

508. Beretning fra Statens Husdyrbrugs forsøg

Vagn Østergaard, Allan Danfær,
Jørgen Daugaard, Jens Hindhede og
Iver Thysen

Foderfedtets indflydelse på malkekøernes produktion

The effect of dietary lipids on milk
production in dairy cows

With English Summary



I kommission hos Landhusholdningsselskabets forlag,
Rolighedsvej 26, 1958 København V.

Trykt i Frederiksberg Bogtrykkeri 1981

F O R O R D

Spørgsmålet om fedttildelingens indflydelse på malkekoens ydelse og mælkens kvalitet var i 50'erne og 60'erne genstand for en række forsøg ved afdelingen. Idet disse forsøg primært blev gennemført i midterste del af laktationen, medens den højtydende malkeko i første del af laktationen normalt er i energiunderskud, var der et behov for supplerende undersøgelser til afklaring af den kvantitative sammenhæng mellem foderets fedtindhold og koens produktion i første del af laktationen.

Dette er baggrunden for nærværende undersøgelse, der bl.a. omfatter en større forsøgsserie i årene 1975-77 og supplerende fedtsyreanalyser på en række fodermidler i 1980. Denne beretning omhandler aspekter af drøvtyggerses lipidomsætning samt en detaljeret beskrivelse og diskussion af produktionens ændring med stigende tildeling af foderfedt, specielt animalsk fedt.

Forsøgene er gennemført i 7 private besætninger under Helårsforsøg med kvæg. Forsøgsværterne, der bedes modtage vor bedste tak for et godt samarbejde, var følgende:

Gdr. Jens Jørgensen, Balleholm (H 11-2), Kattinge, 4000 Roskilde.
Inspektør Verner Mouritsen, Frihedslund (H 12-2), 4291 Ruds Vedby.

Gdr. Harry Bentzen, Hulebæksgaard (H 13-0), Hjælmsømagle,
4100 Ringsted.

Gdr. Lauge Hansen, Gl. Krogaard (H 21-1), Saaderup, 5540 Ullerslev.
Gdr. Holger Klint Andersen, Ejstrupgaard (H 24-1), Kauslundevej 140,
5500 Middelfart.

Forpagter Chr. Olesen, Juulsgaard (H 25-0), Ronæs, 5580 Nr. Aaby.
Direktør Carsten Rasmussen, A/S Søvang (H 904), 7840 Højslev.

Den omfattende dataindsamling er foretaget af forsøgsassistenterne Bent Søegaard, Svend Andersen og Hans Ellegaard Andersen. Forsøgenes planlægning m.m. er foretaget af Vagn Østergaard, som har gennemført dem i samarbejde med Jens Hindhede. Beretningens kapitel 2 er udarbejdet af Jørgen Daugaard, medens Allan Danfær primært har skrevet kapitel 4 og 5. Iver Thyssen har udført de omfattende statistiske analyser. Anders B.B. Jørgensen har skrevet appendiks. Friis Kristensen har også bidraget ved en grundig og inspirerende gennemgang af manuskriptet, der er renskrevet af Kirsten Larsen.

København, februar 1981

A. Neimann-Sørensen

INDHOLDSFORTEGNELSE

	Side
SAMMENDRAG	7
SUMMARY	20
1 INDLEDNING	31
2 ASPEKTER AF DRØVTYGGERES LIPIDOMSÆTNING	33
2.1 Karakteristiske egenskaber ved drøvtyggerfedt	33
2.2 Fedtomsætning i formaverne	33
2.2.1 Foderfedtets sammensætning	33
2.2.2 Den mikrobielle omsætning af foderfedt i formaverne	35
2.2.3 Mikrobiel lipidsyntese	39
2.2.4 Foderfedtets virkning på næringsstofomsætningen i formaverne	41
2.2.5 Fedttilførsel til tarmsystemet	43
2.3 Lipidernes fordøjelse/absorption i tarmsystemet	44
2.4 Mælkefedtsyntesen	47
2.4.1 Fedtsyrer fra plasmaets lipidfraktioner	47
2.4.2 De kortkædede fedtsyrer i mælkefedtet	49
2.4.3 Mælkefedtets sammensætning	53
2.4.4 Ikke-fodringsbetingede faktorerers påvirkning af lipidomsætningen	53
2.5 Enkelte fedtkilders påvirkning af mælkefedtsekretionen	56
2.6 Konklusion	60
3 FORSØGSPLAN, MATERIALE OG STATISTISKE METODER	62
3.1 Forsøgsplan	62
3.2 Forsøgsdyr	68
3.3 Dataregistrering	69
3.4 Forsøgsfoder	70
3.5 Statistiske metoder	70
3.5.1 Mælkeydelse i holdforsøgene	71
3.5.2 Mælkeydelse i overkrydsningsforsøgene	71
3.5.3 Mælkeydelsen som funktion af fedttildelingen	71
3.5.4 Sygdomme i holdforsøgene	72

forts.

Indholdsfortegnelse - fortsat

	Side
4 RESULTATER	73
4.1 Foderoptagelse	73
4.2 Mælkeydelse	77
4.3 Laktationskurver	94
4.4 Tilvækst	99
4.5 Drægtighedsforhold og sundhedstilstand	99
5 DISKUSSION OG KONKLUSION	102
5.1 Foderoptagelse	102
5.2 Mælkeydelse	103
5.3 Tilvækst og sundhedstilstand	118
6 OPTIMAL FEDTTILDELING	122
7 LITTERATUR	130
8 APPENDIKS	135
A.1 Nogle fodermidlers indhold af råfedt og fedtsyrer samt fedtets jodtal	135

SAMMENDRAG

Kap. 1 Indledning

Tidligere danske og udenlandske forsøg, som hovedsagelig er gennemført med malkekøer i midten af laktationen, har generelt vist et aftagende merudbytte af 4% mælk ved øget tilskud af fedt i foderet (fig. 1.1).

I begyndelsen af laktationsperioden, hvor kørerne oftest er i energiunderskud, er det vigtigt, at foderets energikoncentration er høj. En forøgelse af foderets energiindhold kan ske ved delvis ombytning af træstof med stivelse og/eller sukker, men et for lavt træstofindhold medfører et uheldigt gæringsforløb i vommen. Foderets energikoncentration kan imidlertid også øges ved et højere fedtindhold.

En økonomisk optimering af fedttilskuddet til køer i begyndelsen af laktationen forudsætter kendskab til kvantitative sammenhænge mellem foderets fedtindhold og køernes produktion.

På baggrund heraf blev formuleret følgende forsøgsspørgsmål:

"Hvorledes påvirker stigende tilskud af animalsk fedt malkekoens produktion i første del af laktationen?"

Det har været målet for nærværende undersøgelse at besvare dette spørgsmål ved at klarlægge de omtalte kvantitative sammenhænge.

Kap. 2 Aspekter af drøvtyggerses lipidomsætning

Fedtomsætning i formaverne

Foderets fedtstoffer (triglycerider, galaktosyldiglycerider) hydrolyseres i formaverne ved hjælp af mikrobielle lipaser til glycerol, galaktose og frie fedtsyrer. Glycerol og galaktose forgæres til flygtige forbindelser, mens fedtsyrerne bindes til vomindholdets partikulære fase, udsættes for mikrobiel aktivitet og undergår herved forskellige omdannelser afhængigt af fedtsyrernes kemiske egenskaber: hydrogenering, isomerisering, oxidation og indbygning i mikrobielle lipider (fig. 2.1 og 2.2).

De umættede fedtsyrer hydrogeneres, hvorved der dannes mættede fedtsyrer eller umættede med et mindre antal dobbeltbindinger end oprindeligt.

Linol- ($C_{18:2}$) og linolensyre ($C_{18:3}$) hydrogeneres næsten fuldstændigt, idet der dannes $C_{18:1}$ (trans), som tillige med oliesyre ($C_{18:1}$ (cis)) hydrogeneres videre til stearinsyre ($C_{18:0}$). Omfanget af disse processer er imidlertid ikke konstant, men varierer bl.a. med foderets fedtindhold. Det antages, at hydrogeneringsgraden aftager, når den tilførte fedtmængde øges.

De naturligt forekommende umættede fedtsyrer i planter er af cis-konfiguration. Samtidig med hydrogeneringen sker der en omdannelse til transkonfiguration. Foruden cis/trans isomerisering dannes der forskellige positionsisomere fedtsyrer (d.v.s. fedtsyrer med forskellig placering af dobbeltbindinger) i formaverne.

Langkædede mættede fedtsyrer omsættes kun i et ringe omfang, men kan dog oxideres til ketosyrer, der kan overføres til mælken som specielle smagsstoffer.

Den mikrobielle lipidsyntese i formaverne sker dels ud fra flygtige fedtsyrer dannet ved forgæring af kulhydrater og dels ud fra forgrenede, deaminerede aminosyrer. Desuden syntetiseres fedtsyrer med ulige antal kulstofatomer (fig. 2.2).

Stigende fedttilførsel med foderet påvirker forgæringen i formaverne således, at der kan iagttages følgende:

- 1) en faldende relativ koncentration af eddike- og smørsyre og en øget propionsyrekoncentration i vomindholdet,
- 2) en nedsat metanproduktion samt
- 3) en faldende fordøjelighed af træstof og fedt.

Disse virkninger er mest udtalte ved tilførsel af umættet fedt.

Lipidernes fordøjelse/absorption i tarmsystemet

Lipidfraktionen, der forlader formaverne og løben og føres til tyndtarmen, er normalt ændret betydeligt i forhold til foderets lipidfraktion med hensyn til fedtsyresammensætning. Lipiderne i tarmen er således karakteriseret ved et højt indhold af mættede og et meget lavt indhold af polyumættede C-18 fedtsyrer. Blandt de monoumættede udgør transfedtsyrer en betydelig del. Desuden findes andre fedtsyrer med specielle egenskaber, d.v.s. langkædede, forgrenede fedtsyrer

og fedtsyrer med et ulige antal kulstofatomer (fig. 2.3).

Ved tilblanding af sekret fra bugspytkirtlen og galdeblæren tilføres tarmindeholdet bl.a. emulgerende stoffer som polære lipider, galde-syrer og galdesalte. Herved fremmes overførslen af tarmindeholdets lipider fra den partikulære fase til vandfasen (dannelse af miceller), som er en forudsætning for fedtsyrernes absorption gennem tarmvæggen (fig. 2.4).

De kortkædede fedtsyrer, d.v.s. med 12 eller færre kulstofatomer, optages under absorptionen af portåreblodet og føres til leveren. De langkædede fedtsyrer med mere end 12 kulstofatomer esterificeres i tarmepitelet til triglycerider, som herfra udskilles til lymfen i form af chylomikroner (et lipoproteinkompleks med lav densitet). Chylomikronerne overføres fra lymfesystemet til blodet via den forreste hulvene (fig. 2.4).

Mælkefedtsyntesen

Fedtsyrerne i mælkefedtet hidrører fra to forskellige puljer: de langkædede fedtsyrer overføres direkte fra plasmalipiderne, mens de kort- og mellemkædede dannes ved de novo syntese i mælkekirtlen ud fra eddikesyre og β -hydroxysmørsyre.

Mælkekirtlen er blandt de væv, som har lipoproteinlipaseaktivitet, d.v.s. kan spalte og optage glycerol og fedtsyrer fra blodets lipoproteinfraktioner.

Langkædede fedtsyrer, som resorberes fra tarmen, og dermed deres kemiske egenskaber kan således overføres direkte til mælkefedtet via lipoproteiner (fig. 2.5).

Mælkekirtelvæv er i stand til at dehydrogenere langkædede mættede fedtsyrer, f.eks. dannes en betydelig del af mælkefedtets oliesyre ($C_{18:1}$) i yveret ud fra stearinsyre ($C_{18:0}$). Dette betyder sammen med de omtalte hydrogeneringsprocesser i vommen, at der ikke er nogen direkte sammenhæng mellem foderfedtets og mælkefedtets indhold af umættede fedtsyrer (jodtal).

De kort- og mellemkædede fedtsyrer i mælkefedtet syntetiseres i yvervævet med eddikesyre og β -hydroxysmørsyre som substrater. Syntesen sker over malonyl-CoA i cellernes cytoplasma, og som følge af

en lav aktivitet af enzymet citrat lyase hos drøvtyggere kan der ikke (som hos enmavede dyr) syntetiseres fedtsyrer ud fra glukose. β -hydroxysmørsyre indgår kun i fedtsyresyntesen som en terminal enhed og kan således højst bidrage med 4 kulstofatomer pr. fedtsyremolekyle (fig. 2.6).

Langkædede, frie fedtsyrer antages at hæmme fedtsyresyntesen, og en øget tilførsel af fedtsyrer (f.eks. fra foderet) til kirtelvævet vil sandsynligvis nedsætte de novo syntesen af de kortkædede fedtsyrer.

Triglycerider udgør mere end 95% af mælkefedtet. Fedtsyresammensætningen (tabel 2.1) er karakteriseret ved en relativ stor andel af fedtsyrer, der er kortkædede, forgrenede og/eller har et ulige antal kulstofatomer. Indholdet af umættede - især polyumættede - er lavt, og af disse er en væsentlig part transisomere og/eller positionsisomere.

Enkelte fedtkilders påvirkning af mælkefedtsekretionen

Foderfedtets til tider depressive effekt på den mikrobielle aktivitet samt ønsket om i stigende grad direkte at kunne regulere mælkefedtets kemiske/fysiske egenskaber (eks. essentielle fedtsyrer og smørrets konsistens) har i de senere år medført en betydelig forskningsindsats vedrørende coating af fedt. Ved coatingen indlejres (coates) fedtet i et lag, der kun i ringe udstrækning angribes af mikroorganismene i formaverne, men som nedbrydes ved løbens lave pH. Det beskyttende lag består ofte af protein denatureret ved varme-påvirkning og/eller ved formalinbehandling. Coatingen har i flere undersøgelser fungeret efter hensigten, idet der til tider er opnået en regulering af mælkefedtets kemiske sammensætning, en positiv effekt på smørfedtydelsen og/eller en undgåelse af foderfedtets negative effekt på den mikrobielle omsætning i formaverne (tabel 2.2 vedr. tran). Metoden har hidtil været forholdsvis kostbar og rummer desuden en række praktiske problemer med hensyn til tildeling af optimale fedtkombinationer (coated fedt versus ubeskyttet), valg af fedtkilde, coatingprocedure samt til tider ringe palatibilitet af den coatede fedtblanding. Hertil kommer betydningen for kvaliteten af den producerede mælk. Yderligere forskning er påkrævet.

Kap. 3 Forsøgsplan, materiale og statistiske metoder

Med det formål at besvare det i indledningen formulerede spørgsmål blev der gennemført forsøg med stigende tilskud af animalsk fedt i foderet til malkekøer.

