R., & Kris-Etherton, P. M. (2013). Diverse physiological effects of long-chain saturated fatty acids: implications for cardiovascular disease. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 16(2), 133-140.
- Givens D.I. (2010) Milk and meat in our diet: good or bad for health? 4(12), 1941-1952.
- Hillbrick, G., & Augustin, M. A. (2002). Milkfat characteristics and functionality: opportunities for improvement. *Australian journal of dairy technology*, 57(1), 45.
- Hurtaud, C., Peyraud, J. L., Michel, G., Berthelot, D., & Delaby, L. (2009). Winter feeding systems and dairy cow breed have an impact on milk composition and flavour of two Protected Designation of Origin French cheeses. *animal*, 3(09), 1327-1338.
- Hurtaud, C., Faucon, F., Couvreur, S., & Peyraud, J. L. (2010). Linear relationship between increasing amounts of extruded linseed in dairy cow diet and milk fatty acid composition and butter properties. *Journal of dairy science*, 93(4), 1429-1443.
- Kuhnt, K., Degen, C., & Jahreis, G. (2015). Evaluation of the Impact of Ruminant trans Fatty Acids on Human Health: Important Aspects to Consider. *Critical reviews in food science and nutrition*, (just-accepted).

- Lawrence, G. D. (2013). Dietary fats and health: dietary recommendations in the context of scientific evidence. *Advances in Nutrition: An International Review Journal*, 4(3), 294-302.
- Lightfield, K. D., Baer, R. J., Schingoethe, D. J., Kasperson, K. M., & Brouk, M. J. (1993). Composition and flavor of milk and Cheddar cheese higher in unsaturated fatty acids. *Journal of dairy science*, 76(5), 1221-1232.
- Lock, A. L., & Bauman, D. E. (2004). Modifying milk fat composition of dairy cows to enhance fatty acids beneficial to human health. *Lipids*, 39(12), 1197
- Mensink, R. P., Zock, P. L., Kester, A. D., & Katan, M. B. (2003). Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: a meta-analysis of 60 controlled trials. *The American journal of clinical nutrition*, 77(5), 1146-1155.
- Mozaffarian, D., Katan, M. B., Ascherio, A., Stampfer, M. J., & Willett, W. C. (2006). Trans fatty acids and cardiovascular disease. *New England Journal of Medicine*, 354(15), 1601-1613.
- Parodi, P. W. (2016). Dietary guidelines for saturated fatty acids are not supported by the evidence. *International Dairy Journal*, 52, 115-123.
- Poulsen, N. A., Gustavsson, F., Glantz, M., Paulsson, M., Larsen, L. B., & Larsen, M. K. (2012). The influence of feed and herd on fatty acid composition in 3 dairy breeds (Danish Holstein, Danish Jersey, and Swedish Red). *Journal of dairy science*, 95(11), 6362-6371.
- Rajaram, S. (2014). Health benefits of plant-derived  $\alpha$ -linolenic acid. *The American journal of clinical nutrition*, 100(1), 443S-448S.
- Salter, A. M. (2013). Dietary fatty acids and cardiovascular disease. *Animal*, 7(1), 163-171.
- Schwendel, B. H., Wester, T. J., Morel, P. C. H., Tavendale, M. H., Deadman, C., Shadbolt, N. M., & Otter, D. E. (2015). Invited review: Organic and conventionally produced milk—An evaluation of factors influencing milk composition. *Journal of dairy science*, 98(2), 721-746.
- Stegeman, G. A., Baer, R. J., Schingoethe, D. J., & Casper, D. P. (1992). Composition and flavor of milk and butter from cows fed unsaturated dietary fat and receiving bovine somatotropin. *Journal of dairy science*, 75(4), 962-970.
- Tardy, A. L., Morio, B., Chardigny, J. M., & Malpuech-Brugere, C. (2011). Ruminant and industrial sources of trans-fat and cardiovascular and diabetic diseases. *Nutrition research reviews*, 24(01), 111-117
- Ulbricht, T. L. V., & Southgate, D. A. T. (1991). Coronary heart disease: seven dietary factors. *The Lancet*, 338(8773), 985-992.
- Wood, F. W., Murphy, M. F., & Dunkley, W. L. (1975). Influence of elevated polyunsaturated fatty acids on processing and physical properties of butter. *Journal of Dairy Science*, 58(6), 839-845.

## Fedtsyremålinger fra danske køer

Lisa Hein og Lars Peter Sørensen, SEGES Kvæg

Fedtsyreindholdet er målt i mælkeprøverne i over et år fra samtlige ydelseskontrollerede køer ved hjælp af Foss Applikations Note 64 og er opdelt i 11 fedtsyrer/-grupper. I dette kapitel er der en kort beskrivelse af metoden og en gennemgang af de opnåede resultater.

### Metode

Til måling af fedtsyrer i mælk bruges der hovedsagelig to metoder: Gaskromatografi og midt infrarød (MIR) spektroskopi. De fleste studier, der har fokuseret på en detaljeret fedtsyresammensætning i mælk, har brugt gaskromatografi. Gaskromatografi giver et godt estimat for mælkens fedtsyresammensætning og betragtes som den officielle metode til måling af fedtsyrer i mælk, men metoden er både tidskrævende og relativt dyr. Konsekvensen heraf er, at videnskabelige studier, som har brugt metoden til at analysere mælkens fedtsyresammensætning, generelt er baseret på forholdsvis få mælkeprøver. Til beregning af nøjagtige genetiske parametre kræves ofte mere en 10.000 fænotyper (mælkeprøver), derfor er gaskromatografi ikke brugbar til at generere store datamængder.

Midt infrarød spektroskopi er en alternativ metode til på stor skala at prædiktere fedtsyrer i mælk (Soyeurt et al., 2006a). Fedtsyresammensætning måles på et lille antal mælkeprøver med både gaskromatografi og MIR spektroskopi. MIR spektrene bruges derefter til at prædiktere de specifikke fedtsyrer, som er målt ved hjælp af gaskromatografi. Når MIR spektrene er valideret, kan de nye prædiktionsligninger anvendes i stor skala. Fordelen ved MIR spektroskopi er, at det allerede er implementeret og anvendes til måling af fedt, protein og laktose i mælkeprøver via RYK (Registrering og YdelsesKontrol) og med FOSS applikationsnote 64 kan fedtsyregrupper (SFA, MUFA, PUFA, SCFA, MCFA, LCFA og transfedtsyrer) samt enkeltfedtsyrer (C14:0, C16:0, C18:0 og C18:1) nu måles i stor skala. Tilsammen vil det danne grundlaget for bestemmelse af fedtsyreprofiler for danske malkekøer, og siden maj 2015 har RYK opsamlet information om fedtsyreindhold i mælken fra danske køer. Fedtsyreindholdet er angivet som g/100 g mælk.

Fedtsyrerne omregnes fra g/100 g mælk til g/100 g fedt. Dette gøres ved hjælp af følgende formel:

$$g \text{ fedtsyre} / 100 g \text{ fedt} = \frac{g \text{ fedtsyre} / 100 g \text{ mælk}}{(SFA + MUFA + PUFA) / 100 g \text{ mælk}} \cdot 100$$

## Data

Fra 1. maj 2015 til 30. april 2016 er der opsamlet totalt 5.225.353 fedtsyreobservationer fra danske malkekøer. Alle data er herefter redigeret efter en række kriterier som har til formål at sikre at fejlmålinger ikke indgår i data. Er et kriterie ikke opfyldt for en observation slettes denne fra datasættet.

### *Krav til data*

Hver observation skal indeholde værdier for alle 11 fedtsyrekategorier. Værdien for PUFA må ikke være højere end værdien for MUFA - normalt er andelen af MUFA og PUFA i forhold til total fedt hhv. 27-33 % og 3-5 %. Er andelen af PUFA større end eller lig med MUFA må der nødvendigvis være tale om en fejlmåling. Hvis forholdet mellem fedtsyresum (SFA+MUFA+PUFA, g/100g mælk) og totalfedt, g/100g mælk, for en observation er mindre end 0,825 eller større end 1,075, fjernes denne fra datasættet for at frasortere fejlmålinger af enten den samlede fedtprocent eller på alle eller nogle af fedtsyrefraktionerne (5 % af data sorteres fra pga. dette). Derudover frasorteres observationer med de 1 % mest afvigende værdier. Summen af SCFA, MCFA og LCFA udgør hele fedtydelsen, ligesom summen af SFA, MUFA og PUFA også gør. Er summen af SCFA, MCFA og LCFA, som procent af summen af MUFA, PUFA og SFA, mindre end 84 eller større end 104 for en observation, frasorteres denne (1 % af data sorteres fra pga. dette), da større udsving end dette regnes for store fejlmålinger. Hvis der er flere observationer pr. kontroldato pr. ko anvendes gennemsnittet af disse.

For en ko kan indgå i datasættet, skal kælvningsdatoen være kendt, da det skal være muligt at beregne antal dage efter kælvning (days in milk; DIM). Kun køer af racerne Dansk Holstein (DH), Rød Dansk Holstein (DRH), Dansk Jersey, Rød Dansk Malke race (RDM) og krydsninger indgår i datasættet. En ko skal være mellem 8 og 305 dage fra kælvning for at data anvendes. Fedtprocenterne må ikke være højere end 8 for RDM og Holstein, højere end 10 for krydsninger og højere end 12 for Jersey. Højere værdier kan skyldes stofskiftelidelser, f.eks. ketose, og giver derfor ikke et reelt indtryk af, hvad koens fedtsyreydelse er. Koen skal som minimum yde 2 kg mælk. Køer i 7. eller senere laktation frasorteres. Endvidere skal der for hver besætning være angivet en brugsart, konventionel eller økologi.

Det fulde datasæt bestod efter redigering af i alt 3.517.272 fedtsyremålinger fordelt på 659.991 køer.

### *Dataanalyse*

Køerne inddeles i 4 racegrupper: Røde racer (RDM+FAY), Holstein (DH+DRH), Jersey og krydsninger. Paritet inddeles i 3 grupper: 1. laktation, 2. laktation og 3.-6. laktation. Endvidere inddeles hver laktation i intervaller af 30 dage, hvor det første interval dog udgør 8-30 DIM og det sidste 271-305 DIM. Endelig inddeles besætningerne efter brugsart. Fordelingen af antal køer i de omtalte grupper er vist i Tabel 2.



**Tabel 2.** Antal observationer fordelt på racegruppe og brugsart

Racegruppe	Konventionel	Økologi	I alt
Holstein	2.254.111	226.276	2.480.387
Røde racer	214.676	18.279	232.955
Jersey	402.379	33.204	435.583
Krydsninger	297.627	70.720	368.347
I alt	3.168.793	348.479	3.517.272

Data for de enkelte fedtsyrekategorier er analyseret for at bestemme effekt af race, brugsart, sæson (måned), laktationsstadiet og paritet. Baseret på litteraturgennemgangen i kapitel 3 er der i analyserne primært fokuseret på MUFA, PUFA, SCFA og C16:0. Gennemsnittene for de enkelte fedtsyrer er således korrigeret for effekt af race, paritet, brugsart, måned, laktationsinterval, samt vekselvirkning mellem race og brugsart og mellem brugsart og måned. Hvis for eksempel MUFA vises som gennemsnit indenfor race, for at vise effekt af race, er MUFA som procent af summen af SFA, MUFA og PUFA korrigeret for effekten af de øvrige faktorer nævnt herover.

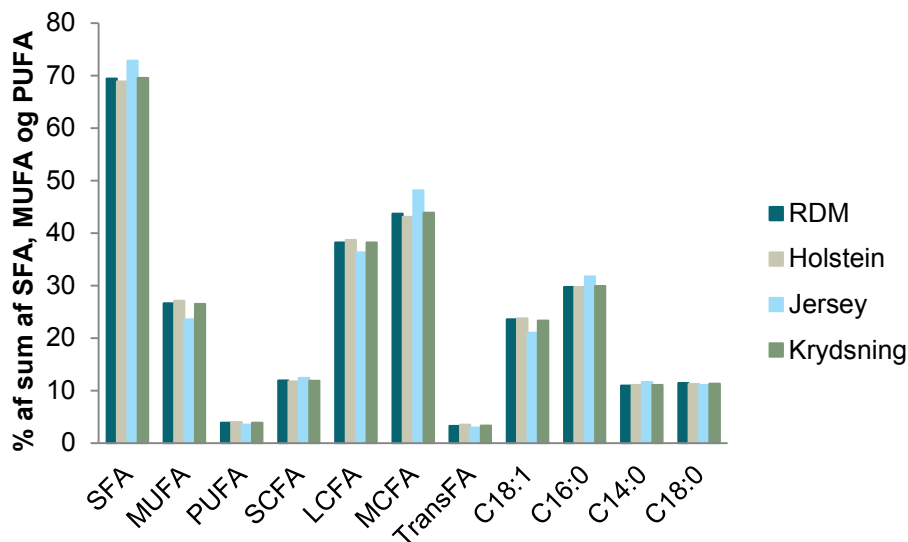
## Resultater

Det omfattende datasæt med 3,5 millioner fedtsyremålinger fordelt på 660.000 køer betyder, at når der i nærværende afsnit angives højere eller lavere forskelle, er disse i alle tilfælde forskellige med minimum 95 % sandsynlighed.

### *Effekt af race*

I Figur 1 ses det gennemsnitlige indhold af de 11 fedtsyrekategorier i mælken opdelt efter race. Jersey adskiller sig fra de øvrige racegrupper ved en højere andel af SFA, SCFA, MCFA og C16:0 og lavere andel af MUFA, PUFA, LCFA og C18:1. Holstein har den laveste andel af SFA, MCFA og SCFA og højeste andel af MUFA, LCFA, C18:1 og PUFA. Forholdet mellem fedtsyrekategorierne hos de røde racer og krydsninger ligger tættere på fordelingerne hos Holstein end hos Jersey, men er stadig forskellige fra Holstein, med undtagelse af C14:0 for krydsninger. Endvidere er de også forskellige fra hinanden. Jersey udviser i øvrigt mindre variation i fedtsyrefordelingen i forhold til de øvrige racegrupper.

Da MUFA, C18:1 og PUFA hører til de ønskede fedtsyrer, og C16:0 er en af de uønskede fedtsyrer, har Jersey derfor sandsynligvis en mindre sund fordeling af fedtsyrer i mælken. SCFA, som Jersey har mere af end de øvrige racer, er dog også en af de sunde grupper af fedtsyrer.



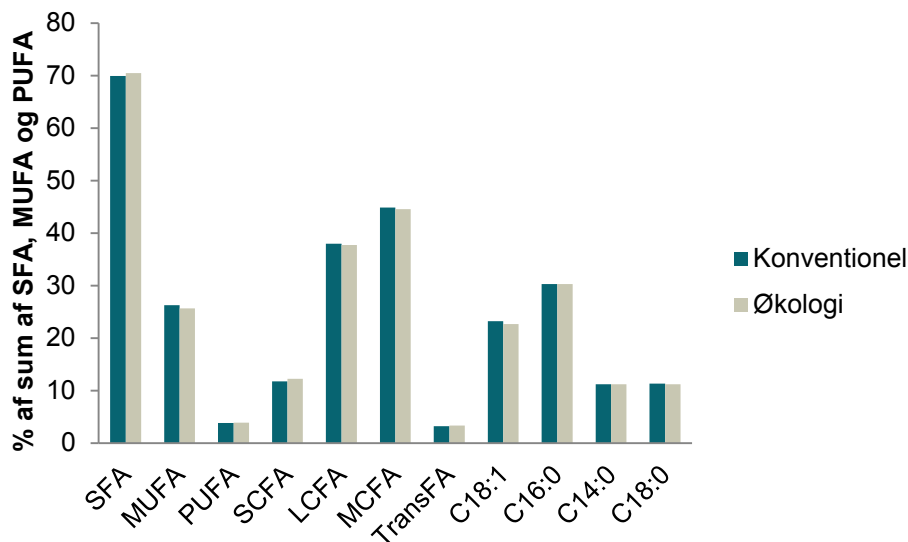
**Figur 1.** Fordeling af fedtsyrer hos de fire racegrupper

Med undtagelse af resultaterne for C16:0, stemmer disse resultater fint overens med resultater fra andre studier, som fandt de største forskelle i fedtsyrekoncentrationer i mælken mellem Holstein og Jersey. Jersey-mælk er karakteriseret ved at have større koncentrationer af kort- og mellemkædede SFA sammenlignet med Holstein (Beaulieu og Palmquist, 1995; White et al., 2001, Poulsen et al, 2012), mens der ikke var forskel på indholdet af C16:0. Forskellighederne mellem Holstein og Jersey var generelt de samme, når fedtsyreindholdet blev målt ved hjælp af MIR spektroskopi.

#### Effekt af brugsart

I figur 4.2 er angivet den gennemsnitlige andel af fedtsyrer i forhold til summen af SFA, MUFA og PUFA. Indholdet af SFA, SCFA, C16:0 og PUFA er generelt højere i mælk fra køer fra økologiske besætninger med gennemsnit på hhv. 70,46, 12,22, 30,30 og 3,86 i økologiske besætninger og 69,93, 11,76, 30,27 og 3,81 i konventionelle besætninger. Andelen af MUFA og C18:1 er lavere i mælk fra økologiske besætninger med hhv. 25,67 og 22,64 i mælk fra økologiske besætninger og 26,26 og 23,20 i mælk fra konventionelle besætninger, MUFA udgøres for en stor del af C18:1.

Da et højere indhold af SCFA, MUFA og PUFA og lavere indhold af C16:0 er ønskelig, er det derfor vanskeligt på nuværende tidspunkt at vurdere, fra hvilken produktionstype mælken er sundest. Forskellene for PUFA og C16:0 er små, hhv. 0,05 og 0,03. Forskellene for MUFA og SCFA er lidt større, hhv. 0,59 % point og 0,47 % point. Regnes alle de ønskede fedtsyrer som lige gode og den uønskede som tilsvarende dårlig, kan der argumenteres for, at det er mælk fra de konventionelle besætninger, som har den sundeste fedtsyresammensætning.



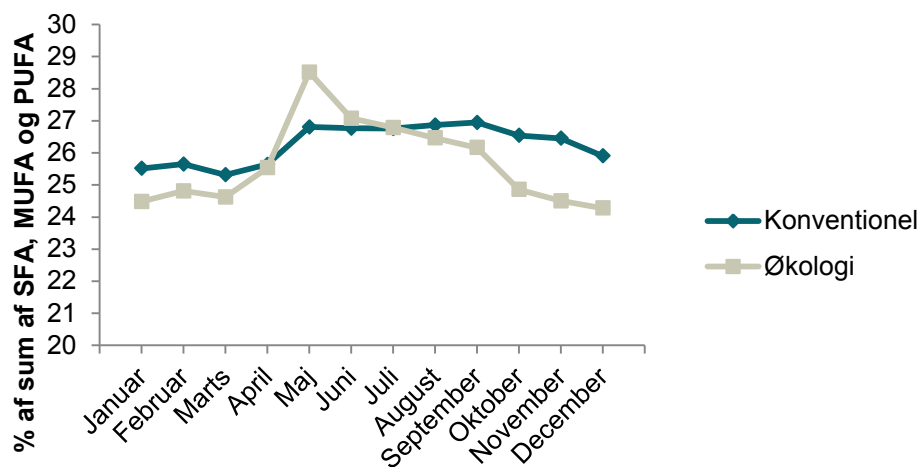
**Figur 2.** Gennemsnitlig andel af fedtsyrer i forhold til summen af SFA, MUFA og PUFA for Holstein køer i hhv. konventionelle og økologiske besætninger

#### Sæsoneffekt

Ses der i stedet på forskelle på fedtsyresammensætningen i mælk fra økologiske og konventionelle besætninger hen over året (figur 4.3-4.6), er der stor forskel på, hvornår de enkelte fedtsyregrupper har den højeste eller laveste gennemsnitlige andel. F.eks. er andelen af MUFA højere i mælk fra økologiske besætninger i maj og juni end i mælk fra konventionelle besætninger. I resten af året er andelen højest i mælk fra konventionelle besætninger. Andelen af C16:0 er lavere i mælk fra økologiske besætninger end i mælk fra konventionelle i april til september, og i de samme måneder er andelen af PUFA højest i mælk fra økologiske besætninger. Som den eneste er andelen af SCFA højest i mælk fra økologiske besætninger hele året. Andelen af de enkelte fedtsyrer og grupper af fedtsyrer varierer over året for mælk fra både økologiske og konventionelle besætninger, men de største udsving ses i mælk fra økologiske besætninger.

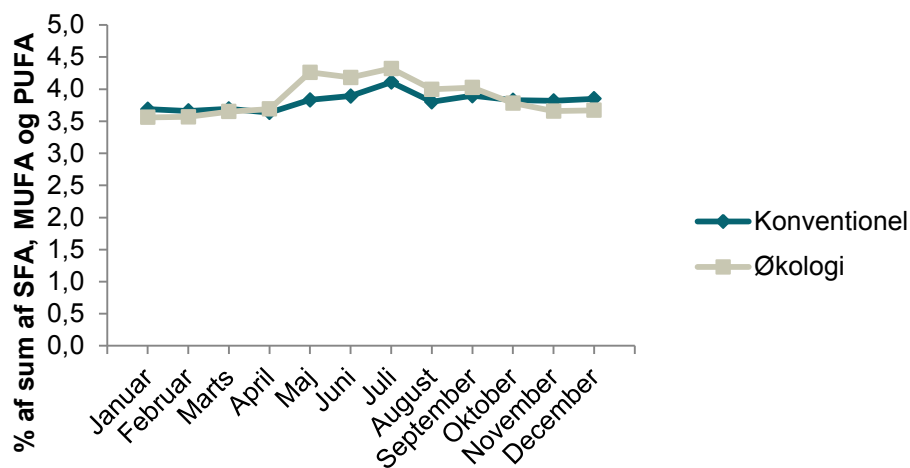
Det er for mælk fra økologiske besætninger specielt maj, som skiller sig ud. Dette er kort efter, at køerne er kommet på græs. Det ser derfor ud til, at frisk græs har en stor betydning på fedtsyresammensætningen i mælken. Sæsonforskellen i maj-juli kan dog ikke nødvendigvis kun forklares med græsfodring. Da der også ses betydelige sæsonændringer for mælk fra konventionelle besætninger, hvor køerne i nogle af disse, men ikke alle, kommer på græs i sommerhalvåret. For at se effekten af græsfodring alene, vil der derfor skulle sammenlignes mellem en gruppe af græsfodrede køer og en gruppe af køer, hvor ingen havde adgang til frisk græs.

## MUFA



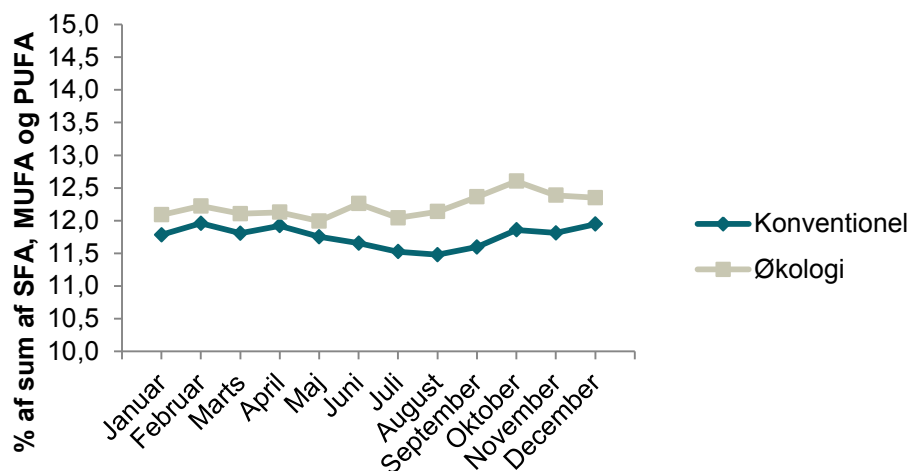
**Figur 3.** Gennemsnitlig andel af MUFA i forhold til af summen af SFA, MUFA og PUFA i økologiske og konventionelle besætninger vist per måned

## PUFA



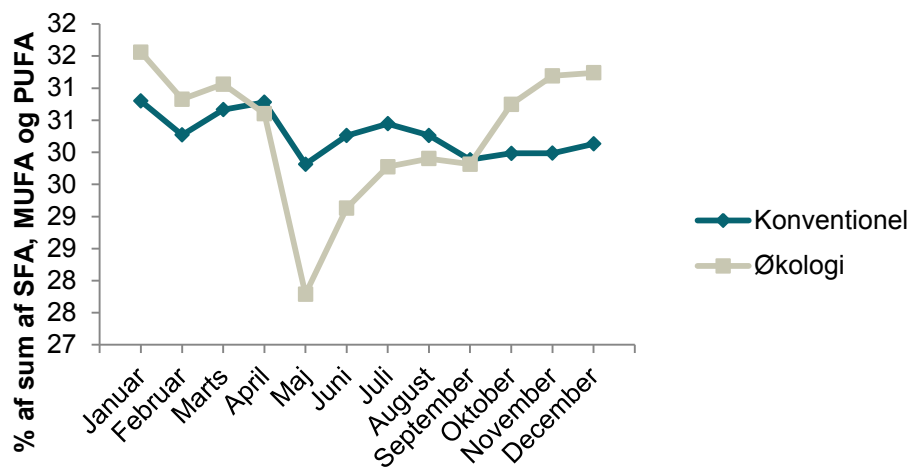
**Figur 4.** Gennemsnitlig andel af PUFA i forhold til af summen af SFA, MUFA og PUFA i økologiske og konventionelle besætninger vist per måned