Forsøgene blev udført 1975-77 i 7 kvægbesætninger, dels som holdforsøg på H 12-2 (RDM), H 21-1, H 24-1 og H 25-0 (alle Jers.) og dels som overkrydsningsforsøg (romersk kvadrat) på H 11-2 (Jers.), H 13-0 og H 904 (begge SDM).

Forsøgsbehandlingen omfattede 3 forskellige niveauer af fedttilskud i kraftfoderet: lavt (ca. 200 g), middel (ca. 400 g) og højt niveau (ca. 600 g råfedt pr. ko dgl. i kraftfoder).

De 3 fedtniveauer blev opnået ved tilsætning af stigende mængder animalsk fedt til kraftfoderet (A-bl. og C-bl.). Forsøgsblandinger-nes sammensætning er vist i tabellerne 3.1, 3.2 og 3.5.

I forsøgsperioden (1-12 uger efter kælvning i holdforsøgene og 8.-27. uge i overkrydsningsforsøgene) blev forsøgsfoderet (kraftfoderet) og det letfordøjelige grundfoder (roer o.lign.) tildelt med konstant daglig mængde inden for besætning og laktationsgruppe (1. kalvs og ældre køer). Det tungere omsættelige grundfoder (ensilage, hør, mask) blev givet efter ædelyst. De planlagte foder-mængder er anført i tabellerne 3.3, 3.4, 3.6, 3.7 og 3.8.

Antallet af forsøgskøer eller laktationer var ialt ca. 470, heraf 369 i holdforsøgene og 98 i overkrydsningsforsøgene (tabel 3.10).

Forsøgsfoderets indhold af råfedt ifølge analyser er vist i tabel 3.12.

Registrering af foderoptagelsen blev foretaget hver uge ved stikprøver (à 1 døgns varighed) omfattende alle køer inden for den enkelte forsøgsbehandling på H 12-2 og for alle køer inden for besætningen på H 11-2, H 13-0, H 21-1, H 24-1 og H 25-0. På H 904 registreredes foderoptagelsen dagligt for den enkelte ko i hele forsøgsperioden.

Mælkeydelsen blev registreret for den enkelte ko i ét døgn hver anden uge i holdforsøgene og i ét døgn hver uge i overkrydsningsforsøgene. Prøver af mælken analyseredes for fedt- og proteinindhold.

Køernes vægtændringer registreredes ved vejninger eller målinger af brystomfanget ved begyndelse og slutning af hver forsøgsperiode.

Der er foretaget løbende registreringer af reproduktionsforhold og forekomst af sygdomme, men analyse heraf kan kun foretages i holdforsøgene.

Den statistiske behandling af resultaterne vedrørende mælkeydelse blev udført ved hjælp af variansanalyser efter de beskrevne modeller, (1) for holdforsøg og (2) for overkrydsningsforsøg. Signifikansen af behandlingseffekten beregnedes ved en F-test.

Mælkeydelsen blev udtrykt som en funktion af fedttildelingen ved lineære regressionsmodeller, (3) og (4).

Forekomsten af sygdomme i holdforsøgene blev opgjort på grundlag af de foretagne dyrlægebehandlinger. Signifikansen af holdeffekten beregnedes ved en χ^2 -test ud fra nulhypotesen: ingen effekt af forsøgsbehandlingen.

Kap. 4 Resultater

Foderoptagelse

Køernes foderoptagelse i forsøgsperioden er vist for de enkelte besætninger i tabellerne 4.1 - 4.3. På H 12-2 fandtes foderoptagelsen upåvirket af fedttildelingen. Grundfoderoptagelsen for henholdsvis 1. kalvs og ældre køer på H 11-2, H 13-0, H 21-1, H 24-1 og H 25-0, hvor grundfoderet er registreret som gennemsnit for hele besætningen, er beregnet på grundlag af relationer mellem foderoptagelsen i 1. og senere laktationer. På H 904 var foderoptagelsen hos 1. kalvs køer også upåvirket af fedttildelingen, medens de ældre køer havde stigende ad lib. optagelse af græsmarksfoder (grøncobs) ved øget tildeling af fedt.

Fedtindholdet i den totale foderration udtrykt som g råfedt pr. kg tørstof i alt varierede fra 27 til 63, og var i gennemsnit henholdsvis 33, 45 og 55 for lavt, middel og højt fedtniveau (tabel 4.4).

Mælkeydelse

Den opnåede mælkeydelse ved de enkelte forsøgsbehandlinger inden for hver besætning og laktationsgruppe er anført som korrigerede gennemsnit i tabellerne 4.5 - 4.11.

I overkrydsningsforsøgene (H 11-2, H 13-0 og H 904) er kun medtaget resultater fra de sidste 3 uger af hver forsøgsperiode, således at de gældende perioder bliver laktationsugerne 11-13, 18-20 og 25-27.

Mælkeydelsen var generelt stigende med foderets fedtindhold. På H 12-2 og H 25-0 var ydelsen dog faldende for de ældre køer på hold H (højt fedtniveau) i forhold til hold M (middel fedtniveau).

Den daglige mælkeydelse pr. ko er fremstillet grafisk som funktion af foderets fedtindhold i figurerne 4.1 - 4.4. Resultaterne fra 2. og senere laktationer på H 904 er dog udeladt på grund af, at foderoptagelsen af ukendte årsager var væsentligt forskellig mellem forsøgsbehandlingerne.

Statistiske analyser af den kvantitative sammenhæng mellem foderets fedtindhold og mælkeydelsen viste følgende:

- 1) Den nævnte sammenhæng kunne beskrives ligeså godt ved en retlinær som ved en krumlinet funktion inden for det betragtede spektrum, ca. 30 til ca. 60 g råfedt pr. kg tørstof i totalrationen.
- 2) Den retlinede funktions hældningskoefficient (behandlingseffekten) var signifikant større for laktationsstadiet 1.-12. uge (holdforsøgene) end for laktationsstadiet 11.-27. uge efter kælvning (overkrydsningsforsøgene). Der var derimod ikke signifikant forskel på hældningskoefficienterne for forskellige laktationsgrupper (1. kalvs contra ældre køer) og forskellige racer (RDM og SDM contra Jersey).
- 3) For laktationsgrupper og racer under ét blev hældningskoefficienterne for laktationsstadierne 1.-12. uge og 11.-27. uge henholdsvis 0,00745 og 0,00385, når foderets fedtindhold angives som g råfedt i kraftfoder (figur 4.2).
De tilsvarende hældningskoefficienter var henholdsvis 0,0897 og 0,0546, når foderets fedtindhold udtrykkes som g råfedt pr. kg tørstof (figur 4.4).

Laktationskurver

Mælkeproduktionens forløb i holdforsøgene er vist ved laktationskurver i figurerne 4.5 - 4.8.

Der kunne allerede 2 uger efter forsøgsperiodens start ved kælvning

konstateres betydelige ydelsesforskelle mellem^{de} enkelte hold inden for besætning og laktationsgruppe. De indbyrdes holdforskelle, som havde manifesteret sig ca. 4 uger efter kælvning, blev bibeholdt i resten af forsøgsperioden til og med 12. laktationsuge. Herefter mindskedes forskellen mellem holdene, idet der blev fodret med samme mængde fedt til alle køer inden for den enkelte besætning og laktationsgruppe.

Tilvækst

Køernes vægtændringer i holdforsøgene er anført som korrigerede gennemsnit (g daglig tilvækst pr. ko 1-12 uger efter kælvning) i tabellerne 4.5 - 4.8. Der blev ikke fundet signifikant virkning af foderets fedtindhold på køernes tilvækst.

Drægtighedsforhold og sundhedstilstand

Der blev ikke fundet forskelle i køernes drægtighed på H 21-1, H 24-1 og H 25-o (belyst ved antal dage fra kælvning til første inseminering samt drægtighedsprocent efter første inseminering) ved forskelligt fedtniveau (tabel 4.12).

Tabel 4.13 viser antallet af køer behandlet for stofskifte- og fordøjelsessygdomme i forsøgsperioden på H 21-1, H 24-1 og H 25-o. Der var ingen signifikant virkning på forekomsten af disse sygdomme ved at øge foderets fedtindhold.

Kap. 5 Diskussion og konklusion

Foderoptagelse

Det antages på baggrund af resultater fra egne forsøg (H 12-2) samt fra litteraturen, at foderoptagelsen ikke påvirkes i et væsentligt omfang af foderets fedtindhold inden for det variationsområde (27-63 g råfedt/kg tørstof), som nærværende forsøg har dækket. En eventuel virkning af øget fedttildeling vil snarere være en reducere end en stimulering af foderoptagelsen.

Det konkluderedes derfor, at der kan forudsættes ens grundfoderoptagelse mellem forsøgshold/behandlinger inden for laktationsgruppe og besætning på H 11-2, H 13-o, H 21-1, H 24-1 og H 25-o. Den stigende

optagelse af grøncobs, som blev registreret fra lavt til højt fedtniveau for de ældre køer på H 904, tilskrives andre forhold end foderets fedtindhold. Resultaterne fra denne laktationsgruppe er derfor udeladt ved fastlæggelsen af de kvantitative sammenhænge mellem fedtniveau og mælkeydelse.

Mælkeydelse

De statistiske analyser viste, at mælkeydelsen var stigende med foderets fedtindhold og kunne beskrives som en retlineær funktion heraf inden for det undersøgte variationsområde (27-63 g råfedt/kg tørstof).

Dette variationsområde var ikke tilstrækkeligt til, at forsøgene kunne fastlægge det fedtniveau, som medfører maksimal mælkeydelse - og dermed en krumlinet, kvantitativ sammenhæng, der kan danne grundlag for en økonomisk optimering af malkekøernes fedttildeling.

En række tidligere undersøgelser har belyst virkningen af at øge fedttildelingen til malkekøer ved tilskud af animalsk fedt (tabel 5.1).

Resultaterne af disse forsøg er vist grafisk i figur 5.1. Den daglige mælkeydelse pr. ko er her beskrevet som krumlinede funktioner af foderets fedtindhold i variationsområdet 14-87 g råfedt pr. kg tørstof. Der er forskellige kurver (B, C og D) gældende for køer med forskellig ydelseskapalet, og kurverne viser, at højtydende køer opnår maksimal ydelse ved et større fedtindhold i foderet end lavere ydende køer.

Kurvernes forløb er diskuteret og fundet sandsynlige ved en fysiologisk vurdering. Stigningen på kurverne skyldes formentlig en højere udnyttelse af omsættelig energi til mælkeproduktion som følge af, at en relativt større del af mælkefedtet dannes direkte fra plasma-lipider, når foderets fedtindhold øges. Den aftagende mælkeydelse, der efterhånden indtræder ved stigende fedtniveau, kan dels være forårsaget af foderfedtets nedsættelse af den mikrobielle aktivitet i formaverne og dels af en hæmmende virkning i det intermediære stofskifte.

Resultaterne af egne forsøg (figur 4.4) er kombineret med de tidligere publicerede undersøgelser (figur 5.1) for at kunne fastlægge

de ønskede kvantitative sammenhænge til brug for en økonomisk optimering af fedttilskuddet til malkekøer.

Ved denne kombination af resultater fra forskellige forsøg er foderets fedtindhold angivet som g korrigeret råfedt pr. kg tørstof, hvor g korrigeret råfedt er defineret som g råfedt i kraftfoder + g fedtsyrer i grovfoder. Herved gøres de fundne sammenhænge mere anvendelige for foderrationer med forskellig størrelse og sammensætning af grovfoderet.

Figur 5.2. viser de tilsvarende kurver (B, C og D) som i figur 5.1 samt de rette linier fra egne forsøg (se figur 4.4), men med foderets fedtindhold omregnet til g korrigeret råfedt pr. kg tørstof. Denne omregning er foretaget på grundlag af senere udførte fedtsyreanalyser i grovfodermidler (se Appendiks A.1).

Der er ved kombination af kurverne C og D samt de rette linier i figur 5.2 fastlagt 2 funktioner (2. grads polynomier), som beskriver den kvantitative sammenhæng mellem foderets fedtindhold og mælkeydelsen, dels 1-12 uger efter kælvning med ydelsesniveau 29 kg 4% mælk og dels 11-27 uger efter kælvning med ydelsesniveau 24 kg 4% mælk pr. ko daglig.

De to funktioner har følgende form (y = kg 4% mælk pr. ko daglig og x_3 = g korrigeret råfedt/kg tørstof):

$$(1) \quad y = 20,1 + 0,327 x_3 - 0,00301 x_3^2 \quad \text{for } 23 \leq x_3 \leq 57$$

$$(2) \quad y = 19,1 + 0,200 x_3 - 0,00214 x_3^2 \quad \text{for } 16 \leq x_3 \leq 54$$

Funktionerne er vist i figur 5.3 sammen med de fundne resultater for køer i 2. og senere laktationer dels 1-12 uger og dels 11-27 uger efter kælvning.

Konklusion:

- 1) De gennemførte forsøg viste, at den daglige mælkeydelse i kg 4% mælk pr. ko (y) kunne beskrives ved retlinede funktioner dels af g råfedt i kraftfoder (x_1), og dels af g råfedt pr. kg tørstof i alt (x_2). Variationen i de tildelte mængder fedt (x_1 : 147 - 678 g og x_2 : 27 - 63 g) var for lille til at kunne vise et aftagende marginaludbytte ved at øge foderets fedtindhold (se fig. 4.2 og 4.4).

Hældningskoefficienten for de rette linier var større for laktationsperioden 1 - 12 uger efter kælvning ($dy/dx_1 = 0,0075$; $dy/dx_2 = 0,090$) end for laktationsperioden 11 - 27 uger efter kælvning ($dy/dx_1 = 0,0039$; $dy/dx_2 = 0,055$), hvilket viser et større merudbytte i tidlig laktation end senere i laktationen.

- 2) Der var ikke signifikant forskel på hældningen af de rette linier for forskellige racer (RDM/SDM contra Jersey). Dette viser - støttet af andre undersøgelser - at jerseykøer ikke har større mælkedyldelse ved en given øgning af fedttildelingen end køer af de tunge racer.
- 3) Tidligere - både danske og udenlandske - fedtforsøg, som tilsammen dækker et stort variationsområde med hensyn til mængden af foderfedt (14 - 87 g råfedt/kg tørstof), viser, at mælkeydelsen inden for dette større spektrum i den tildelte fedtmængde kan beskrives ved krumlinede funktioner af foderets fedtindhold med forskellige maksima afhængigt af køernes ydelseskapa-citet. Den mængde foderfedt, der i følge disse funktioner medfører maksimal ydelse, er således større ved højt end ved lavere ydelsesniveau (se fig. 5.1 og 5.2).

Kurvernes forløb er diskuteret og fundet sandsynlige ud fra en fysiologisk vurdering.

- 4) Resultaterne af egne og tidligere publicerede forsøg er kombineret for at kunne fastlægge kvantitative sammenhænge mellem foderets fedtindhold og køernes mælkeydelse til brug for en økonomisk optimering af fedttildelingen (se kap. 6). Foderets fedtindhold er af hensyn til en mere generel anvendelse af disse sammenhænge angivet som g korrigeret råfedt pr. kg tørstof (x_3). Dette udtryk er defineret som g råfedt i kraftfoder + g fedtsyrer i grovfoder.

Der er fastlagt 2 funktioner (2. grads polynomier), (1) og (2), gældende for henholdsvis 1. - 12. laktationsuge med ydelsesniveau 29 kg 4% mælk og 11. - 27. laktationsuge med ydelsesniveau 24 kg 4% mælk pr. ko daglig.

Funktionen (1): $y = 20,1 + 0,327 \cdot x_3 - 0,00301 \cdot x_3^2$ gælder for $23 \leq x_3 \leq 57$ og har maksimal y-værdi ved $x_3 = 54$.

Funktionen (2): $y = 19,1 + 0,200 \cdot x_3 - 0,00214 \cdot x_3^2$ gælder for $16 \leq x_3 \leq 54$ og har maksimal y-værdi ved $x_3 = 47$ (se fig. 5.3).

- 5) Med udgangspunkt i ovennævnte funktioner kan det beregnes, at der for at opnå maksimal ydelse 1 - 12 uger efter kælvning skal tildeles 920 g korrigeret råfedt pr. ko daglig eller ca. 800 g råfedt i kraftfoder (tilskudsfedt), hvis tørstofoptagelsen er 17 kg, og grovfoderet indeholder 125 g fedtsyrer. Tilsvarende skal der tildeles ca. 675 g tilskudsfedt pr. ko daglig 11 - 27 uger efter kælvning ved en tørstofoptagelse på 17 kg og 125 g fedtsyrer i grovfoderet.

Tilvækst og sundhedstilstand

Køernes tilvækst 1-12 uger efter kælvning var ikke påvirket signifikant af stigende fedtindhold i foderet (tabellerne 4.5 - 4.8).

Der kunne imidlertid forventes en negativ sammenhæng mellem foderets fedtindhold og køernes tilvækst, da 1) øget fedttildeling medfører højere mælkeydelse (figur 4.1), og 2) højere ydelse resulterer i mindre tilvækst ved samme foderoptagelse.

Årsagen til, at denne forventede negative sammenhæng mellem fedttildelingen og køernes tilvækst ikke kunne eftervises (figur 5.4) kan være, at et øget fedtindhold i foderet resulterer i dels en højere udnyttelse af omsættelig energi til mælkeproduktion og dels en hæmning af de kataboliske processer i fedtvævet (lipolyse).

Konklusion:

- 1) Der er ikke fundet signifikante forskelle i køernes vægtændringer 1-12 uger efter kælvning ved tildeling af forskellige mængder animalsk fedt.
- 2) Resultaterne tyder dog på, at højtydende køers vægttab i begyndelsen af laktationen mindskes ved højt fedtindhold i foderet.
- 3) Køernes sundhedstilstand har ikke været påvirket signifikant af foderets fedtindhold.

Kap. 6 Optimal fedttildeling

Den enkelte mælkeproducent ønsker at planlægge fodringen af sine malkekøer med foderfedt på en sådan måde, at der opnås optimal fodring, d.v.s. den økonomisk mest fordelagtige fodring under de foreliggende forudsætninger med hensyn til:

- race,
- laktationsnummer,
- laktationsstadium/ydelseskapa-
citet,
- foderrationens sammensætning og størrelse,
- fodringsprincip, -hyppighed og -rækkefølge,
- fedttype/fedtkvalitet,
- pris på mælk, foder og foderfedt.

Konklusion:

- 1) Ved hyppigt forekommende priser på suppleringsfedt, mælk og foder vil den optimale fedttildeling i de respektive laktationsafsnit ligge i følgende intervaller for g korrigeret råfedt:
 - 1-12 uger efter kælvning: 50-53 g/kg tørstof eller 77-82 g/p.f.e.
 - 13-24 uger efter kælvning: 40-45 g/kg tørstof eller 66-73 g/p.f.e.
 - 1-24 uger efter kælvning: 46-49 g/kg tørstof eller 73-79 g/p.f.e.I sidste halvdel af laktationen tildeles ca. 10% mindre pr. p.f.e. end i perioden 13-24 uger efter kælvning.
- 2) Den enkelte besætnings forhold inddrages ved den endelige fastlægning af den optimale fedttildeling ved hjælp af én af tabellerne 6.2 - 6.5, idet priserne varierer fra bedrift til bedrift og fra periode til periode.
- 3) Den optimale tildeling ved en given ydelseskapa-
citet er uafhængig af race og laktationsnummer.
- 4) Der forudsættes fodring med én i alle henseender velafbalanceret foderration, der er baseret på et stort og alsidigt grovfoder, og som er jævnt fordelt over døgnet. Det forenklede fodringsprincip er anvendt i egne forsøg, men den optimale fedttildeling ved pkt. 1-2 kan også anvendes ved normfodring eller fodring med fuldfoder efter ædelyst, når betingelserne herfor iøvrigt er til stede.
- 5) Det forudsættes, at tilskudsfedt er af god kvalitet og primært udgøres af animalsk fedt (oksetalg og svinefedt) eller vegetabilsk fedt med tilsvarende egenskaber. Jodtallet i det samlede tilskudsfedt i kraftfoderet bør ikke overstige 80-90. Ved et højere jodtal må det optimale fedttilskud reduceres således, at jodtalsproduktet ikke forøges.
- 6) Med ovennævnte grundlag for fastlægning af optimal fedttildeling - udtrykt ved korrigeret råfedt - forlades det tidligere grundlag (råfedt i kraftfoder + fordøjeligt råfedt i grovfoder), som er anført i 474. beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg.

SUMMARY

Chapter 1 Introduction

Most experiments with fat (lipid supplements) to dairy cows have been carried out in mid lactation and have - in general - shown a decreasing marginal milk yield for an increasing level of dietary fat. Schematically this is shown for kg milk, fat percentage in milk and kg 4% fat corrected milk (Fig. 1.1).

In early lactation, where cows often have a higher energy demand than the energy intake, it is important that the energy concentration of the diet is high. But an increase of energy per kg of dry matter by a substitution partly of the fibre by starch and/or sugar often leads to rumen disturbance. Therefore it is important to study the effect of using more fat in the diet, as fat is high in energy.

The quantitative relationship between level of fat in the diet and the production of the cows has to be estimated to make it possible to calculate the optimum input of fat under various conditions. Therefore the goal of the experiment has been to answer the following question:

"How does an increasing level of tallow in the diet influence the production of the dairy cow in early lactation ?".

Chapter 2 Aspects concerning the lipid metabolism in ruminants

Lipid metabolism in the forestomachs

The lipids in the diet are hydrolyzed in the forestomachs by microbial lipases to glycerol, galactose and free fatty acids. Glycerol and galactose are fermented to volatile compounds, while the fatty acids are bound to feed particles in the rumen and are - by the activity of the microbes - changed by hydrogenation, isomerization, oxidation and incorporation into microbial lipids (Fig. 2.1 and 2.2).

The unsaturated fatty acids are hydrogenated to saturated fatty acids or less unsaturated fatty acids.

Long-chain saturated fatty acids are influenced only to a small extent, but can be oxidized to keto acids, which are some of the characteristic flavour components in the milk.

The lipid synthesis by microbes in the forestomachs is based on both the VFA from the fermentation of carbohydrates and the branched-chained de-aminated amino acids. Also fatty acids with an odd number of carbon atoms are synthesized (Fig. 2.2).

Increasing levels of lipid supplements are influencing the fermentation in the forestomachs in the following directions:

- 1) a decrease in the digestion of fibre in the rumen
- 2) a decrease in the relative concentration of acetic acid and buturic acid and an increased propionic acid concentration in the rumen
- 3) a reduced production of methane.

Those effects are most marked, when the diet is supplemented by unsaturated lipids.

The digestion and absorption of lipids in the intestine

The fatty acids which are entering the intestine are often markedly changed compared to the dietary fatty acids. The lipids in the intestine are characterized by a large content of saturated and a small content of poly-unsaturated C-18 fatty acids. Among the mono-unsaturated fatty acids the trans-fatty acids make up a large part. Furthermore there are fatty acids with specific characteristics.

The short-chain fatty acids, i.e. with 12 or less carbon-atoms, are absorbed by the portal blood and transported to the liver. The long-chain fatty acids with more than 12 carbon-atoms are esterified in the intestinal epithelium to triglycerides, which are taken up by the lymph as chylomicrons. The chylomicrons are transported with the lymph to the blood through the anterior vena cava (Fig. 2.4).

Milk fat synthesis

The fatty acids in the milk fat originate from two different pools: the long-chain fatty acids which are transferred directly from the plasma lipids, and the short- and medium-chain fatty acids, which

are synthesized de novo in the mammary gland from acetate and β -hydroxy-butyrate (Fig. 2.5 and 2.6).

The mammary gland possesses lipoproteinlipase activity. Therefore the lipoproteins in the blood (including chylomicrons) can be hydrolyzed to glycerol and free fatty acids, both of which are taken up by the mammary tissue. In this way the long-chain fatty acids, which are absorbed from the intestine as well as their chemical characteristics can be transferred directly to the milk fat via the chylomicrons.

The long-chain saturated fatty acids can be dehydrogenated to some extent in the mammary gland. Thus a significant part of the oleic acid ($C_{18:1}$) in the milk fat is made from stearic acid ($C_{18:0}$). Because of that and the processes of hydrogenation in the rumen there is no direct relationship between the level of unsaturated fatty acids in the diet and in the milk fat.

The triglycerides form more than 95% of the milk fat. The composition of the fatty acids (table 2.1) is characterized by a relatively high proportion of fatty acids, which are short-chained, branched and/or have an unequal number of carbon-atoms. The content of unsaturated - particularly poly-unsaturated - fatty acids are low in milk fat.

Chapter 3 Experimental design, material and statistical procedures

The goal of the experiment was to answer the question formulated in chapter 1. Therefore the experiment has been carried out with increasing levels of tallow in the diet to dairy cows in 7 privately owned herds during the years 1975-77. These were H 12-2 (Red Danish), H 11-2, H 21-1, H 24-1 and H 25-0 (all Jersey herds), H 13-0 and H 904 (Friesian).

The experimental treatment consisted of 3 different levels of tallow supplement to the concentrates, which with respect to level of net energy and protein were fed equally to all cows during the period of treatment. The daily supplement of fat were (g per cow daily) approx.:

Low: 200

Medium: 400

High: 600

The composition of the concentrates is given in Table 3.1, 3.2 and 3.5.

The experimental designs were group experiments in the herds H 12-2, H 21-1, H 24-1 and H 25-0, but latin square experiments in the herds H 11-2, H 13-0 and H 904.

During the experimental period (1-12 weeks after parturition in the group experiments and 8 - 27 in the latin square experiments) the experimental feed and the basis feed (roots, pulp and molasses) high in digestibility were fed equally within herd and parity (1st lactation (heifers) and later lactations (cows)). The ad libitum fed feeds were silage, hay and/or breweries grain. The feeding plans are given in Table 3.3, 3.4, 3.6, 3.7 and 3.8.

The number of experimental units (lactations) were 369 in the group experiments and 98 in the latin square experiments (Table 3.10). The live weight of the animals are given in table 3.11. The content of crude fat in the experimental feeds is shown in table 3.12.

The feed intake was measured by sampling over 24 hours every week in the individual herd. The sampling concerned all cows within parity and treatment in herd H 12-2, but all cows within the herd for H 11-2, H 13-0, H 21-1, H 24-1 and H 25-0. The feed intake was recorded daily for each individual animal in H 904.

The daily milk yield was recorded for each cow every 14 days in the group experiments, but every 7 days in the latin square experiments. Analyses were done in milk samples to determine the content of fat and protein.

The live weight changes of the animals were determined by weighing or measurement of the chest girth at the beginning and the end of each experimental period.

Recording of the reproductive performance and the incidence of diseases was done throughout the experimental period.

In the statistical analysis of the milk production data, analyses of variance were used according to the models described (section 3.5), (1) for the group experiments and (2) for the latin square experiments. The significance of the effect of treatment was estimated by F-test.

The milk yield was expressed as a function of the fat level by means of models of linear regression, (3) and (4).

The incidence of diseases in the group experiments was based upon the number of veterinary treatments. The significance of the effect of group (treatment) was estimated by chi-square analysis according to the null hypothesis: no effect of experimental treatment.

Chapter 4 Results

Feed intake

Feed intake of the cows during the experimental period is shown in Tables 4.1 - 4.3 for each herd. In H 12-2 feed intake was not affected by the increasing supply of tallow. In the herds H 11-2, H 13-0, H 21-1, H 24-1 and H 25-0 the intake of the basic feeds and the ad libitum feeds was estimated for the herd as a whole. The intake of heifers and cows, respectively, was then calculated on the basis of known relations. In H 904 feed intake of heifers was not affected by tallow supply either, whereas ad libitum intake of grass cobs for older cows increased with increasing tallow supply.

The fat content, both the basis content in silage, oilcakes, grain etc. and the supplement of tallow, in the total diet expressed as g crude fat per kg dry matter, ranged from 27 to 63, and the average for low, medium and high fat rations were 33, 45 and 55, respectively (Table 4.4).

Milk yield

Milk yield for each treatment within herd and parity is shown in Tables 4.5 - 4.11.

In the latin square experiments (H 11-2, H 13-0 and H 904) only results from the 3 last weeks of each experimental period were included, i.e. 11th - 13th, 18th - 20th and 25th - 27th week of lactation.

Generally the milk yield increased with increasing level of fat in the ration. However, in H 12-2 and H 25-0 milk yield for older cows in group H (high fat level) was lower than in group M (medium fat level).

Daily milk yield as a function of the fat level in the ration is shown in figures 4.1 - 4.4. Results from older cows at H 904 were excluded because feed intake between treatments showed significant differences due to unknown reasons.

The statistical analysis of the quantitative relationship between fat level of the ration and milk yield showed that

- 1) a linear and a quadratic function fitted the data equally well in the range studied (approximately 30 - 60 g crude fat per kg dry matter),
- 2) the coefficient of regression (treatment effect) for lactation weeks 1 to 12 (the group experiments) was significantly higher than for the lactation weeks 11 to 27 post partum (the latin square experiments). Parity (heifers versus cows) and breed (Danish Red Cattle and Friesian versus Jersey) did not affect the coefficient of regression,
- 3) the coefficient of regression was 0.00745 for lactation weeks 1 to 12 and 0.00385 for lactation weeks 11 to 27 where the dietary fat is expressed as g crude fat in the concentrates (experimental feed). (Fig. 4.2).