## SCFA

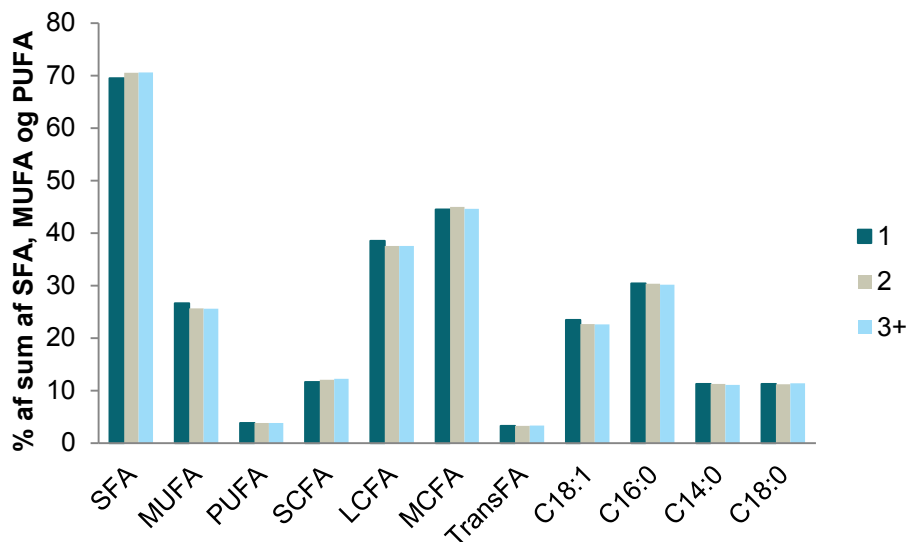


Figur 5. Gennemsnitlig andel af SCFA i forhold til af summen af SFA, MUFA og PUFA i økologiske og konventionelle besætninger vist per måned

## C16:0

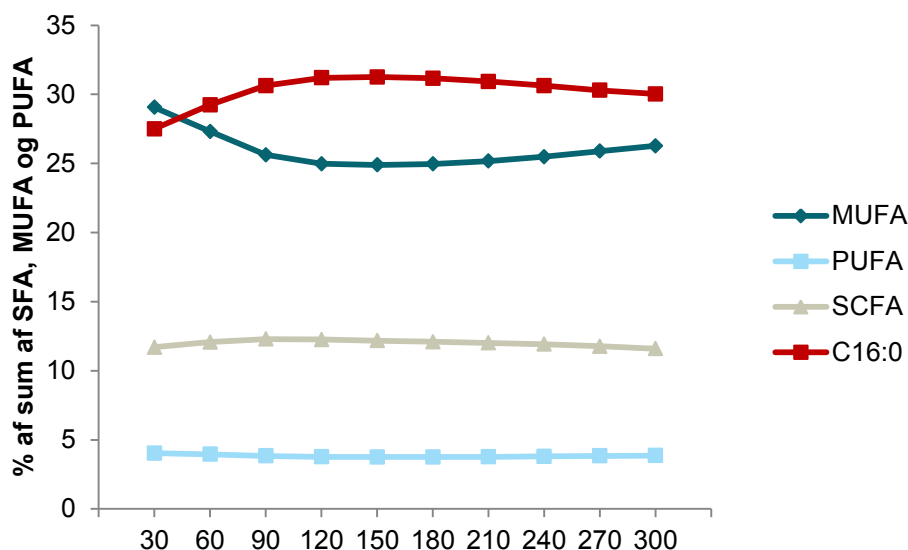


Figur 6. Gennemsnitlig andel af C16:0 i forhold til af summen af SFA, MUFA og PUFA i økologiske og konventionelle besætninger vist per måned



**Figur 7.** Gennemsnit af fedtsyrer som procent af summen af SFA, MUFA og PUFA for Holstein køer i 1., 2. og 3.-6. laktation

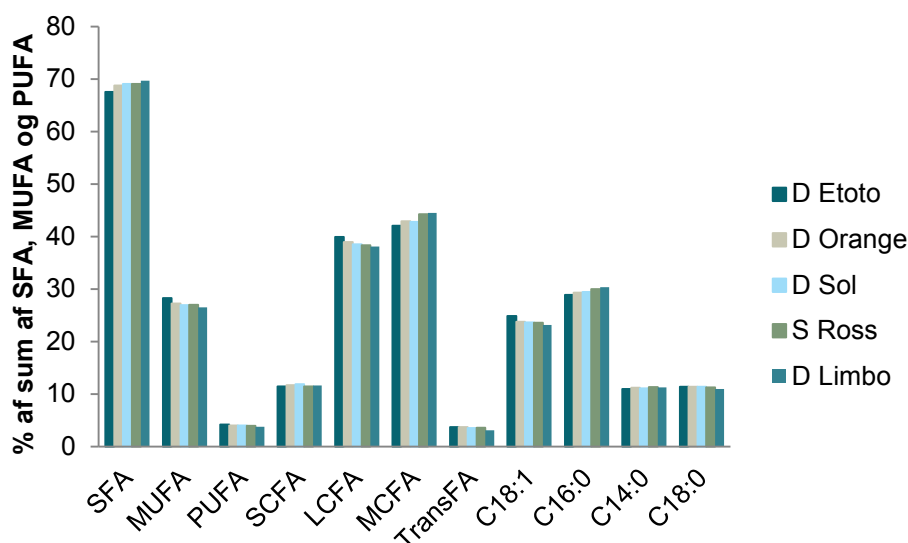
Andelen af SFA og SCFA er stigende med laktationsnummer. SFA stiger fra 69,50 i første laktation til 70,57 i gruppen af 3. og senere laktationer, SCFA stiger fra 11,63 i første laktation til 12,26 i gruppen med 3. og senere laktationer. Andelen af MUFA, C18:1 og C16:0 er derimod signifikant faldende, med 26,65, 23,49 og 30,39 i første laktation og 25,59, 22,62 og 30,14 i gruppen med 3. og senere laktationer for hhv. MUFA, C18:1 og C16:0 (figur 4.7).



**Figur 8.** Gennemsnit af MUFA, PUFA, SCFA og C16:0 som procent af summen af SFA, MUFA og PUFA på forskellige laktationsstadier

Fordelingen af fedtsyrer ændrer sig gennem laktationen (figur 4.8). Andelen af MUFA er størst først i laktationen (29,07) og falder herefter til midt i laktationen (24,90, 150 DIM) hvorefter der ses en lille stigning til 26,28 sidst i laktationen. C16:0 er derimod mindst først i laktationen (27,51) stiger til 31,26 midt i laktationen og falder herefter igen til 30,03. For SCFA og MUFA er der mindre udsving, SCFA er højest omkring 90 DIM og PUFA er lavest midt i laktationen (se kapitel 2)

For alle fedtsyrer og grupper af fedtsyrer ligger enten den højeste eller laveste andel af denne i de første 30 dage efter kælvning.



**Figur 9.** Genetisk effekt for fedtsyresammensætningen vist som afkomsgennemsnit for de 5 Holsteintyre med flest døtreobservationer

Den genetiske effekt af fedtsyresammensætningen er vist i figur 4.9 som afkomsgennemsnit fra de fem Holsteintyre med flest døtre med observationer i datasættet. Tyrene havde mellem 61.531 og 89.858 døtreobservationer. Der kan ses tydelig forskel på alle fedtsyregrupper og fedtsyrer på de 5 tyre, der ikke var selekteret for fedtsyresammensætning. Dette indikerer også, at der er genetisk variation for fedtsyregrupperne og de enkelte fedtsyrer, og at det er muligt at påvirke fedtsyresammensætningen gennem avl, se fx Bilal et al. (2012). Det er dog nødvendigt med videre undersøgelse for at bekræfte dette, specielt fordi den genetiske fremgang afhænger af den genetiske korrelation med andre fedtsyregrupper.

## Konklusion

Resultaterne fra dette studie viser, at der er flere faktorer, som påvirker mælkenes fedtsyresammensætning: Race, laktationsstadium, laktationsnummer, brugsart, og måned. De store forskelle indenfor brugsart og måned bekræfter, at der med ændret management, specielt fodringen, kan ændres på fedtsyrefordelingen. Frisk nyt græs ser ud til at have en stor positiv indflydelse på dette. Fedtmobilisering ved laktationsstart ser også ud til at have en indflydelse, da fedtsyrerprofilen de første 30 dage i laktationen skiller sig tydeligt ud fra de senere laktationsstadier. Noget af forskellen i sammensætningen over laktationen kunne også tænkes at have en

sammenhæng med drægtighedsstadiet. Der er selvfølgelig forskel på, hvornår i laktationen koen bliver drægtig igen og for at konkludere, om drægtighedsstadiet har en betydning, ville der derfor også skulle analyseres mere specifikt for dette.

### **Referencer**

Bilal, G., R. I Cue, A. F. Mustafa & J. F. Hayes (2012). Short communication: Estimates of heritabilities and genetic correlations among milk fatty acid unsaturation indices in Canadian Holsteins. *J. Dairy Sci* 95:7367-7371.

Soyeurt, H., P. Dardenne, A. Gillon, C. Croquet, S. Vanderick, P. Mayeres, C. Bertozzi & N. Gengler (2006). Variation in fatty acid contents of milk and milk fat within and across breeds. *J. Dairy Sci.* 89:4858-4865.



## Arvbarheder og genetiske sammenhænge - analyser af data fra danske køer

Lisa Hein<sup>1</sup>, Lars Peter Sørensen<sup>1</sup> og Albert Johannes Buitenhuis<sup>2</sup>

<sup>1</sup>SEGES Kvæg, <sup>2</sup>Institut for Molekylærbiologi og Genetik, Aarhus Universitet

Avl for en ændret eller bestemt fedtsyresammensætning i mælken er en mere permanent løsning sammenlignet med fodringsrelaterede tiltag. Når der gøres brug af den avlsmæssige variation for fedtsyresammensætning, er det muligt at ændre koens genetiske potentiale for at producere mælk med en ønsket fedtsyresammensætning. Dog kræves det, at der udvikles et selektionsindeks, før den ønskede avlsfremgang på populationsniveau kan opnås. Og før det er muligt at designe et selektionsindeks, er det nødvendigt at kende de genetiske parametre, arvbarheder ( $h^2$ ) og genetiske korrelationer ( $r_g$ ) for de nye fedtsyreegenskaber, her de 11 fedtsyrekategorier bestemt med Foss Applikationsnote 64.

Arnoult og Soyeurt (2009) giver et detaljeret overblik over den genetiske variation forbundet med fedtsyrer i mælken. Deres konklusion var, at det var vanskeligt at sammenligne de forskellige studier, de citerer i artiklen, pga. af forskelligheder med hensyn til definition af fedtsyrekoncentrationen i mælk som en egenskab samt mængden af data, der var til rådighed for hvert studie. Der blev også observeret betydelige forskelle i de statistiske modeller, der var brugt til analyse af data. Dog bekræftede alle studierne, at fedtsyrekoncentrationen i mælk og mælkefedt udviser avlsmæssig variation, som er en forudsætning for genetisk selektion. Endvidere blev det antaget, at koncentrationer af fedtsyrer i mælk udtrykt som gram per 100 gram mælk eller gram per liter mælk har en større arvbarhed sammenlignet med koncentrationer af fedtsyrer i mælk udtrykt som gram per 100 gram fedt eller vægt %.

Bilal et al. (2014) anvendte gaskromatografi til måling af fedtsyreindhold i mælk fra canadiske Holstein køer. De estimerede moderate arvbarheder for total SFA, total MUFA og total PUFA på hhv. 0,20; 0,21 og 0,15. Tilsvarende beregnede Pegolo et al. (2016) arvbarheder på 0,15; 0,13 og 0,11 for italiensk Brown Swiss køer. Disse resultater afviger fra Krag et al. (2013), som estimerede arvbarheder for SFA, MUFA og PUFA for danske Holstein køer på hhv. 0,09; 0,34 og 0,28. Dog skal det nævnes, at antallet af køer, der blev anvendt i det danske studie, var væsentligt lavere sammenlignet med Bilal et al. (2014) og Pegolo et al. (2016). Derfor er standardfejlene på estimaterne væsentligt større i Krag et al. (2013) studiet sammenlignet med Bilal et al. (2014) og Pegolo et al. (2016). Udfordringen er at lave en retfærdig sammenligning af studierne, da udfordringerne nævnt i Arnoult og Soyeurt (2009) også gør sig gældende her. Der var betydelige forskelle med hensyn til datamængde, race og de statistiske modeller, der blev anvendt til analyse af data. Ud fra studier publiceret efter Arnoult og Soyeurt (2009) er det dog åbenlyst, at indholdet af SFA, MUFA og PUFA i mælk fra køer udviser genetisk variation. Dvs. at det er muligt at selektere henimod et fordelagtigt avlsmål set fra et sundhedsmæssigt perspektiv.

Indtil videre har genetiske studier vedrørende specifikke fedtsyrer i mælk fokuseret på estimering af arvbårheder. I tilfælde, hvor der blev estimeret genetiske korrelationer, var det mellem de forskellige fedtsyrer/fedtsyregrupper i mælken og ikke mellem fedtsyren og andre egenskaber inkluderet i avlsmålet for malkekøveg, f.eks. produktion, sundhed, frugtbarhed og eksteriør. Generelt er der negativ additiv genetisk korrelation mellem SFA og MUFA og PUFA grupperne, mens der er en positiv genetisk korrelation mellem MUFA og PUFA (Pegolo et al., 2016). Den genetiske korrelation mellem SFA og MCFA er positiv mens de genetiske korrelationer mellem SFA og LCFA og *trans*fedtsyrer er negative (Pegolo et al., 2016). Disse resultater er i tråd med Buitenhuis et al. (2014) som foretog genetiske analyser af detaljerede fedtsyrer på data fra Dansk Holstein og Jersey.

#### *Forventninger vedrørende FOSS Application Note 64*

Det største problem relateret til de førnævnte studier er det forholdsvis lille antal observationer, da det reducerer nøjagtigheden af de genetiske parametre. I nærværende tilfælde kan dette løses ved at indsamle data for specifikke fedtsyregrupper og nogle specifikke fedtsyrer fra alle køer i det danske mælkekontrollsystem i en periode på 12 mdr. (se kapitel 4). Den store mængde data betyder, at der kan foretages en mere nøjagtig analyse af fedtsyregrupperne, inklusiv beregning af raceforskelle, sæsonafvigelser, besætningseffekter, arvbårheder og additiv genetiske korrelationer til andre egenskaber i avlsmålet. Størrelsen på  $h^2$  siger, hvor stor en andel af en fænotype, f.eks. fedtydelse, der skyldes arv – altså hvor meget afkommet ligner forældrene. En egenskab med  $h^2 = 0,10$  vil derfor være væsentligt mere påvirket af det omkringliggende miljø (fodring, management mm.) sammenlignet med en egenskab med  $h^2 = 0,60$ . Den additive genetiske korrelation siger noget om, hvor meget to egenskaber ligner hinanden, dvs. om egenskaberne er påvirket af de samme gener. Denne sammenhæng kan skyldes enten pleiotropi, dvs. ét gen, der påvirker 2 eller flere egenskaber og/eller koblede gener, dvs. samtidig nedarvning af to tætsiddende gener, der hver især påvirker én egenskab.

#### **Genetiske analyser af data fra danske køer**

De følgende afsnit præsenterer de første resultater af genetiske analyser af fedtsyredata indsamlet fra danske køer via RYK (Registrering og YdelsesKontrol) i en periode på 13 måneder fra 1. maj 2015 til 31. maj 2016. Data er redigeret jf. kapitel 4, dog med den undtagelse, at data fra maj 2016 også indgår her.

#### *Metode*

Estimering af arvbårheder ( $h^2$ ) for og genetiske korrelationer ( $r_g$ ) mellem de enkelte fedtsyrekategorier ( $N = 11$ ) er foretaget med en såkaldt tyremodel. I modellen indgår effekt af besætning ( $N = 3$ ), paritet ( $N = 3$ ), måned ( $N = 12$ ) og år ( $N = 2$ ).

For hver fedtsyrekategori er responsvariablen (egenskaben) defineret på to forskellige måder: (1) procent af summen af MUFA, PUFA og SFA (%) og (2) gennemsnitlig fedtsyreydelse i gram. Modellen køres for begge egenskabsdefinitioner for hvert laktationsinterval ( $N = 4$ , se kap. 4) og for alle tre racegrupper, dansk Holstein

(DH), dansk Jersey (DJ) og rød dansk malke race (RDM). Afstamningsinformation er sporet seks generationer tilbage. I tabel 5.1 er angivet detaljer for de genetiske analyser for hver race. Her er kun angivet detaljer for første laktationsinterval, da antallet af observationer ikke er ens i de forskellige laktationsintervaller.

**Tabel 5.1.** Oversigt af datamængde til genetisk analyse af fedtsyredata. Antal observationer (obs.) vist for første laktationsinterval (8-30 dage efter kælvning)

Racegruppe	Antal obs.	Antal tyre*	Antal dyr i afstamning
Dansk Holstein	405.518	7.992	22.392
Dansk Jersey	72.987	1.411	5.126
Rød dansk malke race	38.921	931	5.864

\*Fædre til køer i datasættet. Ingen minimumsgrænse på antal døtre per tyr.

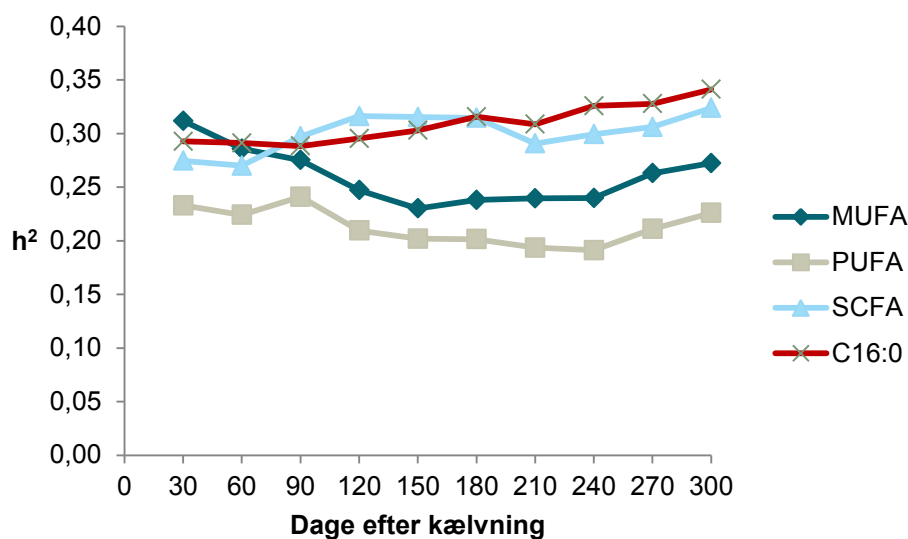
Til beregning af  $h^2$  er ovenstående model kørt som fleregenskabsmodel med 10 egenskaber, dvs. f.eks. gennemsnitlig MUFA (gram) indenfor hvert laktationsinterval. Fra disse kørsler fås også  $r_g$  mellem de forskellige perioder i laktationen. Til beregning af  $r_g$  mellem de fire fedtsyrekategorier er modellen også kørt som en fleregenskabsmodel for alle fire fedtsyrekategorier, men indenfor laktationsinterval. Her angives kun resultater for MUFA, PUFA, SCFA og C16:0.

## Resultater

Resultaterne fra de genetiske analyser af de fire fedtsyrekategorier, MUFA, PUFA, SCFA og C16:0 er præsenteret grafisk i figur 5.1-5.13 per racegruppe. Arvbarhederne ( $h^2$ ) for alle 11 fedtsyrekategorier kan findes i tabelform i appendiks (tabellerne A1-A6).

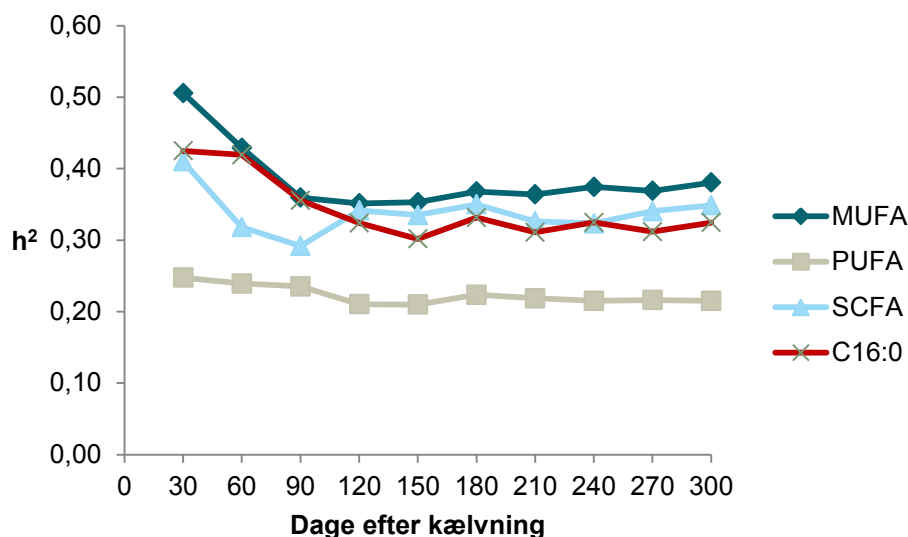
### Holstein

Arvbarheden for MUFA som fedtsyreindhold i gram er moderat og ligger mellem 0,23 og 0,31 for PUFA mellem 0,19 og 0,24, for SCFA mellem 0,27 og 0,32 og for C16:0 mellem 0,29 og 0,34 (figur 5.1). Estimerne er meget sikre med standardfejl på 0,008-0,009. PUFA og i særdeleshed MUFA har den højeste  $h^2$  i starten af laktationen, hvorefter  $h^2$  falder frem mod ca. 200 dage efter kælvning (DIM), hvorefter  $h^2$  stiger igen frem mod slutningen af laktationen. For SCFA og C16:0 er  $h^2$  lavest i starten af laktationen, hvorefter  $h^2$  stiger svagt hen mod slutningen af laktationen.



**Figur 5.1.** Arvbarheder ( $h^2$ ) for faktisk fedtsyreydelse i gram afhængig af laktationsstadiet for DH

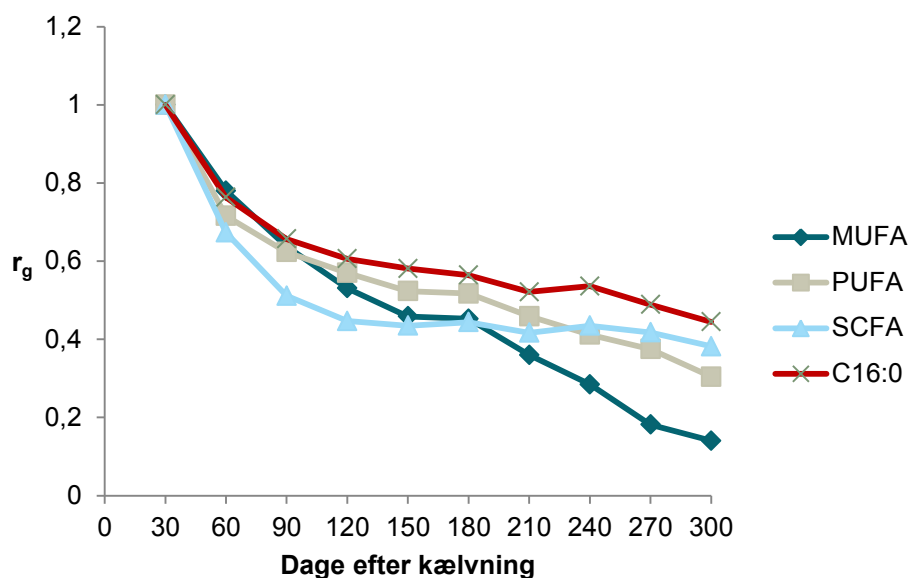
For fedtsyreydelse som procent af summen af MUFA, PUFA og SFA (figur 5.2) ses der større ændringer i arvbarhederne for de enkelte grupper under laktationen. Der ses et tydeligt fald af arvbarhederne henimod 90 DIM, hvor  $h^2$  for MUFA ved 30 DIM er på 0,51, så falder  $h^2$  til 0,43 ved 60 DIM og igen til 0,36 ved 90 DIM. I den resterende del af laktationen er  $h^2$  forholdsvis stabil. Et lignende billede tegner sig for PUFA, SCFA og C16:0. Standardfejlene på estimaterne er samme størrelsesorden som ovenfor, dvs. 0,008-0,009.



**Figur 5.2.** Arvbarheder ( $h^2$ ) for fedtsyreydelse som procent af summen af MUFA, PUFA og SFA for DH

I figur 5.3 er demonstreret sammenhængen mellem fedtsyreydelse på forskellige tidspunkter i laktationen angivet som den additive genetiske korrelation mellem målinger i første laktationsinterval og de øvrige laktationsintervaller – her faktisk ydelse for MUFA. Som det ses er sammenhængen høj mellem de første interval-

ler i perioden ( $r_g = 0,53-0,78$ ), hvorefter den hurtigt falder til et meget lavere niveau ( $r_g = 0,14$ ). Dette indikerer, at MUFA ydelsen ikke er styret af de samme gener i starten af laktationen som i slutningen af laktation. Dette giver også mening i forhold til, hvad vi ved om koens stofskifte, specielt i starten af laktationen, hvor der ses en forholdsvis høj fedtmobilisering.



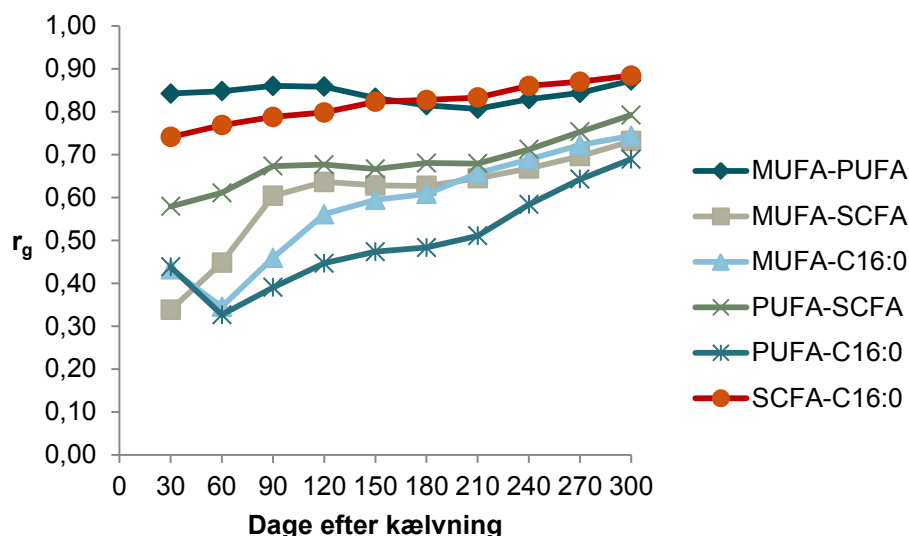
**Figur 5.3.** Additiv genetiske korrelationer mellem faktisk fedtsyreydelse i gram i første laktationsinterval (8-30 dage efter kælvning) og de øvrige 9 laktationsintervaller for DH

Figuren viser imidlertid ikke de genetiske korrelationer mellem de øvrige laktationsintervaller, men generelt er de genetiske korrelationer mellem tilstødende intervaller højere end intervaller der ligger længere fra hinanden. For eksempel er den genetiske korrelation mellem intervallerne 180-210 og 210-240 dage efter kælvning på 0,80 for MUFA. Denne værdi falder til 0,51, hvis vi kigger på den genetiske korrelation mellem intervallerne 60-90 og 210-240 dage efter kælvning.