Corresponding coefficients of regression were 0.0897 and 0.0546 respectively when the dietary fat is expressed as g crude fat per kg dry matter (total diet). (Fig. 4.4).

Lactation curves

The curves of lactation for both parities in the group experiments are shown in figures 4.5 - 4.8.

The experimental period started at parturition and 2 weeks post partum there were marked differences between treatment groups.

The differences between treatment groups which were established approximately 4 weeks post partum remained until the termination of the experiment 12 weeks post partum. During the post-experimental period all cows within herd and parity were offered the same amount of fat supply (medium level) and during this period differences in milk yield between groups decreased.

Liveweight gain

In Tables 4.5 - 4.8 corrected average weight gains (g daily weight gain per cow 1-12 weeks p.p.) for the cows in the group trials are shown. There was no significant effect of dietary fat level on liveweight gain.

Reproduction and health

There was neither effect of dietary fat level on days between parturition and first A.I. service nor on cows pregnant at first service (Table 4.12) in H 21-1, H 24-1 and H 25-0.

Table 4.13 shows number of cows in H 21-1, H 24-1 and H 25-0 treated for metabolic and digestion disorders. There was no effect of dietary fat level.

Chapter 5 Discussion and conclusion

Feed intake

On the basis of results from H 12-2 and results reported in the literature it is anticipated that feed intake is not significantly effected by dietary fat level within the range of the present experiment (27 - 63 g crude fat per kg dry matter). A potential effect of increasing fat supply on feed intake would rather be a reducing than a stimulating one.

It is therefore concluded that intake of ad libitum feeds is the same among groups/treatments within parity group and herd at H 11-2, H 13-0, H 21-1, H 24-1 and H 25-0. Increasing intake of grass cobs with increasing fat level for older cows at H 904 is probably due to reasons other than fat level. Results from this groups is therefore excluded at the estimation of the quantitative relationships between dietary fat level and milk yield.

Milk yield

The statistical analysis showed that milk yield increased with increasing dietary fat level within the range studied (27 - 63 g crude fat per kg dry matter), and that the relationship could be described by a linear regression.

The dietary fat range studied in the experiments was too narrow to detect the level giving maximum milk yield. Therefore a quadratic quantitative relationship, which is the basis for an estimation of an economic optimum input of fat, could not be established.

In previous experiments the effect of increasing dietary fat level by means of animal fat was studied (Table 5.1).

The results of these experiments are shown in figure 5.1. Daily milk yield is described as quadratic functions of dietary fat level within the range of 14 - 87 g crude fat per kg dry matter. The different curves (B, C and D) are associated to groups of cows with different milk production capacities. It can be seen that high yielding cows reach maximum milk yield at a higher dietary fat level than do low yielding cows.

The shape of the curves can be discussed from a physiological point of view. The increase in milk yield is probably due to a higher utilization of metabolizable energy for milk production because of a relatively larger part of the milk fat derived directly from plasma lipids, when dietary fat increases. The decrease in milk yield with further increase in dietary fat level can partly be due to the inhibiting effect of dietary fat on rumen microbial activity and partly to the inhibiting effect on the intermediary metabolism.

Results from the present experiments (Fig. 4.4) were pooled with results from the previous experiments (Fig. 5.1) in order to estimate quantitative relationships which can be used for calculating economic optimum dietary fat levels for dairy cows.

In the pooled set of results from different experiments the diet fat is expressed as g corrected crude fat per kg dry matter, where g corrected crude fat is defined as g crude fat in concentrates + g fatty acids in forage. This will make the relationships more applicable to different combinations of rations.

Figure 5.2 shows the curves (B, C and D) corresponding to those in Figure 5.1, together with the linear functions from the present experiment (see Figure 4.4) but with the dietary fat recalculated as g corrected crude fat per kg dry matter. The recalculations are based on analyses for fatty acids in forage (see Appendix A.1).

By combination of the curves C and D and the linear functions in figure 5.2 two curvilinear functions have been established. Function (1) describes the quantitative relationship between dietary fat level and milk yield (kg FCM) 1-12 weeks post partum at a daily yield capacity of approximately 29 kg FCM. Function (2) describes the relationship 11 - 27 weeks post partum at a daily yield capacity of approximately 24 kg FCM.

$$(1) \quad y = 20.1 + 0.327 x_3 - 0.00301 x_3^2 \text{ for } 23 \leq x_3 \leq 57$$

$$(2) \quad y = 19.1 + 0.200 x_3 - 0.00214 x_3^2 \text{ for } 16 \leq x_3 \leq 54$$

where y = kg FCM per cow per day

x_3 = g corrected crude fat per kg dry matter.

The functions are shown in Figure 5.3 together with the recorded results for cows in 2nd and later lactations.

Conclusions:

- 1) The experiments showed that daily kg FCM per cow (y) could be described by linear functions of g crude fat in concentrates (x_1) and of g crude fat per kg dry matter (x_2). The range of fat supply (x_1 : 147 - 678 g and x_2 : 27 - 63 g) was too narrow to show decreasing marginal milk yield by increasing fat supply (see Figure 4.2 and 4.4).

The coefficient of regression of kg FCM on x_1 and x_2 was higher during lactation weeks 1-12 post partum ($dy/dx_1 = 0.0075$; $dy/dx_2 = 0.090$) than it was during lactation weeks 11 - 27 p.p. ($dy/dx_1 = 0.0039$; $dy/dx_2 = 0.055$). This shows that tallow supply results in a larger marginal response (output in FCM) in early lactation than later in lactation (weeks 11 - 27).

- 2) There was no effect of breed (Red Danish and Friesian versus Jersey) on the coefficients of regression. This finding is supported by other experiments and shows that Jersey does not respond by a higher marginal yield than Red Danish and Friesian.

- 3) Previous experiments, both Danish and others, with fat supply covering a wide range (14 - 87 g crude fat per kg dry matter) showed that within this range, milk yield was a quadratic function of dietary fat level. Cows with high milk yield capacity had maximum milk yield at a higher dietary fat level, than had cows with lower milk yield capacity (see Fig. 5.1 and 5.2).

The functions are in agreement with our physiological knowledge in this area.

- 4) Results from the present and previous experiments were pooled in order to estimate quantitative relationships between dietary fat level and milk yield. This kind of relationships can be used in calculating economic optimum diet fat levels for dairy cows. To make the relationships generally applicable dietary fat is defined as g corrected crude fat per kg dry matter (x_3), i.e. g crude fat in concentrates + g fatty acids in forage.

Two quadratic functions (1) and (2) were generated. (1) is valid during lactation weeks 1-12 for cows with daily yield capacity of 29 kg FCM. (2) is valid during lactation weeks 11-27 for cows with a daily yield capacity of 24 kg FCM.

$$\text{Function (1): } y = 20.1 + 0.327 \cdot x_3 - 0.00301 \cdot x_3^2$$

where $23 \leq x_3 \leq 57$; y has its maximum at $x_3 = 54$.

$$\text{Function (2): } y = 19.1 + 0.200 \cdot x_3 - 0.00214 \cdot x_3^2$$

where $16 \leq x_3 \leq 54$; y has its maximum at $x_3 = 47$ (see fig. 5.3).

- 5) From the above functions it can be calculated that to get maximum milk yield 1-12 weeks post partum, daily dietary fat supply must be approx. 920 g corrected crude fat per cow, or approx. 800 g corrected fat in the concentrates (fat supply) assuming that the daily dry matter intake is 17 kg and that the forage contains 125 g fatty acids. Maximum milk yield 11-17 weeks post partum requires approx. 675 g crude fat in the concentrates assuming that the daily dry matter intake is 17 kg and that the forage contains 125 g fatty acids.

Liveweight gain and health

The liveweight gain 1-12 weeks post partum was not affected significantly by increasing dietary fat level (Tables 4.5 - 4.8).

An inverse relationship between dietary fat level and liveweight gain might be expected because 1) increasing fat supply gives increasing milk yield (Fig. 4.1) and 2) increasing milk yield gives decreasing liveweight gain, if feed intake is constant.

The reason for the absence of this expected inverse relationship might be that increasing dietary fat levels partly could increase utilization of metabolizable energy for milk production and partly could inhibit the catabolic processes in adipose tissue (lipolysis).

Conclusions:

- 1) There was no effect of supply of animal fat on liveweight gain.
- 2) There were indications that weight loss during the first part of the lactation in high yielding cows was diminished at high dietary fat levels.
- 3) The health was not affected by dietary fat levels.

"Hvorledes påvirker stigende tilskud af fedt malkekoens produktion i første del af laktationen".

Ved besvarelse af dette spørgsmål bliver det under forskellige prisforhold muligt at fastlægge det optimale - d.v.s. økonomisk mest fordelagtige tilskud af fedt til højtydende malkekøer.

Målet for nærværende undersøgelse er derfor at klarlægge den kvantitative sammenhæng mellem foderets fedtindhold og koens produktion.

1 INDLEDNING

Det er i de seneste årtier dokumenteret, at foderfedtets mængde og sammensætning øver en væsentlig indflydelse på malkekoens ydelse, herunder på mælkenes fedtindhold og mælkefedtets sammensætning (Banks et al. 1976 a og b, Larsen et al. 1965^{a, b}, Storry et al. 1973, Sørensen & Andersen 1965, Sørensen et al. 1966).

På grundlag af de forsøg, nævnte kilder refererer til og som er gennemført siden 60'erne, kan virkningen af et stigende dagligt tilskud af foderfedt til malkekoens relativt fedtfattige grundration (roer m.m.) illustreres skematisk som vist i figur 1.1.

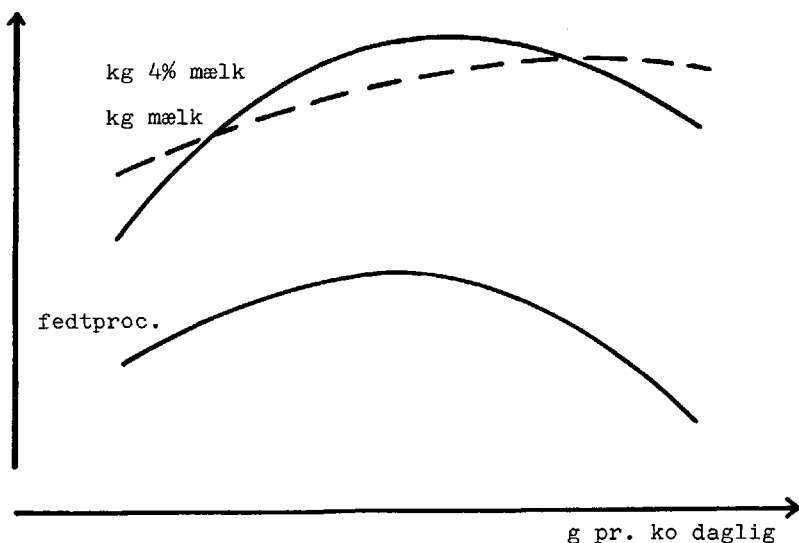


Fig. 1.1. Fedttilskuddets virkning (skematisk).

Figur 1.1 viser for stigende fedttilskud et aftagende merudbytte - mest markant for kg 4% mælk - der bliver negativt ved et givet tilskud. Da de refererede forsøg hovedsagelig er gennemført i midt- eller senlaktation, og da det må antages, at tilførsel af foderfedt også er af væsentlig betydning i begyndelsen af laktationen, hvor koen oftest er i energiunderskud, bliver det aktuelt at afklare følgende forsøgsspørgsmål:

"Hvorledes påvirker stigende tilskud af fedt malkekoens produktion i første del af laktationen".

Ved besvarelse af dette spørgsmål bliver det under forskellige prisforhold muligt at fastlægge det optimale - d.v.s. økonomisk mest fordelagtige tilskud af fedt til højtydende malkekøer.

Målet for nærværende undersøgelse er derfor at klarlægge den kvantitative sammenhæng mellem foderets fedtindhold og koens produktion.

2 ASPEKTER AF DRØVTYGGERES LIPIDOMSÆTNING

2.1 Karakteristiske egenskaber ved drøvtyggerfedt

Drøvtyggerses lipidomsætning afviger i forhold til én-mavede dyrs på en række områder. Dette er delvis betinget af, at foderet undergår en række omdannelses- og nedbrydningsprocesser i formaverne som følge af den mikrobielle aktivitet heri. I forhold til vegetabilsk fedt og fedt fra én-mavede dyr adskiller fedt fra drøvtyggere sig ved et relativt højt indhold af: stearinsyre, transisomere umættede fedtsyrer, grenede fedtsyrer samt fedtsyrer med ulige antal kulstofatomer. Derimod er fedtet fra drøvtyggere temmeligt fattigt på langkædede umættede fedtsyrer.

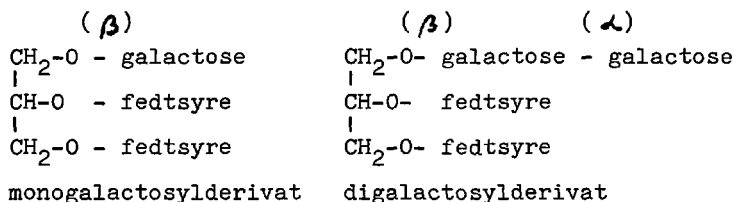
2.2 Fedtomsætning i formaverne

Vom og netmave kan betragtes som en stor anaerob gæringsbeholder, hvori der foregår en intens mikrobiologisk nedbrydning/omdannelses af visse fraktioner i foderet. Det i foderet værende lipid (fedt) vil indgå i disse processer i et omfang, der betinges af kvantitative og kvalitative kemiske/fysiske egenskaber ved såvel lipidet som de øvrige komponenter i foderrationen. I forbindelse med den generelle mikrobielle omsætning foregår også en syntese af "mikrobielt lipid". Omfanget heraf påvirkes også af de ovenfor nævnte egenskaber ved foderet.

2.2.1 Foderfedtets sammensætning

Fedt i den totale foderration stammer fra en række komponenter som frø eller produkter heraf (skrå og kager), produkter af roetop eller græsmarksafgrøder samt fra direkte tilsat foderfedt, som er af animalsk og/eller vegetabilsk oprindelse. Frøprodukternes fedt består for størsteparten af triglycerider med et højt indhold af linolsyre ($C_{18:2}$)¹⁾. I græsmarksprodukterne udgør mono/digalactosylderivater af 1,2-diglycerider den absolut største fraktion af fedtfraktionen. Disse 1,2-diglyceriders

struktur er følgende:



I sammenligning med frøprodukterne har disse lipider et relativt højt indhold af linolensyre (C_{18:3}) og et lavere indhold af linolsyre (C_{18:2}).

Sammensætningen af foderfedt, der er af vegetabilsk oprindelse, varierer betydeligt og er afhængig af råvarernes (udgangsmaterialets) sammensætning og den kemisk-tekniske behandling. Ofte har denne type foderfedt et højt indhold af frie fedtsyrer. Indholdet af umættede fedtsyrer og hermed fedtets jodtal kan variere væsentligt, jodtallet vil ofte være af størrelsesordenen 60-120. Animalsk fedt består primært af triglycerider, hvori indholdet af umættede fedtsyrer er afhængigt af dyrearten, hvorfra det stammer. Svinefedt har således et noget højere jodtal (60) end oksetalg (45). Fiskeolier, der normalt ikke omfattes af betegnelsen animalsk fedt, har et meget højt indhold af (poly)-umættede fedtsyrer, hvoraf en betydelig del har mere end 18 C-atomer i kæden.

1) C_{n:p}: her angiver n antallet af kulstofatomer i molekylet, og p angiver antallet af dobbeltbindinger, men for samme p kan dobbeltbindingen være placeret mellem forskellige kulstofatomer i kæden. Således behøver to syrer med samme n og p ikke altid være identiske og dermed have samme trivialnavn. - Polyumættede fedtsyrer er fedtsyrer med flere dobbeltbindinger.

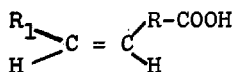
2.2.2 Den mikrobielle omsætning af foderfedt i formaverne

Vomindholdet besidder høj lipaseaktivitet, som især stammer fra bakteriefractionen. Disse mikrobielle lipaser er nonstereospecifikke, d.v.s. der foregår en simultan frigørelse af glyceridernes fedtsyrer, uanset hvilket af glycerolets kulstofatomer de er tilknyttet. Forinden græsmarks-galactosylglyceridernes fedtsyrer kan fraspaltes, skal galactoseenhederne fraspaltes. Dette sker ved hjælp af protozofractionens α - og β -galactosidaser. Lipaseaktiviteten er ligesom de frigjorte fedtsyrer tilknyttet den partikulære fase, hvilket også viser sig ved væskefasens lave indhold af frie fedtsyrer. Graden af hydrolyse er tilsyneladende ikke ens for fedtstoffer af forskellig oprindelse. F.eks. observerede Miller og Cramer (1969) ved in vitro undersøgelse med vomindhold fra får, at hydrolyseringsgraden af hørfrøolie og fiskeolie var hhv. ca. 93% og ca. 35%. Når fedtsyrerne er fraspaltede, kan de afhængigt af deres kemiske egenskaber undergå en række omdannelser (Hawke, 1971) som: hydrogenering, isomerisering, oxidation samt indbygning i mikrobielle lipider. Glycerolet fra glyceriderne forgæres næsten totalt.

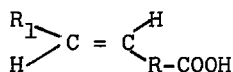
En væsentlig del af foderets umættede (poly- og mono-) fedtsyrer hydrogeneres i vommen som følge af den mikrobielle aktivitet heri. Herved dannes mættede fedtsyrer eller umættede fedtsyrer med færre antal dobbeltbindinger end oprindeligt. Hydrogeneringen af linolensyre ($C_{18:3}$) er næsten total, ligesom den også er meget udtalt for linolsyren ($C_{18:2}$). For begge syrrers vedkommende dannes $C_{18:1}$ -syre (trans-octadec-11-en syre), som ikke er identisk med oliesyre, der også er en $C_{18:1}$ -syre (men af cis-typen). Den dannede $C_{18:1}$ -syre samt evt. oliesyre fra foderet kan hydrogeneres yderligere til stearinsyre ($C_{18:0}$). Fiskeolier har et karakteristisk højt indhold af polyumættede C_{20} - og C_{22} -fedtsyrer. Undersøgelse af plasmalipider fra dyr fodret med fiskeolie antyder (Church, 1975), at disse fedtsyrer ikke hydrogeneres i samme udstrækning som andre polyumættede fedtsyrer. Tilsvarende er der iagttaget relativt lav hydrogeneringsgrad af forbindelser

med konjugerede dobbeltbindinger som f.eks. vitamin-A og caroten (Dawson og Kemp, 1970). Baggrunden for den lavere hydrogeneringsgrad af ovennævnte forbindelser er endnu ikke fuldt klarlagt, men for fiskeoliernes vedkommende kan årsagen måske delvis henføres til det tidligere omtalte relativt ringe omfang af hydrolyse i formaverne af deres triglycerider. Hydrogeneringsprocessen menes at være resultatet af overskydende brint fra forgærringsprocesserne i vommen; enten blot som en umiddelbar måde for mikroorganismerne til at afgive overskydende reduktionsækvivalenter (Church, 1975), eller som en mekanisme der forhindrer, at disse umættede og dermed mere overfladeaktive fedtsyrer evt. ændrer cellemembranpermeabiliteten (Dawson og Kemp, 1970). - Generelt betragtet medfører hydrogeneringsprocesserne i vommen et fald i "foderfedtets" indhold af umættet fedt og dermed også et fald i fedtets jodtal. Omfanget af denne proces er ikke konstant men varierer bl.a. med foderrationens sammensætning, fedtets oprindelse og med den tilførte mængde fedt. Sidstnævnte formodes af Czerkawski et al. (1966 og 1975) på baggrund af forsøg med hhv. infusion og 2 gange dagligt tilskud af hørfrøolie til får. - Med stigende indhold af fedt i foderrationen antages det således, at en relativt ringere del hydrogeneres.

Parallelt med hydrogeneringsprocesserne af de umættede fedtsyrer foregår den tidligere nævnte isomerisering. Isomerien omfatter både cis-/trans- og positionsisomeri. De umættede fedtsyrer i plantefedt er af cis-typen. En betydelig del af disse fedtsyrer omdannes under påvirkning af vomindholdet til fedtsyrer af trans-typen (c.f. Dawson og Kemp, 1970). Denne omdannelse af cis-fedtsyrerne i vomindholdet ligger til grund for drøvtyggerlipiders relativt høje indhold af trans-fedtsyrer.

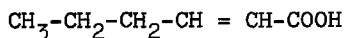
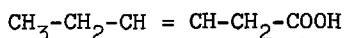


fedtsyre af cistypen



fedtsyre af transtypen

Tilsvarende rummer drøvtyggerlipider også et relativt højt indhold af en hel række positionsisomere fedtsyrer, d.v.s. umættede fedtsyrer, hvor dobbeltbindingerne er placeret mellem andre kulstofatomer end oprindeligt i foderets fedtsyrer. Inkubering af en række fedtsyrer med vomindhold har vist (Dawson og Kemp, 1970), at de positionsisomere fedtsyrer kan dannes under foderfedtets passage gennem formaverne.



Eksempel på positionsisomere fedtsyrer, C_{6:1}.

Det er endnu usikkert, om de nævnte former for isomeri er en effekt af mikrobiel metabolisme eller blot en sidereaktion med biohydrogeneringen. Isomeriseringen medfører omdannelse af en del af foderets fedtsyrer til nye typer fedtsyrer, hvoraf trans-octadec-11-en syre udgør langt den overvejende del (Keeny, 1970). Det bør dog stadig erindres, at det relativt høje indhold af en række specielle umættede fedtsyrer ikke ændrer den kendsgerning, at drøvtyggerlipider som helhed har et lavt indhold af umættede fedtsyrer.

Langkædede mættede fedtsyrer metaboliseres ikke i formaverne i omfang af kvantitativ betydning, uanset om de stammer direkte fra foderet eller først er frigjorte fra glyceriderne ved vomindholdets lipaseaktivitet (Garton, 1967). Det kan dog nævnes, at vomindholdet kan oxidere forbindelser som f.eks. stearinsyre (C_{18:0}), men kun i ringe udstrækning. (Keeny, 1970). Herved dannes en række oxidationsprodukter, som kan overføres bl.a. til mælken og indgå i gruppen af såkaldte flavorstoffer i mælkefedtet. Ud fra stearinsyre dannes især 16-ketostearinsyre (Garton, 1978), men ketogruppen kan dog være placeret på 8.-16. kulstofatom i kæden.

Den mikrobielle omsætning af foderfedt medfører således: dannelse af frie fedtsyrer, der er tilknyttet vomindholdets partikulære fase, hydrogenering af en stor del af de umættede fedtsyrer. En del af de umættede fedtsyrer, der ikke hydrogeneres

(delvis eller totalt), undergår isomerisering, hvorved der dannes en række forbindelser, som indgår i drøvtyggerlipiderne og give giver disse et karakteristisk indhold heraf (jfr. fig. 2.1).

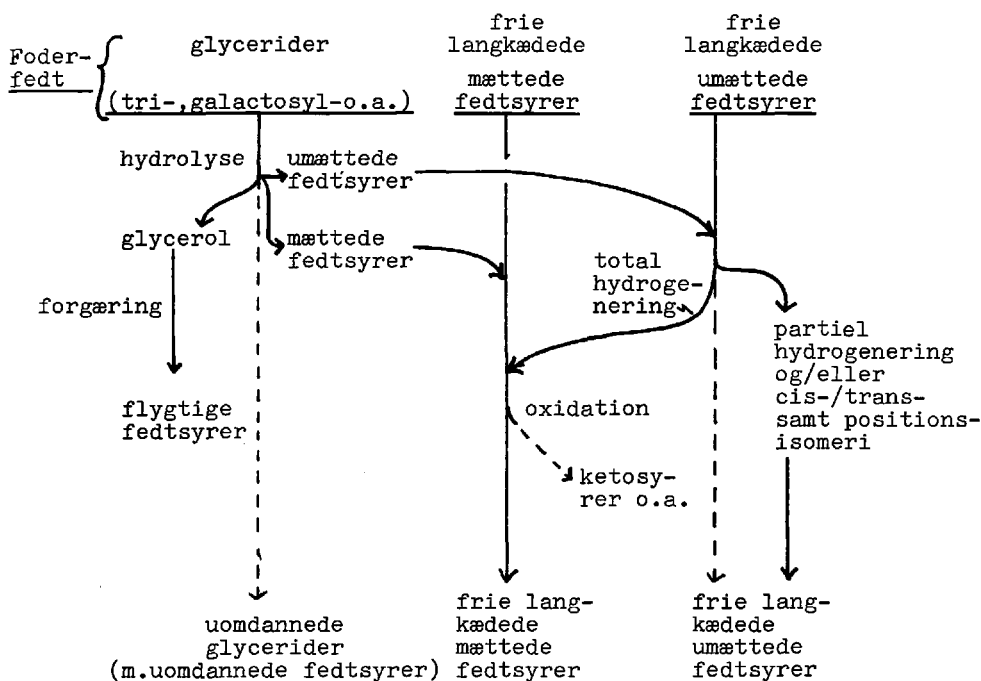


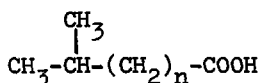
Fig. 2.1. Skitse over den mikrobielle omsætning af foderfedt i formaverne.

2.2.3 Mikrobiel lipidsyntese

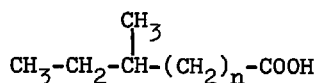
Det er velkendt, at en betydelig del af foderet forgæres af mikroorganismene i vommen. Herved dannes en række mere eller mindre flygtige syrer, hvoraf eddikesyre (40-70 molar %), propionsyre (20-40 molar %), smørsyre (5-20 molar %) og mælkesyre (1-5 molar %) er de kvantitativt mest betydningsfulde. Som det senere skal omtales, er både den kvantitative og relative produktion af de enkelte flygtige fedtsyrer (VFA) af betydning for lakterende køers lipidmetabolisme.

Faktorer, der påvirker den mikrobielle produktion af flygtige fedtsyrer, vil således indirekte også kunne påvirke drøvtyggers lipidsætning. En række forsøg har vist, at der generelt i mere eller mindre udpræget grad gælder, at groft og træstofrigt foder stimulerer den relative eddikesyreproduktion. Finedelt eller stivelsesrigt foder øger propionsyrens relative andel i syreproduktionen, hvorimod sukkerrigt foder stimulerer den relative smør og mælkesyreproduktion.

En del af de dannede flygtige fedtsyrer indgår i den mikrobielle lipidsyntese, hvoraf mikroorganismernes strukturelipider (især fosforlipider) udgør hovedparten. Den dagligt syntetiserede mængde mikrobielt lipid andrager hos køer fodret primært på hø ca. 140 g (Garton, 1978), hvorved ca. 20% af vomindholdets lipid vil stamme fra denne fraktion (Keeny, 1970). Grenede flygtige fedtsyrer er essentielle for en række af mikroorganismernes fedtsyresyntese. Disse grenede syrer dannes af mikroorganismerne ved deaminering af de grenede aminosyrer valin, leucin og isoleucin. De grenede flygtige fedtsyrer indgår i mikrobernes syntese af langkædede grenede fedtsyrer, der ialt udgør 40-50% af den samlede mængde fedtsyrer i nogle bakterielipider (Garton, 1978). Iso- og anteiso syrerne, der er de almindeligste, er illustreret nedenfor:



iso-syre



anteiso-syre

Karakteristisk for de mikrobielt syntetiserede lipider er også deres høje indhold af fedtsyrer med ulige antal kulstofatomer, i modsætning til fedtsyrer syntetiseret af planter og dyr, der næsten udelukkende rummer fedtsyrer med et lige antal kulstofatomer. Fedtsyrerne med ulige antal C-atomer genfindes i drøvtyggernes lipider. - I en række protozoers fosforlipider er der desuden målt indhold af for pattedyr essentielle (umættede) fedtsyrer med oprindelse fra foderet (måske også noget mikrobielt syntetiseret, Abaza et al., 1975). Måske sikrer protozoerne (bakterierne ?) herved værtsdyret en minimal forsyning af essentielle fedtsyrer, eftersom disse^{x)} frigøres under fordøjelsesprocesserne i løbetarmkanalen (Keeny, 1970). Jfr. fig. 2.2.