De tilsvarende korrelationer for fedtsyreydelse som procent af summen af MUFA, PUFA og SFA viser et tilsvarende mønster (resultater ej vist).

Figur 5.4 angiver  $r_g$  mellem de fire fedtsyregrupper afhængig af laktationsstadiet. De genetiske korrelationer er generelt høje og positive,  $r_g = 0,35-0,85$ . Standardfejlene på estimerne ligger omkring 0,02 (resultater ej vist). Det betyder, at hvis vi øger fedtsyreydelsen for én af de fire fedtsyregrupper, så øger vi også ydelsen for de øvrige. Det betyder, at vi generelt har en gunstig genetisk sammenhæng mellem MUFA, PUFA og SCFA, mens sammenhængen mellem disse tre og C16:0 er ugunstig og højere end mellem C16:0 og PUFA/MUFA. Således vil det sandsynligvis være lettere at øge mængden af MUFA og PUFA i mælken gennem genetisk

selektion uden samtidig at øge mængden af C16:0 betragteligt. Det vil i mindre grad være tilfældet for SCFA.

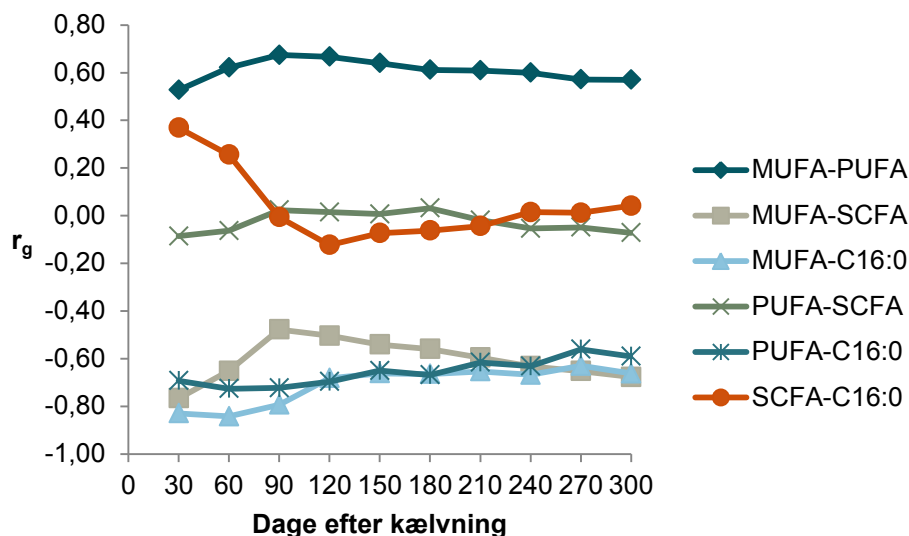


**Figur 5.4.** Additive genetiske korrelationer mellem MUFA, PUFA, SCFA og C16:0 som faktisk fedtsyreydelse i gram for DH

Ses der i stedet på fedtsyreydelsen som procent af summen af MUFA, PUFA og SFA (Figur 5.5) ses der væsentlige ændringer i de genetiske korrelationer i de første 90 DIM sammenlignet med den resterende del af laktationen, som igen sandsynligvis skyldes øget fedtmobilisering i starten af laktationen. Herefter er de genetiske korrelationer stort set uændret, hvilket hentyder til, at forholdet mellem mængden af de enkelte fedtsyrer er mere eller mindre konstant. Betydningen af de genetiske korrelationer mellem fedtsyregrupperne, når vi ser på procent af summen af MUFA, PUFA og SFA, er dog væsentligt sværere at tolke i forhold til den faktiske fedtsyreydelse. En forholdsvis stærk positiv genetisk korrelation mellem MUFA og PUFA ( $r_g \approx 0,60$ ) fortæller os, at en positiv ændring i procenten for den ene egenskab også vil medføre en betydelig positiv ændring i den anden egenskab. Derimod er der stort set en sammenhæng på nul mellem SCFA og C16:0 efter 120 DIM, dvs. procenten for den ene egenskab kan ændres uden at påvirke procenten for den anden egenskab. Ser vi bort fra de første 90 DIM, så er der også for fedtsyreydelse som procent af summen af MUFA, PUFA og SFA både gunstige og ugunstige genetiske sammenhænge. Følgende sammenhænge er gunstige: MUFA-PUFA, PUFA-C16:0, MUFA-C16:0; mens de følgende er ugunstige: MUFA-SCFA. De øvrige genetiske sammenhænge, SCFA-C16:0 og PUFA-SCFA er meget tæt på nul og derfor uden betydning.

I et indeks bestående af fedtsyreydelse, som procent af summen af MUFA, PUFA og SCFA, vil vi således have modsatrettede genetiske sammenhænge mellem egenskaberne. Det betyder ikke, at vi ikke kan få fremgang for alle egenskaberne i en ønsket retning. Egenskaberne vil derimod blive vægtet, så der samlet set bliver maksimal genetiske fremgang, dog ikke maksimal genetisk fremgang for enkeltegenskaberne.

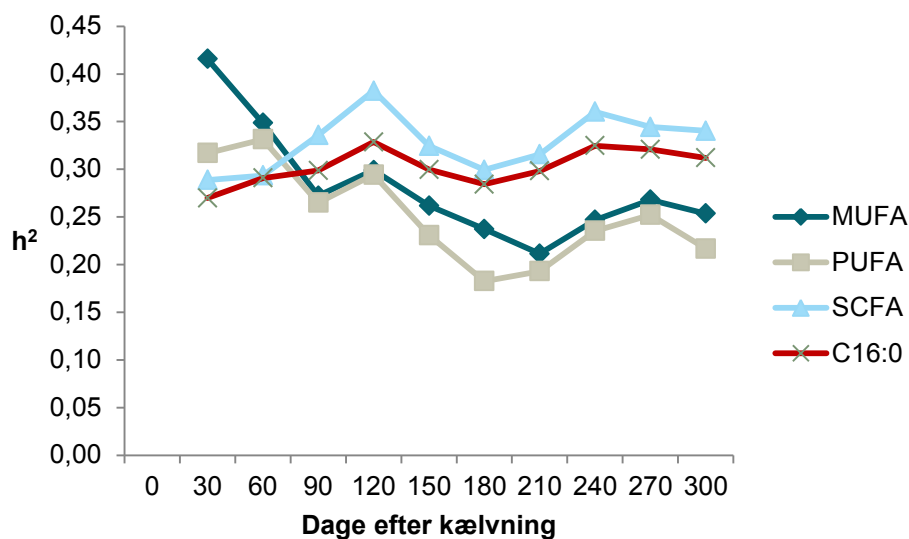
Jf. formålet med SOBcows projektet, så kan to definitioner af en fedtsyre som egenskab udtrykke to forskellige ting, som afhængig af afregningssystem ikke er ligegyldigt. Sidstnævnte (%) vil være uden betydning for et system, som kun afregner efter fedtmængde (nuværende). På den anden side kan begge definitioner være interessante, hvis der afregnes efter et system, som tilgodeser mængden af den enkelte fedtsyre, samt det indbyrdes forhold mellem de enkelte fedtsyrer i mælken ("designermælk").



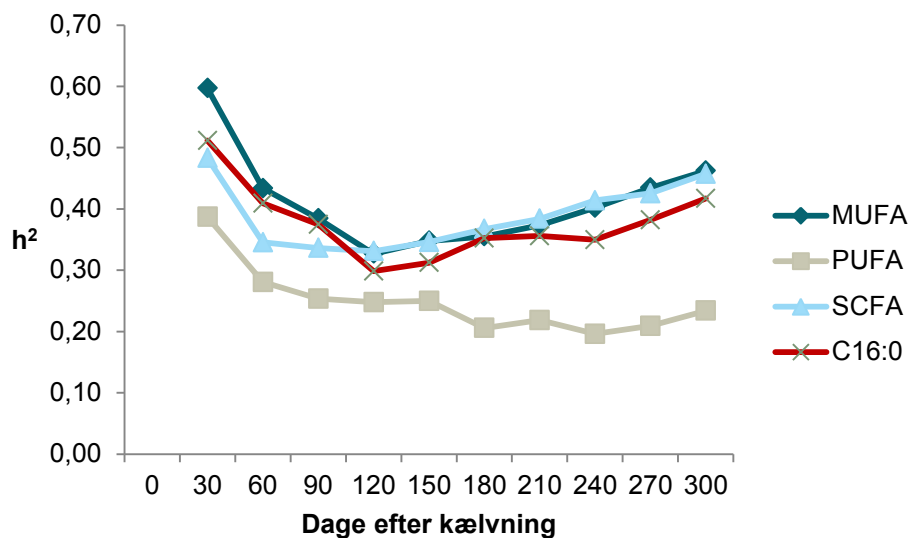
**Figur 5.5.** Additive genetiske korrelationer mellem MUFA, PUFA, SCFA og C16:0 som procent af summen af MUFA, PUFA og SFA for DH

#### Jersey og Rød Dansk Malkerace

Resultaterne angående  $h^2$  for RDM (figur 5.6 og 5.7) er sammenlignelige med DH resultaterne, hvad angår størrelsen på estimaterne og forløbet hen over laktationen. Eventuelle små forskelle udjævnes af større standardfejl hos RDM, 0.02-0.04, (resultater ej vist) pga. de færre antal dyr i analysen.



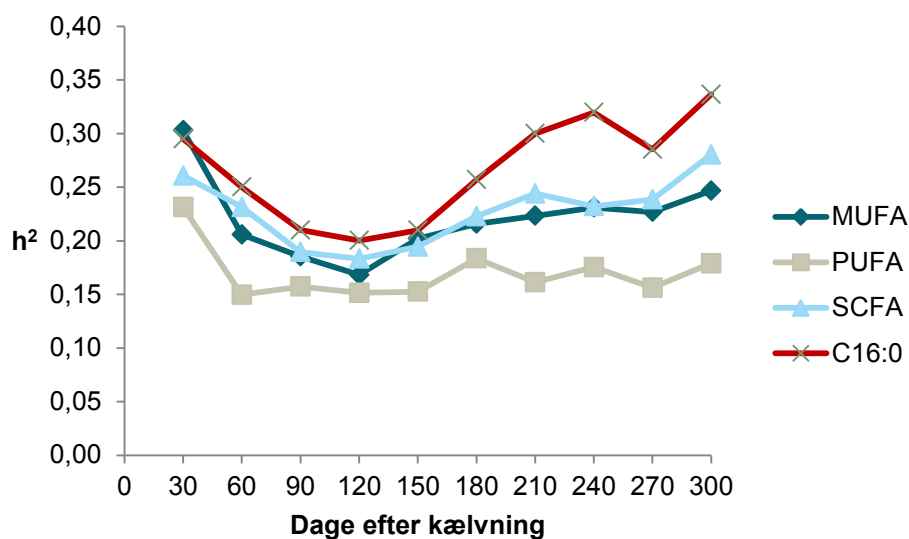
Figur 5.6. Arvbarheder ( $h^2$ ) for faktisk fedtsyreydelse i gram afhængig af laktationsstadiet for RDM



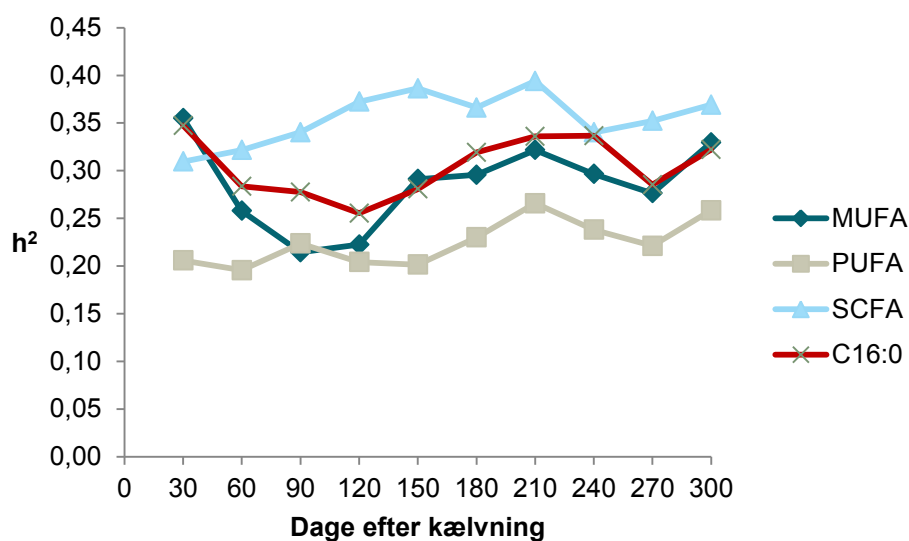
Figur 5.7. Arvbarheder ( $h^2$ ) for fedtsyreydelse som procent af summen af MUFA, PUFA og SFA for RDM

Resultaterne for DJ adskiller sig en smule fra både DH og RDM for både den faktiske fedtsyreydelse (Figur 5.8) og fedtsyreydelse som procent af summen af MUFA, PUFA og SFA (Figur 5.9), idet estimaterne for  $h^2$  er en smule lavere end for DH og RDM. Henover laktationen tenderer resultaterne fra DJ til at variere mere, men taget standardfejlene på  $h^2$ , 0,015-0,025 (resultater ej vist) i betragtning, stemmer ændringer henover laktationen meget godt overens med både DH og RDM.