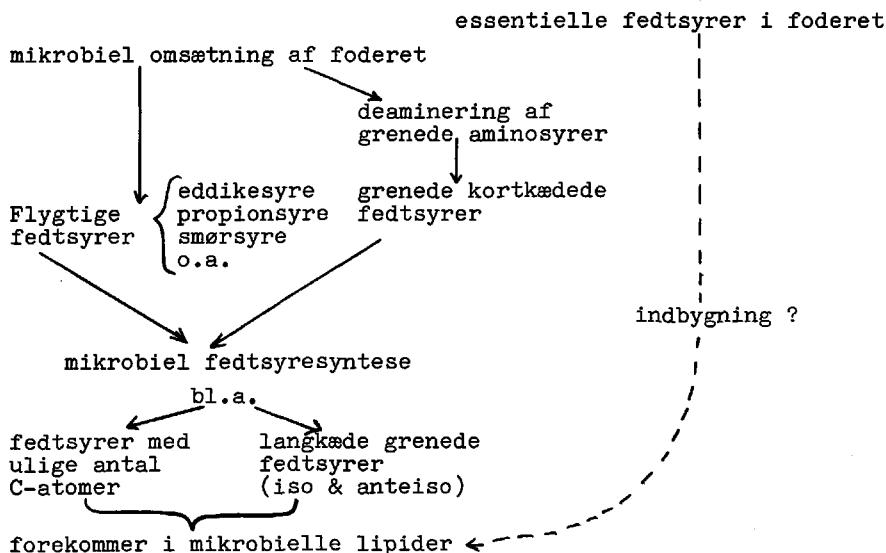


Fig. 2.2. Skitse over mikrobiel lipidsyntese.

x) fosforlipider

2.2.4 Foderfedtets virkning på næringsstofomsætningen i formaverne

Mange undersøgelser har forsøgt at evaluere foderlipiders effekt på den mikrobielle omsætning af det øvrige foder. Resultaterne af disse undersøgelser er ikke entydige bl.a. fordi følgende faktorer i mere eller mindre udpræget grad har varieret mellem forsøg: Fedttilskuddets oprindelse og sammensætning, tilskudsniveau, dyreart (får-kvæg), foderniveau, tildelingsmåde af fedt (per oralt - infusion eller støddosis i vom) samt den øvrige foderrations sammensætning.

I de fleste forsøg er der med stigende fedttilskud iagttaget relative fald i vomindholdets indhold af eddikesyre og smørsyre samt relativ stigning i propionsyre. Den ændrede fordeling af flygtige fedtsyrer i vomindholdet har i nogle forsøg (f.eks. Czerkawski, 1973) især været forårsaget af en ændret koncentration af førstnævnte syrer, hvorimod propionsyrekoncentrationen tilnærmelsesvis har været uændret. Nicholson og Sutton (1971) observerede tillige en stigning i den totale produktion af flygtige syrer i vommen ved tilskud af fiskeolier til køer. Samtidig demonstrerede forsøget, at lipidtilskuddet medførte største effekt på syrefordelingen hos køer, der tildelte foder med lavt grovfoder- kraftfoderforhold. På baggrund af forsøget formoder Nicholson og Sutton, at ovennævnte forandringer i fordelingen af de flygtige fedtsyrer især er afhængig af højeste lipidkoncentration i vommen frem for den gennemsnitlige daglige koncentration. Denne antagelse understøttes af Czerkawski et al. (1966 a), der hos får undersøgte effekten af hørfrøolie eller fedtsyrer herfra, enten givet med foderet eller ved hhv. hastig eller langsom vedvarende infusion i vommen. Effekten målt ved ændring i CH_4 -produktionen (metanproduktionen) dannet under forgæringen i formaverne. Metanproduktionen faldt ved alle forsøgsbehandlinger, men mest udtalt og i samme udstrækning ved henholdsvis hastig infusion i vommen eller ved tilførsel med foderet (2 gange dagligt). Tilskud af stearinsyre (Czerkawski et al., 1966 b)

medførte ligeledes et fald (ca. 30%) i metanproduktionen. Dette viser, at også mættede fedtsyrer påvirker den mikrobielle omsætning. - Paraffinolie (en alkan, der næsten er ufordøjelig) havde derimod ikke den depressive effekt, men derimod øgede olien udskillelsen af fedtsyrer og non-lipid energi med fæces. I begge forsøgene observerede Czerkawski et al. (1966 a og b) tillige en nedsat (2-7%) fordøjelse af cellulose ved tilskud af lipid. Denne depressive effekt afhænger til dels af lipidets natur. Ovennævnte forfattere har således på baggrund af målte energibalancer i forsøg med tilskud af en række C_{18} -syrer beregnet, at metanproduktionen faldt i et omfang, der svarede til 13,8, 14,2 og 16,3 kcal pr. tildelt 100 kcal af hhv. olie-, linol- eller linolensyre (Czerkawski et al. 1966 c). Forfatterne understreger bl.a. ud fra andre forsøg med stearinsyre, at også mættede fedtsyrer besidder depressiv effekt på metanproduktionen. Energibalancemålingerne viste tillige, at det nedsatte energitab med metan, energetisk opvejede den nedsatte fordøjelighed af træstof og fedt. Desværre er alle Czerkawski et al.'s (1966 a, b og c) undersøgelser udført med får, hvorfor det ikke er muligt kvantitativt at overføre de omtalte effekter af lipidtilskud til lakterende køer. - Effekten af lipidtilskud varierer betydeligt og kun enkelte faktorer er beskrevet, men sammfattende kan den beskrives som: Relativt nedsat eddike- og smørsyre-koncentration i vomindholdet men øget propionsyre koncentration, nedsat metanproduktion og fordøjelighed af træstof og fedt samt muligvis generel nedsat fordøjelse i formaverne. Sidstnævnte er observeret i enkelte forsøg men er i modstrid med andre og er især baseret på iagttagelsen af den depressive effekt af lipidet på ammoniak-koncentration og mikrobeantal i vomindholdet. Palmquist og Jenkins (1980) citerer forsøg, hvor tilsætning af Ca-ioner i form af kalk har ophævet eller begrænset foderfedts depressive virkning på den mikrobielle omsætning i formaverne. Det formodes, at den divalente Ca-ion forsæber med fedtsyrernes carboxylgruppe, hvorved de overfladeaktive fedtsyrer hæmmes i adhæderingen til mikrobernes celleoverflade. Johnsen og McClure (1973) fandt således, at tilsætning af 1% kalk ophævede foderfedts (hydrolyseret vegetabilsk/animalsk fedt

eller majsolie) depressive effekt på fordøjeligheden af træstof. Forsøget gennemførtes med får, fodret med majsensilage, der var iblandet op til 12% (på tørstofbasis) af fedtet. Kalcium-fedt samspillet kræver forsøgsmæssig uddybning, før generelle rekommendationer bør gives.

2.2.5 Fedttilførsel til tarmsystemet

Fra vommen passerer til stadighed noget af indholdet gennem netmaven og bladmaven og derfra ned i løben. I net- og bladmaven undergår indholdet tilsyneladende ikke forandringer, der er af kvantitativ betydning for dyrets lipidfordøjelse. Løbeindholdets lipid stammer således dels fra foderfedt, der i større eller mindre udstrækning har undergået de tidligere nævnte kemiske forandringer og dels fra mikrobielt lipid. Over 80% af de ved forgæringen dannede flygtige fedtsyrer absorberes gennem vomepitelet. Af den resterende del af disse syrer absorberes en betydelig mængde ved passagen gennem de resterende 3 maveafsnit. - Med stigende tildeling af foderfedt vil en større del heraf (og herunder også dets kemiske egenskaber) kunne genfindes i løbeindholdet. Som følge af utilstrækkelig mikrobiel omsætningskapacitet af foderfedtet eksisterer der sandsynligvis et grænseniveau for foderfedttildelingen, hvor overskridelse medfører øget passagegrad (by-pass) af foderfedt til tarmsystemet. Men som følge af samspilseffekt mellem grovfoderkraftfoderforholdet, kulhydratfraktioner (f.eks. Abaza et al., 1975) i foderet og fedttilskuddet vil dette niveau dog formodentlig veksle både med disse parametre og med foderfedtets kvalitative egenskaber. Det lave pH i løbeindholdet (2.0-2.5) er en følge af dele af løbeepitelets sekretion af syrerækvivallenter. Vomindholdets mikrober nedbrydes gradvis under indholdets passage gennem løben, men deres strukturelle lipider undergår ikke molekulære omdannelser. Over halvparten af løbeindholdets lipid består af frie fedtsyrer, og heraf er en stor del stearinsyre bl.a. som følge af en række af de tidligere nævnte processer. Som det var gældende for vomindholdet, er også næsten al løbeindholdets lipid knyttet til indholdets partikulære fase (jfr. fig. 2.3.).

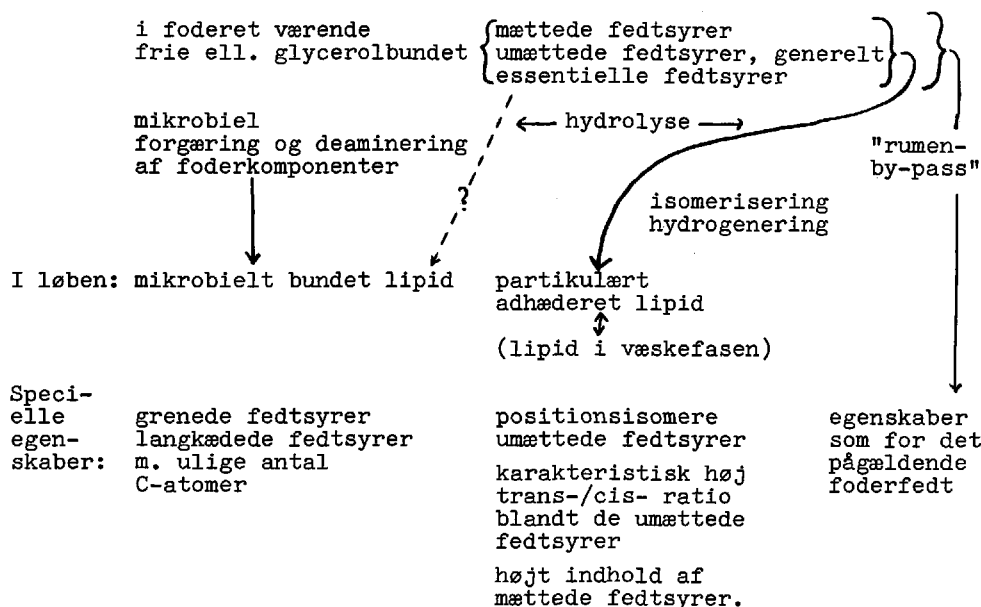


Fig. 2.3. Skitse over sammensætningen af løbeindholdets lipid-fraktion.

2.3 Lipidernes fordøjelse/absorption i tarmsystemet

Fra løben passerer indholdet ind i dyrets tarmsystem. Forrest i tarmsystemet iblandes tarmindholdet bugspytt og galdesaft. Hermed tilføres bl.a. lipaser, bicarbonat til gradvis neutralisering af det sure løbeindhold, polære lipider (fosforlipider, herunder lecitin og fosfatidyletanolamin) samt galdesyre og salte. Ligesom i formaverne, medfører lipaserne fra bugspyttet, at glyceriderne (også fosforlipider) fraspaltes deres fedtsyrer. I mod-sætning til enmavede dyr har tarmindholdet hos drøvtyggere et lavt indhold af glycerider ved fodring med "ubeskyttet" fedt i moderate mængder. Alligevel rummer denne dyrearts bugspytt høj

lipaseaktivitet (Garton, 1967), hvilket muliggør fordøjelse og absorption af evt. foderfedt, der uomdannet har passeret formaverne, evt. fordi det er blevet "beskyttet" mod den mikrobielle omsætning i formaverne. - Tarmindeholdets lipider (også mikrobielt) absorberes (fordøjes) under passagen gennem tarmen, under forudsætning af at det forinden er indgået i miceldannelsen d.v.s. overgået i vandfasen som lipidkomplekser med galdesaltene og -syernerne. Som tidligere omtalt er løbeindeholdets lipid (primært frie fedtsyrer) adhæderet til den partikulære fase, som ikke kan betegnes som vandopløselig. Bugspyttets fosforlipider er derfor af stor betydning for drøvtyggenes lipidfordøjelse, idet disse fosforlipider p.g.a. deres polære egenskaber medfører overførslen af fedtsyrerne fra tarmindeholdets partikulære fase til micellerne. Bugspyttets og galdesaftens betydning for fedtabsorptionen fremgår tydeligt af et forsøg med får, hvori Harrison og Leat (1970) fandt et næsten totalt ophør af absorptionen af langkædede fedtsyrer, hvis der ikke tilførtes både galde og bugspytt. I forhold til enmavede dyr har drøvtyggenes galde et højt indhold af den lettere ioniserbare (v. tarmindeholdets pH) taurokolsyre i fh. t. glycocolsyre (Palmquist og Jenkins, 1980). Fosfatidylethanolamin, som i vid udstrækning syntetiseres mikrobielt i formaverne er ligeledes ioniseret v. tarmens pH og begge forhold vil fremme lipidernes overførsel ^{miceller} til/i tarmen. For såvel enmavede dyr som drøvtyggere gælder, at fordøjeligheden af de enkelte fedtsyrer falder med stigende antal C-atomer i deres molekyle. Hos enmavede dyr iagttages således allerede nedsat fordøjelighed af stearinsyre ($C_{18:0}$). Drøvtyggere absorberer derimod i langt højere grad denne fedtsyre fra tarmen (Garton, 1978). Brumby et al. (1979) og Storry et al. (1980) fandt således en tilsyneladende fordøjelighed for C_{18} -syrer på hhv. ca. 88 og 82 pct. hos lakterende køer fodret med hø og kraftfoder (uden fedttilsætning). Umættede fedtsyrer er som følge af dobbeltbindingernes polære egenskaber lettere fordøjelige end den analoge mættede fedtsyre med samme antal C-atomer. - Den største lipidabsorption hos drøvtyggere foregår i midterste og bageste del af tyndtarmen (jejunum).