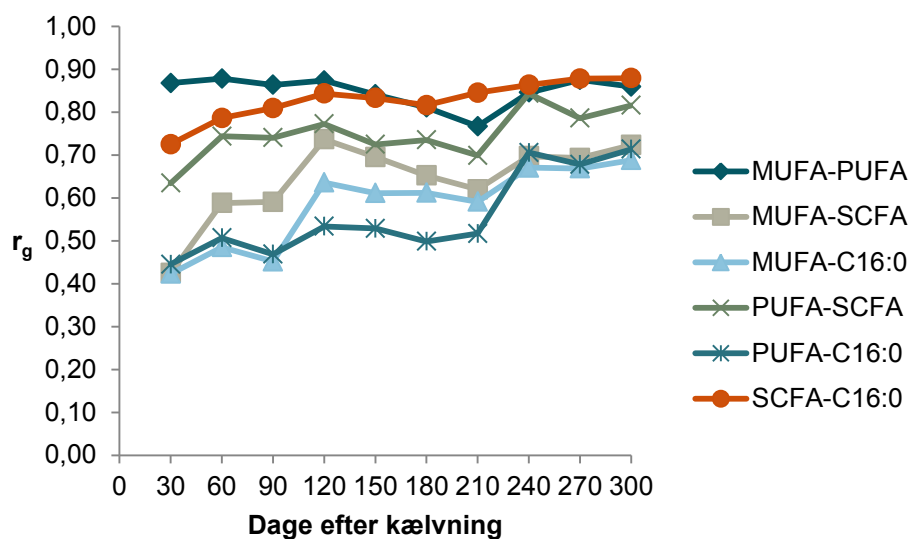


Figur 5.8. Arvbarheder ( $h^2$ ) for faktisk fedtsyreydelse i gram afhængig af laktationsstadiet DJ

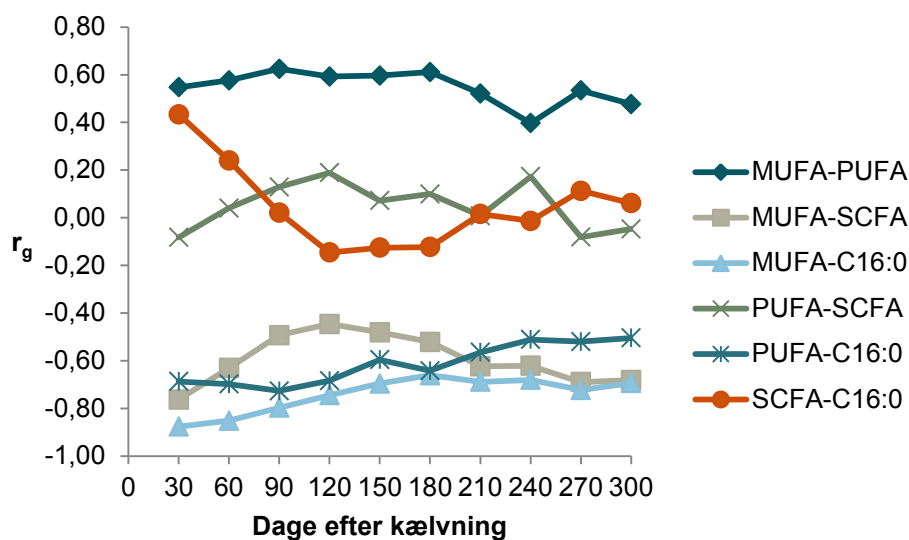


Figur 5.9. Arvbarheder ( $h^2$ ) for fedtsyreydelse som procent af summen af MUFA, PUFA og SFA for DJ

De genetiske korrelationer mellem de 4 fedtsyregrupper for RDM ligger på samme niveau som for DH, både når det gælder den faktiske fedtsyreydelse i gram (figur 5.10) og fedtsyreydelse som procent af summen af MUFA, PUFA og SFA (figur 5.11).

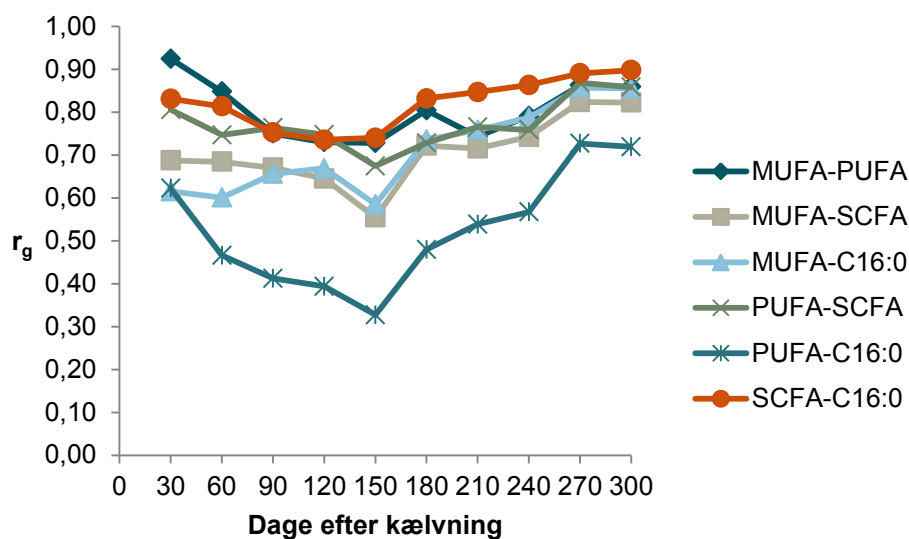


**Figur 5.10.** Additive genetiske korrelationer mellem MUFA, PUFA, SCFA og C16:0 som faktisk fedtsyreindhold i gram for RDM

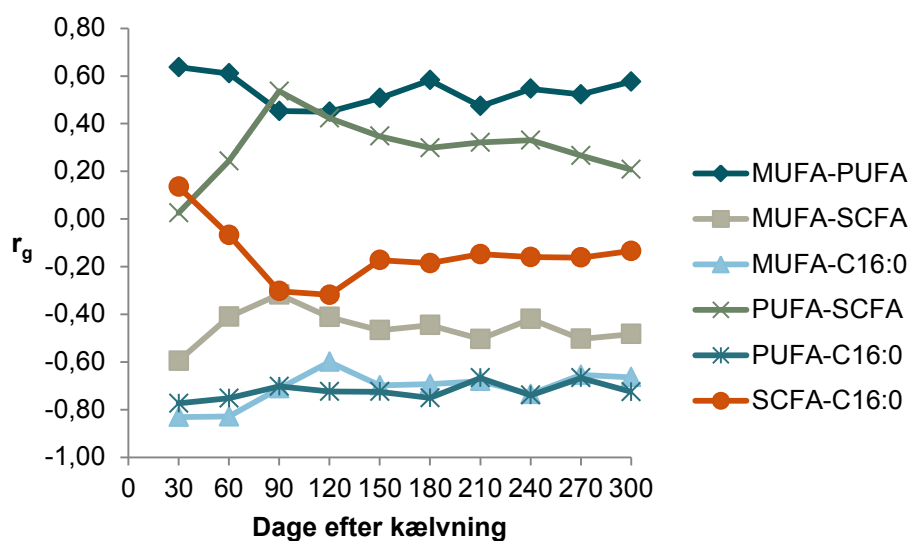


**Figur 5.11.** Additive genetiske korrelationer mellem MUFA, PUFA, SCFA og C16:0 som procent af summen af MUFA, PUFA og SFA for RDM

Ligesom for  $h^2$  adskiller de genetiske korrelationer mellem de 4 fedtsyrekategorier for DJ sig en smule fra DH og RDM. For den faktiske fedtsyreindhold i gram (figur 5.12) er  $r_g$  mellem de 4 fedtsyrekategorier alle en smule lavere end for DH og RDM. Endvidere har  $r_g$  en tendens til at være stærkest i starten og i slutningen af laktationen og svagest fra omkring 90 DIM til 210 DIM. Endelig er  $r_g$  mellem PUFA og C16:0 væsentligt lavere, ( $r_g = 0,33-0,62$ ) end de øvrige additive genetiske korrelationer.



**Figur 5.12.** Additive genetiske korrelationer mellem MUFA, PUFA, SCFA og C16:0 som faktisk fedtsyreindhold i gram for DJ



**Figur 5.13.** Additive genetiske korrelationer mellem MUFA, PUFA, SCFA og C16:0 som procent af summen af MUFA, PUFA og SFA for DJ

Også for fedtsyreindhold som procent af summen af MUFA, PUFA og SFA adskiller  $r_g$  mellem de 4 fedtsyrekattegrorier sig en smule fra DH og RDM. Specielt er  $r_g$  mellem PUFA og SCFA væsentligt højere (op til 0,54 ved 90 DIM) end det ses for DH og RDM, som begge ligger tæt på nul. Også  $r_g$  mellem MUFA og SCFA er en smule højere (mindre negativ) end for de to øvrige racegrupper. Sammenlagt kan dette betyde, at vægtning af de 4 fedtsyregrupper i et eventuelt nyt fedtsyreindeks sandsynligvis vil blive en smule anderledes for DJ i forhold til DH og RDM.

## Konklusion

Ovenstående resultater er de indledende resultater for en mere dybdegående genetisk analyse af de 11 fedtsyregrupper baseret på FOSS Applikationsnote 64. Her er brugt en relativt simpel model til estimering af  $h^2$  henover laktationen og til estimering af genetiske korrelationer mellem de fire fedtsyregrupper hen over laktationen. Mere avancerede modeller, f.eks. random regression (Schaeffer, 2004), vil sandsynligvis være fordelagtige at bruge både til beregning af varianskomponenter, men også til beregning af avlsværdier i en eventuel implementeringsfase, ligesom varianskomponenter bør estimeres indenfor paritet. Dog kan det her konkluderes, at alle fedtsyrekategorierne udviser genetiske variation og har arvbarheder på højde med den nuværende samlede fedtydelse,  $h^2 = 0,25-0,44$ , afhængig af race og paritet.

Forskellen i  $r_g$  mellem de fire fedtsyrekategorier hen over laktationen udviser et markant anderledes mønster de første 3-4 måneder af laktationen end senere i laktationen pga. af en øget mobilisering af kropsfedt i denne periode. Derfor vil det sandsynligvis være nødvendigt at opdele laktationen i to perioder og behandle fedtsyreydelsen i hver periode som en separat egenskab. Ifølge kapitel 3 er MUFA, PUFA og SCFA ønskede, men C16:0 er uønsket i mælken. Nye avlsmål for fedtsyrer vil afspejle dette, men da der ses både gunstige og ugunstige additive genetiske korrelationer mellem de fire grupper, vil genetisk selektion for disse fire fedtsyrekategorier betyde, at der ikke kan opnås maksimal fremgang for de tre ønskede fedtsyregrupper uden at øge indholdet af C16:0. Der vil derfor skulle konstrueres et indeks, der både sikrer fremgang for MUFA, PUFA og SCFA og tilbagegang for C16:0. Dette er muligt.

## Referencer

- Arnould, V. M.-R. & H. Soyeurt (2009). Genetic variability of milk fatty acids. *J. Appl. Genet* 50:29-39.
- Bilal, G., R. I Cue, A. F. Mustafa & J. F. Hayes (2012). Short communication: Estimates of heritabilities and genetic correlations among milk fatty acid unsaturation indices in Canadian Holsteins. *J. Dairy Sci* 95:7367-7371.
- Buitenhuis, B., L. L. Janss, N. A. Poulsen, M. K. Larsen & P. Sørensen (2014). Genome-wide association and biological pathway analysis for milk-fat composition in Danish Holstein and Danish Jersey cattle. *BMC Genomics*. 15:1112
- Krag, K., N. A. Poulsen, M. K. Larsen, L. B. Larsen, L. L. Janss & B. Buitenhuis (2013). Genetic parameters for milk fatty acids in Danish Holstein cattle based on SNP markers using a Bayesian approach. *BMC Genet* 11:14-79.
- Pegolo, S., A. Cecchinato, J. Casellas, G. Conte, M. Mele, S. Schiavon & G. Bittante (2016). Genetic and environmental relationships of detailed milk fatty acids profile determined by gas chromatography in Brown Swiss cows. *J. Dairy Sci.* 99:1315-1330.
- Schaeffer, L. R. (2004). Application of random regression models in animal breeding. *Livest. Prod. Sci.* 86:35-45.