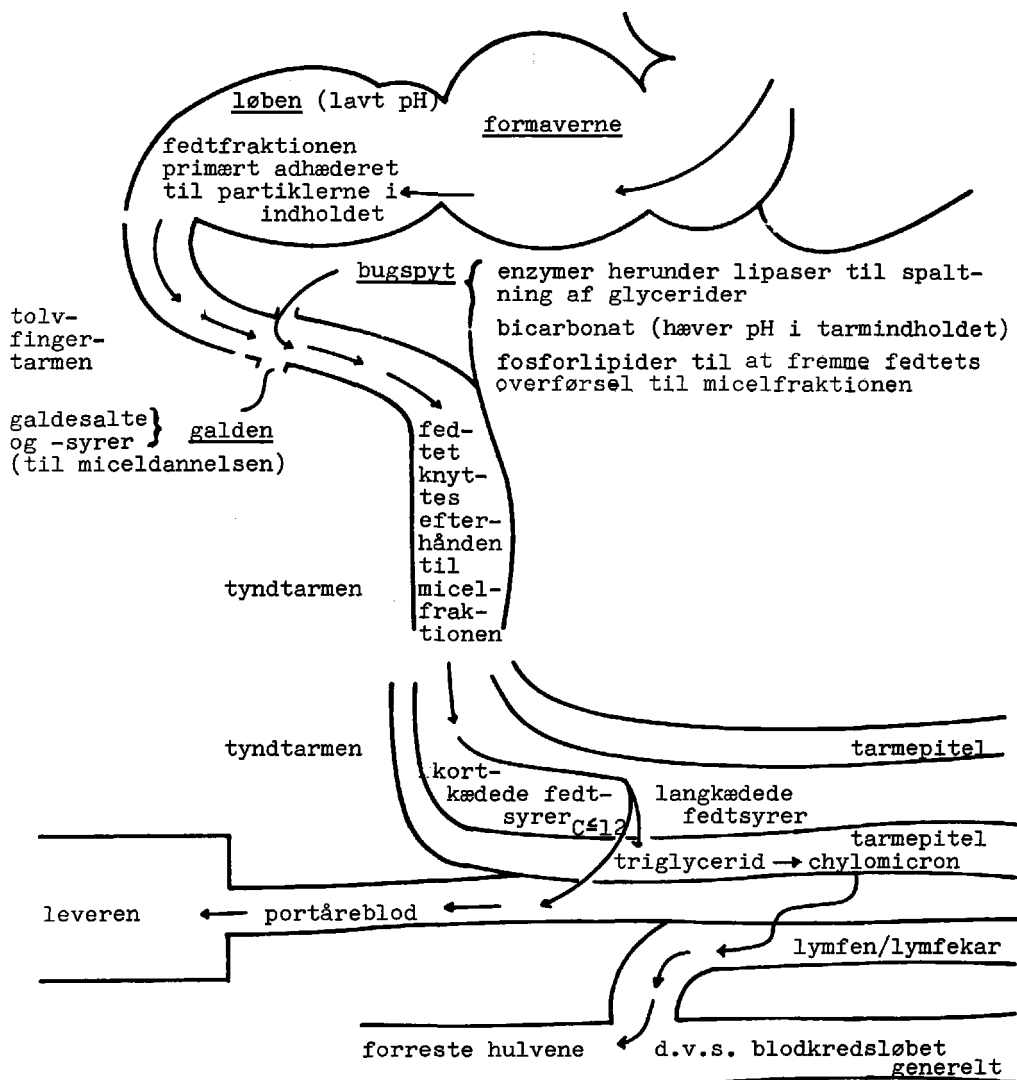


Fig. 2.4. Skitse over lipidernes fordøjelse/absorption.

Under absorption overføres de kortkædede ($C \leq 12$, Palmquist og Jenkins 1980) fedtsyrer til portåreblodet og hermed til leverens og dyrets fedtmetabolisme. De mere langkædede fedtsyrer esterificeres derimod til triglycerider i cellerne i tarmens mucosa. Det karakteristisk lave glycerolindhold i drøvtyggernes tarmindehold medfører, at der forbruges glycerol af endogen oprindelse (via α -glycerolfosfat, Lough, 1970) til denne triglyceridsyntese. Fodring med coated triglyceridholdig fedt medfører som tidligere omtalt øget triglyceridindhold i tarmindeholdet. Noget af dette triglycerid vil kun nedbrydes partielt til 2-monoglycerid og absorberes som sådan (Palmquist og Jenkins 1980). 2-monoglyceridet vil derefter reestricificeres i tarmepithelet. Fra tarmens celler udskilles triglyceriderne til lymfen som chylomicron. Chylomicron er et såkaldt lipoprotein d.v.s. et kompleks af bl.a. triglycerider, fosforlipider, kolesterolstre og protein. Dette lipoprotein føres med lymfen til forreste hulvene og altså direkte ud i blodbanerne uden om leveren (jfr. fig. 2.4.).

2.4 Mælkefedtsyntesen

Fedtsyrerne i mælkefedtet stammer fra to puljer; plasmalipiderne (langkædede fedtsyrer) samt de novo syntese i yveret (kortkædede fedtsyrer) ud fra eddikesyre (og β -hydroxy smørsyre).

En række faktorer, hvoraf der kun skal omtales få i det følgende, påvirker den respektive andel, hvormed de to puljer bidrager til fedtsyrerne i mælkefedtet.

2.4.1 Fedtsyrer fra plasmaets lipidfraktioner

Under chylomicronets passage med blodet rundt i organismen afgiver det dele af dets lipidindhold og herunder primært triglyceriderne. Forudsætningen for, at vævene kan optage lipid fra lipoproteinerne (herunder chylomicron) er, at de rummer et enzymesystem benævnt lipoproteinlipase (LPL). LPL katalyserer "lipoproteinglyceridernes" fraspaltning af fedtsyrer. En hel række væv besidder LPL-aktivitet heriblandt yver-, fedt- og

levervæv. Yvervævet er derfor i stand til at optage fedt (glycerol og fedtsyrer) fra blodets lipoproteinfraktioner, hvoriblandt fraktionerne med laveste densitet (chylomicron, VLDL = very low density lipoprotein, samt fraktioner af LDL = low density lipoprotein) er af størst kvantitativ betydning for mælkefedtsyntesen. Afgivelse af fedt til yvervævet fra lipoproteinerne, som følge af LPL-aktivitet, sker ved blodets passage gennem yverets kapilære endotel. Efter en trinvis nedbrydning til frie fedtsyrer og glycerol kan disse komponenter indgå i yvervævet's fedtsyntese. Under afgivelsen af fedt omdannes de respektive lipoproteiner til andre lipoproteinfraktioner, der ikke har så højt triglyceridindhold, og som ikke i nær samme udstrækning afgiver lipid til yvervævet. Bickerstaffe et al. (1974) iagttog ved undersøgelser med både arterio-venøse differensmålinger og med isotopmærkede modersubstanser, at 35-80 pct. af mælketriglyceriderne stammede fra lipoproteinerne's triglyceridfraktion. Plasmaets uestricerede fedtsyrer (NEFA) bidrager til mælkefedtet med en afhængig af dyrets fysiologiske status varierende og forholdsvis ringe mængde, gennemsnitlig ca. 4% (Schmidt, 1977). Af det ovenfor omtalte fremgår det, at langkædede fedtsyrer og hermed deres kemiske egenskaber, som absorberes fra tyndtarmen kan overføres direkte til mælkefedtet via chylomicronfraktionen.

Cramer og Miller (1976), samt en række andre forfattere, har observeret, at nogle væv hos drøvtyggere er i stand til at dehydrogenere stearinsyre ($C_{18:0}$) til monoensyre ($C_{18:1}$). Bickerstaffe et al. (1974) observerede således hos lakterende køer, at 45-69% af oliesyren i mælkefedtet syntetiseredes de novo i yveret ud fra stearinsyre. Banks et al. (1976) beregnede ud fra forsøg med forskellige fedtkilder følgende sammenhæng mellem $C_{18:1}$ i mælken (Y) og $C_{18:0}$ i foderet (X); $Y = 10.45 + 1.54 X$. Dette vil sammen med forskellige faktorer, der påvirker hydrogeneringsprocessens omfang i vommen, medføre, at mælkefedtets jodtal ikke udelukkende påvirkes af foderfedtets indhold af umættede fedtsyrer.

2.4.1.1 Indbyrdes relationer mellem lipiderne i plasma, fedtvæv og mælkefedt

De fedtsyrer fra lipoproteinerne triglycerider, som optages i fedtvævet, reesterificeres her med glycerol, der stammer fra vævets glucoseomsætning. Glycerolet fra lipoproteinet triglycerid kan ikke enzymatisk aktiveres til denne esterificering i fedtvævet. Tilførsel (optagelse) af glucose til fedtvævet vil derfor være af stor betydning for dets fedtdeponeringskapacitet. I fedtvævet foregår der tillige en stadig proces af lipolyse og reesterificering af de herved frigjorte fedtsyrer. Glucosetilførslen til vævet vil derfor også være af betydning for vævets frigørelse af uesterificerede fedtsyrer (NEFA) til blodet. Høj lipolyse og lav reesterificeringsgrad medfører således øget NEFA-frigørelse til blodet (jfr. den senere omtale af propionsyrens glucogene effekt). Benson et al. (1972) har desuden iagttaget, at fodring med foderrationer med relativt højt kornindhold og lavt grovfoderindhold medfører stigning i fedtvævet LPL-aktivitet (muliggør høj fedtdeponering) samtidig med et fald i mælkefedtydelsen. Fodringen påvirker således tilsyneladende også fedtvævet lipidsætning på enzymniveau.

Især levervævet syntetiserer de to øvrige lipoproteinfraktioner (VLDL og LDL), der er af kvantitativ betydning for yvervævet tilførsel af langkædede fedtsyrer. Fedtsyrerne til denne syntese stammer primært fra leverens optagelse af blodets NEFA- og chylomicronfraktion. Faktorer, der influerer på dannelsen og/eller omsætningshastigheden af disse to "modersubstanser", vil således også kunne påvirke yvervævet fedtmetabolisme (jfr. fig. 2.5).

2.4.2 De kortkædede fedtsyrer i mælkefedtet

Under de flygtige fedtsyres absorption gennem vomepitelet oxideres størstedelen af smørsyren i epitelet til β -hydroxysmørsyre. De flygtige fedtsyrer føres med portåreblodet til leveren, hvor den glucogene propionsyre optages næsten totalt og indgår i leverens gluconeogenese via metylmalonyl-CoA og ravsyre-CoA. Eddike- og β -hydroxysmørsyren passerer videre med blodbanerne til yveret, hvor de optages og indgår i syntesen af mælkefedtets

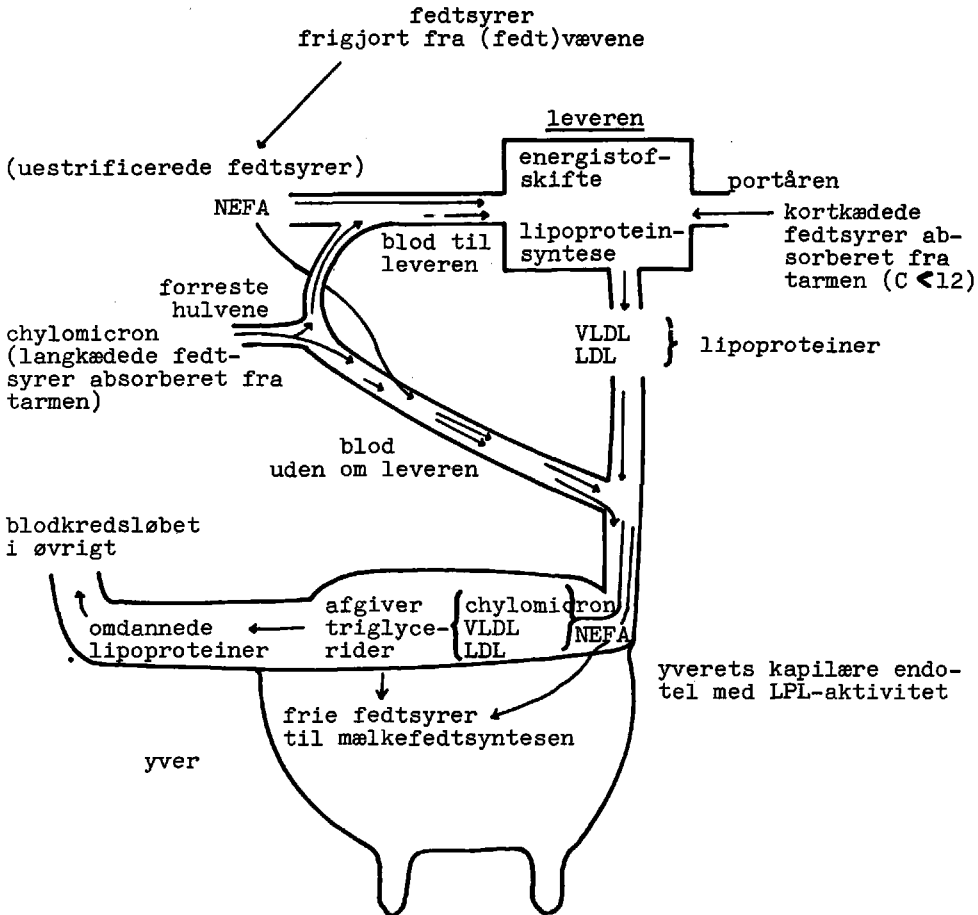


Fig. 2.5. Skitse over yvervævet tilførsel af fedtsyrer fra plasmaets lipidfraktioner.

kortkædede fedtsyrer. Fedtsyresyntesen sker primært på grundlag af acetyl-CoA og via malonyl-CoA-syntesevejen i cellernes cytosol. Oxidation (spaltning & aktivering) af pyruvat (dannet ud fra glucose) og β -hydroxysmørsyre til acetyl-CoA sker i cellernes mitokondrier. Som følge af yvervævet (kun gældende for drøvtyggere) lave citrat-lyaseaktivitet kan dette acetyl-CoA ikke overføres til cytosolens fedtsyresyntese. Glucose kan derfor ikke bidrage til syntese af fedtsyrer i yvervævet. β -hydroxysmørsyren kan kun bidrage ved at være terminale enhed, d.v.s. der kan kun indgå et molekyle β -hydroxysmørsyre pr. fedtsyremolekyle. Malonyl-CoA-syntesevejens synteseomfang reguleres af en hel række faktorer. I forbindelse med fedt kan især nævnes, at frie fedtsyrer eller deres acylderivater i mere eller mindre udpræget grad antages at nedsætte fedtsyresyntesen (hidtil påvist i fedtvæv, men ikke i mælkekirtelvæv hos drøvtyggere). Øget tilførsel af frie fedtsyrer til cellernes cytosol vil således muligvis kunne nedsætte de novo syntesen af fedtsyrer. Det kvantitative omfang og samspil mellem de forskellige fedtsyrers påvirkning af fedtsyresyntesens omfang i yveret er endnu ikke klarlagt for lakterende køer. Dimick et al. (1970) antager på grundlag af undersøgelser med isotopmærkede kortkædede fedtsyrer, at disse også kan syntetiseres på baggrund af C_4 -enheder dannet ud fra δ -oxidation af langkædede fedtsyrer. Dette kræver dog yderligere forsøgsmæssig belysning for, at iagttagelsen kan betragtes som sikker. I forbindelse hermed bør også omtales, at en række forsøg med får (Garton, 1978) har antydnet, at disse dyrs fedtvæv kan syntetisere grenede fedtsyrer med metylgrupperne placeret tæt ved carboxygruppen (i modsætning til de mikrobielt syntetiserede).

Det formodes, at denne syntese primært forårsages af en så høj propionsyretilførsel til leveren (meget stivelsesrigt foder), at dens kapacitet m.h.t. glukosesyntese overskrides. Metylmalonat (intermediær forbindelse i propionsyrens omsætning) skulle herved kunne udskilles fra leveren til blodet og derefter indgå i fedtvævet fedtsyresyntese (efter optagelse og aktivering til metylmalonyl-CoA). Iagttagelserne understøttes af andre forsøg, hvori det observeredes, at får, der fodredes med stivelsesrigt foder, udskilte øgede mængder metylmalonat med urinen. Figur 2.6 skitserer de flygtige fedtsyrers omsætning i relation til mælkefedtsyntesen.