## Specifikke fedtsyrer i avlsmålet

*Morten Kargo, Institut for Molekylærbiologi og Genetik, Aarhus Universitet og specialkonsulent, SEGES*

I de forrige kapitler er det vist, at fedtsyresammensætningen har betydning for mælkefedtets sundhedsprofil samt på mælkeproduktets tekstur. Det er også vist, at fedtsyrerne har en arvbarehed, som gør, at avlsmæssige ændringer er forholdsvis lette at opnå. Det er således relevant at tage disse egenskaber ind i avlsmålet, som er et udtryk for, hvilke egenskaber vi avlsmæssigt ønsker fremmet, men også et udtryk for med hvilken hastighed, vi ønsker at ændre dem.

Det kræver dog, at avlsværditalle for de fedtsyrer, der ønskes fremmet, gives en økonomisk vægt i avlsmålet. Inden for kvæg har man igennem mange år haft et bredt sammensat totaløkonomisk avlsmål, hvor de fleste af egenskaberne med økonomisk betydning er indeholdt. Indekset er fælles for Finland, Sverige og Danmark og benævnes NTM (Nordic Total Merit). Sammensætningen af NTM indekset udtrykker således avlsmålet for de nordiske malkekvegracer, og de enkelte egenskaber i indekset vægtes i forhold til deres økonomiske betydning for kvægbrugerens økonomiske resultat. Ydelsesegenskaber er naturligvis en meget vigtig egenskab i NTM indekset, og vægten på egenskaben er så høj, at sammenhængen imellem NTM-indeks og ydelsesindekset (Y-indekset) for en stor gruppe af dyr er over 60 %. Når sammenhængen ikke er 100, skyldes det, at mange andre egenskaber indgår i indekset, og en del af disse har en avlsmæssig ugunstig sammenhæng med ydelse.

Selve Y-indekset er sammensat af tre subindekser, et indeks for mælkeproduktion (M-indekset), et indeks for fedtproduktion (F-indekset) og et indeks for proteinproduktion (P-indekset). Værdisætningen af de enkelte subindekser i Y-indekset er baseret på økonomiske betragtninger tillagt lidt avlspolitiske betragtninger. De enkelte racer vægter derfor subindekserne lidt forskelligt i Y-indekset, som det fremgår af Tabel 6.1.

**Tabel 6.1.** Vægting af M-, F- og P-indeks i ydelsesindekset (Y-indekset) for danske racer

Race	M-indeks	F-indeks	P-indeks
RDM	-0,20	0,40	0,80
HOL	-0,20	0,40	0,80
JER	-0,30	0,50	0,80
DRH	-0,20	0,40	0,80

### Specifikke fedtsyrer i avlsmålet

Sammenfatningen fra kapitel 3 er, at det er ønskeligt at øge andelen af monoumættede, polyumættede og kortkædede fedtsyrer i mælkens fedtfraktion, mens det er ønskeligt at reducere andelen af palmitinsyre (C16:0) i fedtfraktionen. Hvis der skal opnås avlsmæssige ændringer, skal disse egenskaber have en vægt i

avlsmålet. Denne vægt skal ganges på indekser for de pågældende fedtsyrer/fedtsyreprofiler, som er baseret på avlsværdital for disse egenskaber, som er beskrevet i kapitel 5.

Der er forskellige tilgange til, hvorledes dette kan udføres i praksis. Disse skitseres herunder:

**I:** Der startes helt forfra med beregning af økonomiske værdier for alle egenskaber inklusiv de fire nævnte fedtsyrefraktioner/fedtsyrer

**II:** Den økonomiske værdi på Y-indekset fastholdes, men der startes forfra med beregning af den økonomiske værdi af M-, F- og P-indekset samt de fire nævnte fedtsyrefraktioner/fedtsyrer

**III:** Den økonomiske vægt på F-indekset inden for Y-indekset fastholdes, men i stedet for at denne vægt lægges på avlsværditallet for den samlede fedtproduktion, lægges vægten over på de fire nævnte fedtsyrefraktioner/fedtsyrer.

**Metode I** er den optimale, hvis vi har en sikker forventning om, at aftagerne af mælken – altså mejerierne - inden for en tidshorisont på 3-5 år vil afregne mælkens fedtindhold på basis af fedtsyrefraktioner frem for på samlet fedtproduktion. Dette vil kunne medføre en forskydning imellem den vægt, den samlede afregningspris for fedtproduktion har i forhold til afregningsprisen for mælke- og proteinproduktionen. Dette vil også kunne betyde, at værdien af den samlede mælkeproduktion udtrykt ved Y-indekset vil kunne forskydes relativt i forhold til de øvrige egenskaber i avlsmålet.

**Metode II** er den optimale, hvis mejerierne melder ud, at de på sigt ønsker en ændring af mælkefedtets sammensætning, men at de ikke forventer, at det vil kunne øge den samlede værdi af mælkeproduktionen, men måske blot vil kunne sikre afsætning af den nuværende markedsandel af mælkesalget.

**Metode III** er velegnet, hvis mejerierne ikke vil komme med en udmelding om en mulig afregning for mælkens fedtindhold på basis af fedtsyrefraktioner. Det betyder, at den samlede vægt på F-indekset skal bibeholdes. Hvis kvægbrugerne alligevel har en forventning til, at enkelte aftagere på kort sigt og flere på langt sigt vil betale for fedtsyresammensætning, giver det mening at lægge vægten på de fire nævnte fedtsyrefraktioner/fedtsyrer frem for på den samlede fedtproduktion

På nuværende tidspunkt, hvor mejerierne ikke er kommet med en konkret udmelding på, at de fremover vil afregne på basis af fedtsyrefraktioner/fedtsyrer er det metode 3, som bør anbefales. Det er ikke muligt at beregne objektive økonomiske værdier for de enkelte fedtsyrefraktioner/fedtsyrer uden kendskab til salgpris for de enkelte fedtsyrefraktioner/fedtsyrer. Derimod er det muligt ved hjælp af "desired gain" metoden at tillægge de fire nævnte fraktioner en vægt således, at de udvikler sig i en ønsket retning med en given minimumshastighed. Ved brug af denne metode er det muligt f.eks. at tillægge egenskaber en værdi, baseret på at en fremgang for egenskaben har PR værdi.

Givet, at vi ikke kender eller ikke har forventning til en given pris på de enkelte fedtsyrer, er det vigtigt, at et nyt fedtsyreindeks har en forholdsvis høj sammenhæng med det nuværende F-indeks. Det er også vigtigt at kende sammenhængen imellem de nye fedtsyreindeks og de øvrige indekser for at sikre, at vi ikke ved anvendelse af det nye indeks samtidig kommer til at trække en eller flere af de øvrige egenskaber i en forkert retning. Forslag til et sådant fedtsyreindeks vil blive fremlagt, når vi har de endelige avlsmæssige sammenhænge mellem de enkelte fedtsyrer, samt mellem de enkelte fedtsyrer og F-indekset.



*Fedtsyreindeks kan indgå i avlsmålene for racerne, hvis det ønskes.  
Foto: Carl Aage Sørensen*

## Diskussion og perspektivering

*Arne Munk, SEGES Økologi*

I projektet SOBcows er der i samarbejde med RYK i perioden maj 2015 – september 2016 indsamlet informationer om fedtsyreindholdet i mælken fra samtlige ydelseskontrollerede køer i Danmark. Det er første gang i historien, der findes fedtsyreregistreringer på alle køer i et land. Der foreligger således et unikt datamateriale, som blandt andet kan anvendes til at vurdere det avlsmæssige potentiale for at ændre mælkens fedtsyreprofil i en ønsket retning.

Informationerne om fedtsyreindholdet anvendes i SOBcows til at vurdere mulighederne for at opnå en højere pris for mælken på visse markeder på basis af en særlig sundhedsfremmende fedtsyreprofil. Desuden undersøges mulighederne for at udvikle økologiske linjer af de primære malkeracer, som kan producere mælk med en særlig sundhedsfremmende fedtsyreprofil.

Det er nærliggende at overveje at fortsætte med at få målt fedtsyreindholdet i mælken. Det kræver, at værdien ved at lave fedtsyremålinger er større end omkostningerne. Et forsigtigt skøn er, at fedtsyremålingerne vil kunne gøres for 2-5 kr. pr. ko om året, hvis der laves fedtsyremålinger ved hver kontrollering på alle ydelseskontrollerede køer i Danmark (Personlig meddelelse, 2016). Det svarer til en omkostning på et sted mellem en og tre millioner kroner per år for hele populationen.

Derimod er det vanskeligere at give et bud på indtægterne. Her kan der være tale om en markedsfølsom værdi, som vil kunne afspejles i afregningsprisen på mælken, men der kan måske også være en produktionsstyringsværdi for landmanden, hvis kendskabet til mælkens fedtsyreprofil kan anvendes som tidlig indikator for sygdomsforekomst.

### **Det genetiske og miljømæssige potentiale**

Resultaterne af analyserne af de danske fedtsyremålinger viser, at der er avlsmæssig variation for fedtsyresammensætning, og dermed støtter de op om tidligere fundne resultater baseret på langt mindre datamateriale. Endvidere er fedtsyreprofilen, herunder andelen af mættede fedtsyrer og monumættede fedtsyrer, fra døtre af de fem Holstein-tyre med flest malkende døtre i datasættet signifikant forskellig. Da fedtsyreprofilen ikke har indgået i avlsmålet, og der trods dette alligevel er stor forskel i fedtsyreprofilerne mellem afkomstgrupperne, er der et stort avlsmæssigt potentiale for at ændre mælkens fedtsyreprofil i en ønsket retning. I SOBcows projektet bliver det undersøgt, hvilke korrelationer de genetiske egenskaber for mælkens fedtsyreprofil har med andre genetiske egenskaber.

Fedtsyremålinger på alle ydelseskontrollerede køer giver således mulighed for at ændre det avlsmæssige niveau i forhold til at få en gunstig fedtsyreprofil i mælken.



Det miljømæssige potentiale er dokumenteret i en lang række undersøgelser, og bliver det også i nærværende analyse, som viser, at produktionsmetoden, fx konventionel versus økologisk, har stor indflydelse på mælkens fedtsyreprofil. Generelt gælder, at fodring med græs- eller urtebaserede rationer øger mælkens indhold af umættede C18-fedtsyrer og tilsvarende øger fodring med mættet fedt indholdet af palmitin- og stearinsyre (C16:0 og C18:0) i mælkefedtet.

I et projekt tilknyttet SOBcows bliver det undersøgt, om der findes genotype x miljø (G x E) vekselvirkninger mellem økologiske (afgræsningsbaserede) og konventionelle (majs- og kraftfoderbaserede) produktionssystemer for økonomisk vigtige egenskaber, der er relateret til sygdom, frugtbarhed og ydelse samt sundhedsfremmende fedtsyrer i mælk. Hvis sådanne G x E vekselvirkninger eksisterer, er det muligt at udvikle mere effektive modeller til avlsværdiurdering, hvilket vil resultere i højere sikkerheder på avlsværditalle, større avlsfremgang og i sidste ende forbedret økonomi.

### **Markedsmæssig værdi**

Effekten af forskellige fedtsyrer og fedtsyregrupper på sundhedsmæssige faktorer er under diskussion. Den viden vi har i dag peger på, at en mere sundhedsfremmende fedtsyreprofil opnås ved at øge indholdet af umættet fedt og reducere indholdet af palmitinsyre (C16:0). Blandt de monumættede fedtsyrer udgør oliesyre (C18:1) langt den største andel. Overordnet ønskes færre mættede fedtsyrer og flere umættede, men det er en forenkling. Generelt er de kortkædede fedtsyrer og de mellemkædede fedtsyrer neutrale, dog hælder de kortkædede til den sunde side, mens de mellemkædede fedtsyrer hælder til den negative side.

Selv om det i forhold til human ernæring giver mest mening at beskæftige sig med produkter med et højt fedtindhold, fx smør og ost, bliver der i Storbritannien solgt "særlig" mælk med et lavere indhold af mættet fedt end normal mælk. Der er ikke tal for, hvor stor en andel denne særlige konsummælk udgør af det totale salg af konsummælk. Landmændene, som leverer den "særlige" mælk, har en kontrakt og bliver afregnet med en højere pris, når andelen af mættede fedtsyrer er under 69 % af totalfedt over en længere periode (kilde).

I 2015 blev der produceret 520 millioner kilo konsummælk af de danske mejerier (Landbrug & Fødevarer, 2016). Hvis det antages, at for eksempel 1 procent af konsummælken kunne sælges som en "særlig" mælk, og som mejeriet kunne sælge til en merpris på for eksempel en krone per liter, vil det indbringe godt fem millioner kroner til dækning af højere afregning til landmænd og til dækning af større omkostninger til mejeriet. Den markedsmæssige værdi vil naturligvis være betydeligt større, hvis konceptet kan udbredes til mejeriprodukter med et højt fedtindhold. I SOBcows projektet bliver der i 2017 og 2018 lavet beregninger af forskellige scenarier for forretningsmodeller med mælkeprodukter med en særlig sundhedsfremmende fedtsyreprofil.

### **Produktionsstyringsværdi for landmanden**

Generelt gælder, at mælke­data fra ydelses­kontrollen er bedst egnede til at overvåge grupper af køer, da der kun er månedlige målinger. En gennemgang af litteraturen viser, at fedtsyrer (C18:1) kan bruges til overvågning fx af væg­ttab, og fedtsyrer med ulige antal kulstof-atomer til overvågning af subklinisk acidose (SARA). Også transfedtsyrer kan være en indikator for situationen i koens vom.

Der findes imidlertid andre redskaber/informationer som kan måle eller bruges som indikatorer for kraftigt væg­ttab (BHB eller fedt-protein forholdet) eller SARA (lavt fedt-protein forhold, enkeltkøer med lave fedtprocenter). Dertil kommer, at der mangler reference- og grænseværdier. Det er derfor for tidligt at bruge fedtsyrer til overvågning på det nuværende grundlag. Flere analyser af datamaterialet vil kunne klarlægge, om der er et potentiale for at bruge fedtsyreprofilerne som indikatorer for udvalgte produktionsparametre.

Det sker blandt andet i et projekt i 2017, hvor SEGES Kvæg undersøger om rutinemæssig analyse af mæl­kens fedtsyresammensætning ved ydelses­kontrol kan bruges i overvågning og management til at reducere forekomsten af fodringsrelaterede sygdomme, forbedre reproduktionsevnen og optimere mæl­kens tekniske egenskaber som råvare på mejeriet. Desuden undersøger projektet, om mæl­kens fedtsyresammensætning kan bidrage til større sikkerhed på genetisk selektion for køer, der har lavere risiko for fodringsrelaterede sygdomme.

### **Konklusion**

Samlet kan det konkluderes, at der er et betydeligt potentiale for at ændre mæl­kens fedtsyreprofil i en sundhedsfremmende retning, og hvis der, som i Storbritannien, kommer et dansk marked for mælkeprodukter med særlige egenskaber, vil det være oplagt at ændre genetikken i gunstig retning og samtidigt udnytte de fodringsmæssige muligheder for at producere mælk med en sundhedsfremmende fedtsyreprofil. Fedtsyre­måling af samtlige mælkeprøver i ydelses­kontrollen giver en unik position i forhold til det.



*Fedtsyremåling af samtlige mælkeprøver i ydelseskontrollen giver en unik position i forhold til at kunne producere mælk med særlige egenskaber. Foto: Uffe Lauritsen*

### **Referencer**

Landbrug & Fødevarer (2016). Mejeristatistik 2015. 44 pp.  
Personlig meddelelse (2016). Niels Henning Nielsen, RYK

## Appendiks

### Arvbarheder for fedtsyreydelse for racerne Holstein, Jersey og RDM

For alle de viste arvbarheder gælder, at standardafvigelsen er 0,01 eller mindre.

*Forkortelser anvendt i tabellerne (Abbreviations used in the tables)*

Engelsk forkortelse	English	Dansk
DIM	Days in milk	Dage efter kælvning
SFA	Saturated fatty acids	Mættede fedtsyrer
MUFA	Monounsaturated fatty acids	Monumættede fedtsyrer
PUFA	Polyunsaturated fatty acids	Polyumættede fedtsyrer
SCFA	Short chain fatty acids	Kortkædede fedtsyrer
MCFA	Medium chain fatty acids	Mellemkædede fedtsyrer
LCFA	Long chain fatty acids	Langkædede fedtsyrer
Trans FA	Trans fatty acids	Trans fedtsyrer
C14:0	Myristic acid	Myristinsyre
C16:0	Palmitic acid	Palmitinsyre
C18:0	Stearic acid	Stearinsyre
C18:1	Oleic acid	Oliesyre

*Tabel A1. Arvbarheder for fedtsyreydelse i gram for Holstein*

DIM	SFA	MUFA	PUFA	SCFA	LCFA	MCFA	TransFA	C18:1	C16:0	C14:0	C18:0
30	0,25	0,31	0,23	0,27	0,29	0,32	0,21	0,32	0,29	0,32	0,25
60	0,26	0,29	0,22	0,27	0,26	0,30	0,18	0,30	0,29	0,28	0,25
90	0,28	0,28	0,24	0,30	0,26	0,30	0,19	0,28	0,29	0,27	0,26
120	0,29	0,25	0,21	0,32	0,23	0,30	0,16	0,25	0,30	0,27	0,26
150	0,30	0,23	0,20	0,32	0,22	0,31	0,14	0,23	0,30	0,27	0,25
180	0,31	0,24	0,20	0,31	0,23	0,33	0,15	0,23	0,32	0,30	0,26
210	0,30	0,24	0,19	0,29	0,23	0,32	0,15	0,22	0,31	0,29	0,25
240	0,32	0,24	0,19	0,30	0,24	0,33	0,14	0,23	0,33	0,30	0,24
270	0,32	0,26	0,21	0,31	0,26	0,33	0,16	0,25	0,33	0,30	0,26
300	0,34	0,27	0,23	0,32	0,26	0,34	0,14	0,26	0,34	0,33	0,27

**Tabel A2.** Arvbarheder for fedtsyretydelse som procent af summen af SFA, MUFA og PUFA for Holstein

DIM	SFA	MUFA	PUFA	SCFA	LCFA	MCFA	TransFA	C18:1	C16:0	C14:0	C18:0
30	0,51	0,51	0,25	0,41	0,43	0,46	0,20	0,51	0,42	0,45	0,32
60	0,43	0,43	0,24	0,32	0,35	0,42	0,18	0,43	0,42	0,36	0,27
90	0,37	0,36	0,24	0,29	0,28	0,36	0,18	0,35	0,36	0,29	0,25
120	0,36	0,35	0,21	0,34	0,25	0,32	0,16	0,31	0,32	0,24	0,25
150	0,35	0,35	0,21	0,34	0,25	0,31	0,16	0,31	0,30	0,24	0,25
180	0,37	0,37	0,22	0,35	0,28	0,33	0,18	0,33	0,33	0,25	0,24
210	0,36	0,36	0,22	0,33	0,27	0,31	0,17	0,32	0,31	0,23	0,25
240	0,37	0,37	0,22	0,32	0,29	0,31	0,17	0,34	0,32	0,24	0,25
270	0,37	0,37	0,22	0,34	0,29	0,30	0,18	0,33	0,31	0,23	0,25
300	0,38	0,38	0,22	0,35	0,29	0,31	0,16	0,35	0,32	0,25	0,26

**Tabel A3.** Arvbarheder for fedtsyretydelse i gram for Jersey

DIM	SFA <sup>1</sup>	MUFA	PUFA	SCFA	LCFA	MCFA	TransFA	C18:1	C16:0	C14:0	C18:0
30		0,30	0,23	0,26	0,29	0,30	0,18	0,30	0,30	0,25	0,30
60		0,21	0,15	0,23	0,20	0,25	0,12	0,21	0,25	0,22	0,20
90		0,19	0,16	0,19	0,19	0,22	0,14	0,18	0,21	0,20	0,17
120		0,17	0,15	0,18	0,18	0,21	0,15	0,17	0,20	0,19	0,18
150		0,20	0,15	0,19	0,20	0,22	0,10	0,20	0,21	0,20	0,20
180		0,22	0,18	0,22	0,22	0,27	0,17	0,21	0,26	0,24	0,24
210		0,22	0,16	0,24	0,24	0,30	0,12	0,21	0,30	0,25	0,26
240		0,23	0,18	0,23	0,24	0,32	0,13	0,21	0,32	0,28	0,24
270		0,23	0,16	0,24	0,23	0,29	0,10	0,21	0,29	0,26	0,24
300		0,25	0,18	0,28	0,26	0,34	0,11	0,23	0,34	0,33	0,32

<sup>1</sup> Kunne ikke estimeres

**Tabel A4.** Arvbarheder for fedtsyretydelse som procent af summen af SFA, MUFA og PUFA for Jersey

DIM	SFA	MUFA	PUFA	SCFA	LCFA	MCFA	TransFA	C18:1	C16:0	C14:0	C18:0
30	0,35	0,36	0,21	0,31	0,34	0,33	0,16	0,35	0,35	0,28	0,23
60	0,26	0,26	0,20	0,32	0,25	0,26	0,15	0,25	0,28	0,20	0,20
90	0,22	0,21	0,22	0,34	0,21	0,27	0,18	0,21	0,28	0,21	0,19
120	0,22	0,22	0,20	0,37	0,21	0,25	0,15	0,21	0,26	0,19	0,23
150	0,29	0,29	0,20	0,39	0,25	0,28	0,13	0,25	0,28	0,23	0,22
180	0,31	0,30	0,23	0,37	0,29	0,31	0,18	0,26	0,32	0,20	0,24
210	0,32	0,32	0,27	0,39	0,30	0,33	0,16	0,28	0,34	0,22	0,22
240	0,30	0,30	0,24	0,34	0,27	0,31	0,19	0,27	0,34	0,20	0,20
270	0,28	0,28	0,22	0,35	0,26	0,27	0,14	0,26	0,29	0,24	0,22
300	0,34	0,33	0,26	0,37	0,30	0,33	0,15	0,31	0,32	0,26	0,22

**Tabel A5.** Arvbarheder for fedtsyreydelse i gram for RDM

DIM	SFA <sup>1</sup>	MUFA	PUFA	SCFA	LCFA	MCFA	TransFA	C18:1	C16:0	C14:0	C18:0
30		0,42	0,32	0,29	0,37	0,26	0,29	0,43	0,27	0,28	0,34
60		0,35	0,33	0,29	0,33	0,28	0,21	0,36	0,29	0,25	0,30
90		0,27	0,26	0,34	0,27	0,30	0,17	0,29	0,30	0,28	0,24
120		0,30	0,29	0,38	0,33	0,31	0,22	0,33	0,33	0,28	0,30
150		0,26	0,23	0,32	0,27	0,32	0,18	0,28	0,30	0,29	0,29
180		0,24	0,18	0,30	0,25	0,29	0,13	0,25	0,28	0,26	0,27
210		0,21	0,19	0,32	0,22	0,30	0,15	0,22	0,30	0,28	0,25
240		0,25	0,24	0,36	0,27	0,34	0,13	0,26	0,32	0,30	0,30
270		0,27	0,25	0,34	0,27	0,32	0,12	0,27	0,32	0,30	0,28
300		0,25	0,22	0,34	0,28	0,31	0,15	0,26	0,31	0,29	0,25

<sup>1</sup>Kunne ikke estimeres

**Tabel A6.** Arvbarheder for fedtsyreydelse som procent af summen af SFA, MUFA og PUFA for RDM

DIM	SFA	MUFA	PUFA	SCFA	LCFA	MCFA	TransFA	C18:1	C16:0	C14:0	C18:0
30	0,60	0,60	0,39	0,48	0,49	0,57	0,31	0,59	0,51	0,57	0,40
60	0,44	0,43	0,28	0,35	0,39	0,46	0,20	0,44	0,41	0,39	0,29
90	0,39	0,38	0,25	0,34	0,34	0,37	0,20	0,38	0,37	0,36	0,27
120	0,33	0,33	0,25	0,33	0,33	0,32	0,19	0,35	0,30	0,30	0,24
150	0,35	0,35	0,25	0,35	0,30	0,36	0,20	0,34	0,31	0,35	0,34
180	0,34	0,36	0,21	0,37	0,33	0,31	0,14	0,35	0,35	0,32	0,27
210	0,36	0,37	0,22	0,38	0,31	0,34	0,17	0,38	0,36	0,32	0,33
240	0,37	0,40	0,20	0,41	0,33	0,34	0,15	0,36	0,35	0,32	0,28
270	0,42	0,43	0,21	0,43	0,41	0,35	0,13	0,41	0,38	0,33	0,28
300	0,44	0,46	0,23	0,46	0,41	0,39	0,17	0,44	0,42	0,31	0,26

## RESUME

Projektet SOBcows har i samarbejde med RYK gennem 16 måneder i 2015/16 analyseret for indholdet af 11 fedtsyrer/fedtsyregrupper i kontrolmælken fra alle ydelseskontrollerede køer i Danmark. Dataanalyser af godt 3,5 mio. mælkeprøver viser, at det er muligt at påvirke sammensætning af mælkefedtet gennem avl. En foreløbig beregning af arvbarheden hen over laktationen viser, at alle fedtsyrekategorier har en genetisk variation og enkeltfedtsyrerne har arvbarheder på højde med den samlede fedtydelse. Det betyder arvbarheder i intervallet 0,25-0,44 afhængig af race og paritet. De genetiske sammenhænge varierer betydeligt gennem laktationen og er påvirket af den øgede kropsmobilisering i de første måneder efter kælvning. En anvendelse af fedtstyrebestemmelserne i avlen vil derfor kræve en opdeling af laktationen i mindst to perioder. Samlet kan det konkluderes, at der er et betydeligt avlsmæssigt potentiale, og hvis der kommer et dansk marked for mælkeprodukter med særlige egenskaber, vil det være oplagt at ændre genetikken i gunstig retning og samtidigt udnytte de fodringsmæssige muligheder for at producere mælk med en sundhedsfremmende fedtsyreprofil. Datamaterialet her og fedtsyremåling af samtlige mælkeprøver i ydelseskontrollen giver en unik position i forhold til det.