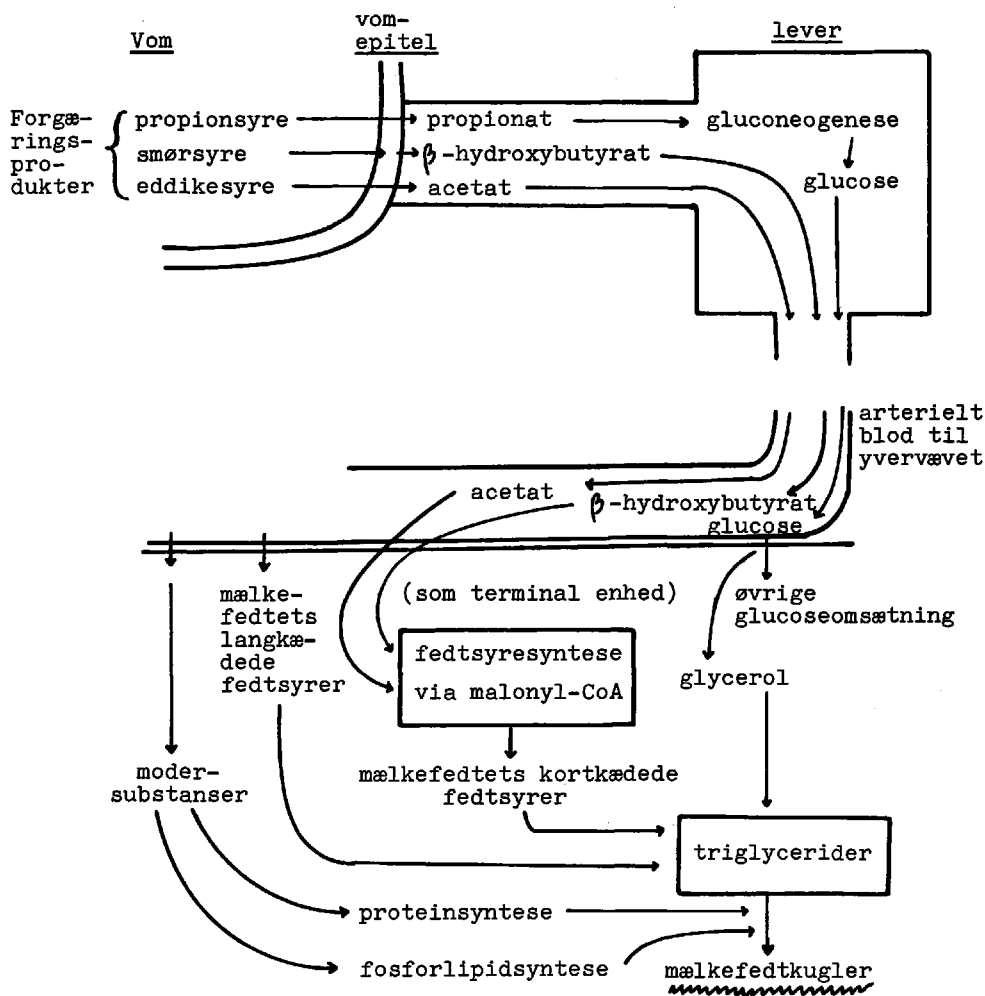


Fig. 2.6. De kortkædede fedtsyrer i mælkefedt.

2.4.3 Mælkefedtets sammensætning

Såvel de langkædede som de kortkædede fedtsyrer indgår i mælkefedtets triglycerider. Disse triglycerider inkorporeres i mælkefedtkuglerne, der er af samme natur som beskrevet for lipoproteinerne, blot er de mere triglyceridholdige. Tabel 2.1 angiver de kvantitativt væsentligste bestanddele i køers mælkefedt.

Tabel 2.1. Mælkefedtets sammensætning (vægt %)
(Schmidt, 1977).

<u>Tri- glycerider</u>	<u>di- glycerider</u>	<u>mono- glycerider</u>	<u>fosfor- lipider</u>	<u>sterol- forb.</u>	<u>frie fedtsyrer</u>
96-97	0.2-0.5	2.1	1.0	0.2-0.4	0.1-0.4

Det fremgår af tabellen, at triglyceriderne er den væsentligste komponent i mælkefedtet. Fedtsyresammensætningen heri er ganske karakteristisk for drøvtyggerne, bl.a. ved den relativt høje andel af fedtsyrer, der enten er kortkædede, grenede og/eller rummer et ulige antal C-atomer. Desuden har fedtet et lavt indhold af umættede fedtsyrer, hvoraf en betydelig del er af trans-typen og/eller positionsisomere med hensyn til placering af dobbeltbinding(er). Ialt har det været muligt (Storry, 1970) at identificere ca. 140 forskellige fedtsyrer, hvoraf de fleste kun forekommer i minimale mængder. Palmitinsyre (ca. 25%), stearinsyre (ca. 15%) og C_{18:1}-syrer (ca. 30%) er de fedtsyrer i mælkefedtet, der forekommer i størst omfang. De hidtil omtalte faktorer (fodringsbetingede), der påvirker lakterende køers lipidomsætning vil dog kunne medføre betydelige forskelle i mælkefedtydelsen og dens fedtsyresammensætning.

2.4.4 Ikke-fodringsbetingede faktorerers påvirkning af lipidomsætningen

Foruden de direkte fodringsbetingede, er der en række andre faktorer, som til tider antages at være af betydning for lakterende

køers lipidomsætning som f.eks. race og laktationsstadium.

Det er velkendt fra en lang række undersøgelser, at køer af Jersey-racen yder fedtrigere mælk samt mælkefedt med relativt flere mættede fedtsyrer (lavere jodtal). Endnu foreligger der dog ikke tilstrækkeligt omfattende biokemiske undersøgelser, der kan danne baggrund for en grundig og sikker belysning af evt. fysiologiske forskelle mellem lipidomsætningen hos forskellige kvæg-racer. - Det lavere indhold af umættede fedtsyrer i mælkefedt fra Jersey-køer i forhold til RDM og SDM antyder for Jersey, at en større del stammer fra de novo syntesen i yveret og/eller, at en mindre del af stearinsyren dehydrogeneres i vævene til $C_{18:1}$ -syre. Undersøgelser af Bickerstaffe et al. (1974) antyder, at begge de nævnte faktorer er af betydning, idet Jersey-køernes mælkefedt i sammenligning med Holstein friesian havde et relativt højere indhold af $C_{14:0}$ og $C_{16:0}$ samt et lavere $C_{18:1}$ -indhold. Tilsyneladende foreligger ingen undersøgelser, der belyser eventuelle raceforskelle m.h.t. mængde og sammensætning af det fedt, der efter absorption fra tarmen overføres (via lipoproteinerne) til mælkefedtet. Der er således ingen afklaring af den fysiologiske baggrund for evt. raceforskelle m.h.t., hvilket fedtindhold og hvilken fedtsyresammensætning i foderrationen, som er optimal for mælkefedtsekretionen.

Først i laktationen (o-ca. 6 uger) undergår mælkefedtets fedtsyresammensætning karakteristiske forandringer (Storry, 1970). Mælkefedtets relative indhold af C_{18} -syrer falder betydeligt i tiden efter kælvning, hvorimod C_6 - C_{14} -syrernes andel øges. For C_{16} -syrerne er der ikke iagttaget så markante ændringer, et svagt fald kan dog forekomme. Forskydningen i fedtsyrefordelingen må søges forklaret ved den høje mobiliseringsgrad fra vævene af fedtsyrer (langkædede fedtsyrer), som så overføres til mælkefedtet. Dette er bl.a. hormonelt betinget, idet hormonet prolaktin (der udskilles omkring kælvningstidspunktet) medfører en høj LPL-aktivitet i yvervævet. Samtidig nedsætter dette hormon LPL-aktiviteten i fedtvævene og dermed fedtsyretilførslen til deres triglyceridsyntese. Først i laktationen vil derfor en relativ større andel af fedtsyrene i mælkefedtet stamme direkte fra langkædede

fedtsyrer absorberet fra tarmen samt fra mobiliseret fedt. - Muligvis er det ændret LPL-aktivitet i de forskellige væv ved forskellige ydelsesniveauer, der ligger til grund for Palmquist og Mattos' (1978) iagttagelse af en stigende andel af foderfedt i mælkefedtet med stigende mælkefedtsekretion. På baggrund af injektion af radioaktivt chylomicron eller VLDL beregnedes følgende sammenhæng mellem procent foderfedt overført til mælkefedt (y) og gram daglig mælkefedtydelse (g); $y = 27.4 \cdot e^{0.0008 g}$, hvor e er grundtallet for den naturlige logaritme. Funktionen er beregnet for køer med en daglig mælkefedtydelse på mellem 360 og 860 g pr. dag og viser, at for hver 100 g stigning i mælkefedtproduktionen øges foderfedtets andel i mælkefedtet med 8%. Figur 2.7. illustrerer ovennævnte funktion.

pct. af foderfedt overført
til mælkefedtet

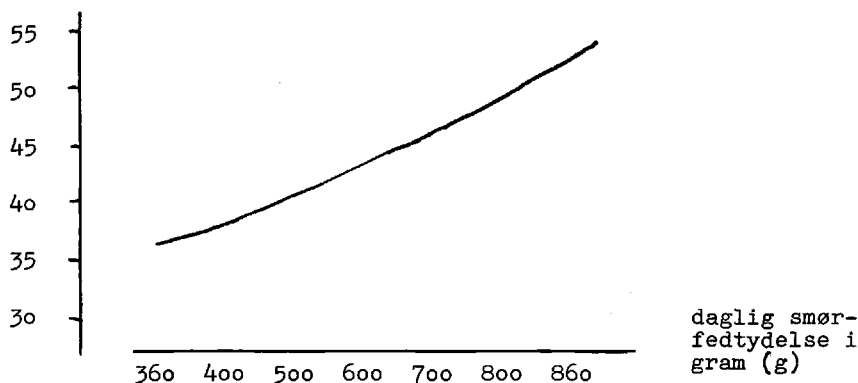


Fig. 2.7. Foderfedtets direkte bidrag til mælkefedtsyntesen ved forskelligt ydelsesniveau.
(mod.e. Palmquist og Mattos, 1978)

Den totale fedttilførsel med foderet varierede tilnærmelsesvis med mælkefedtydelsen og udgjorde 476-828 g pr. dag. Forsøget gennemførtes kun med 5 køer, hvilket medfører, at forsøgsresultaterne eksperimentielt må understøttes yderligere, før de kan betragtes som almengyldige.

2.5 Enkelte fedtkilders påvirkning af mælkefedtsekretionen

Foderfedtets til tider depressive effekt på den mikrobielle aktivitet, samt ønsket om i stigende grad direkte at kunne regulere mælkefedtets kemiske/fysiske egenskaber (eks. essentielle fedtsyrer og smørrets konsistens), har i de senere år medført en betydelig forskningsindsats vedrørende coatning af fedt.

Ved coatningen indlejres (coates) fedtet i et lag, der kun i ringe udstrækning angribes af mikroorganismerne i formaverne, men som nedbrydes ved løbens lave pH. Det beskyttende lag består ofte af protein denatureret ved varmepåvirkning og/eller ved formalinbehandling. Coatningen har i flere undersøgelser fungeret efter hensigten (eks. Kristensen, 1974; Tamminga et al., 1976; Storry et al., 1980), idet der til tider er opnået en regulering af mælkefedtets kemiske sammensætning, en positiv effekt på smør fedtydelsen og/eller en undgåelse af foderfedtets negative effekt på den mikrobielle omsætning i formaverne. Metoden har hidtil været forholdsvis kostbar og rummer desuden en række praktiske problemer med hensyn til tildeling af optimale fedtkombinationer (coated fedt versus ubeskyttet), valg af fedtkilde, coatnings-procedure samt til tider ringe palatabilitet af den coatede fedt-blanding. Hertil kommer betydningen for kvaliteten af den producerede mælk.

Sammenfattende bør desuden nævnes resultater fra en række forsøg af mere praktisk natur. Storry (1970) omtaler, at fodring med moderate mængder linol-, linolen-, olie- og/eller stearinsyre, evt. olier rige på disse syrer, medfører øget indhold i mælkefedtet af olie- og stearinsyre, men som følge af dehydrogeneringsprocesserne i vommen kun en lille stigning i indholdet af linol- og linolensyre. Angående fedttilskuddets påvirkning af mælkefedtydelsen kan der ikke fremføres generelle betragtninger, idet den påvirkning vil veksle fra stimulering til nedsættelse, afhængig af bl.a. foder-rationens sammensætning, foderfedttildelings-niveau og foderfedtets kemiske sammensætning. Foderfedtets påvirkning af fordøjelsesprocesserne i formaverne (herunder dannelse af flygtige fedtsyrer) er således også af stor betydning for fedtsyresyntesen i yvervævet og dermed mælkefedtydelsen.

Banks et al. (1976 a) fandt således ved fodring med en foder-ration med ringe fedtindhold og tilskud af sojaolie, palmeolie/palmitinsyre eller talg, at førstnævnte olie virkede sænkende på mælkefedtydelsen. Den anden fedtkilde virkede derimod stimulerende og talgtilskuddet havde ingen virkning. Disse resultater er i overensstemmelse med resultater opnået i en række andre forsøg, hvor basalrationerne var relativt fedtfattige. Virtanen (1966) demonstrerede med fedttilskud til lakterende køer på syntetisk ration, at en vis mængde foderfedt (oliven-, majs- eller hørfrøolie) i rationen er af stor betydning for mælkefedtydelsen. Ved at øge det daglige fedttilskud fra 37 g til 130 g øgedes mælkefedtydelsen med 56%. For højt tilskud af foderfedt virker til gengæld depressivt på mælkefedtydelsen, også selv om det ved lavere tilskudsniveau virker stimulerende. Palmquist (1977) fandt således, at 6% hydrolyseret fedt (alm. handelsvare) i kraftfoderet stimulerede ydelsen, hvorimod 20% af samme fedttype virkede depressivt. Foderrationen bestod i dette forsøg af lucerne-hø, majsensilage og kraftfoder (i forholdet 42:14:42 i tørstof), og det totale fedtindhold udgjorde hhv. 5,1 og 10,7%.

Fiskeolier og herunder også torskelevertran er fedtkilder, som selv ved lavt tilskudsniveau påvirker mælkefedtsekretionen karakteristisk. Tilskud (Nicholson og Sutton, 1971) af torskelevertran (150, 300 eller 450 ml/dgl.) til goldkøer, der fodredes med forskellige grovfodermængder, medførte signifikante ændringer i syrefordelingen i vomindholdet. Hos kørerne, der tildeltes mindst grovfoder, observeredes allerede ved laveste fedttildelingsniveau et markant fald i vomindholdets relative eddikesyrekoncentration samtidig med en stigning i den relative propionsyrekoncentration. Ved højere tildelingsniveau af torskelevertran indtraf også hos kørerne på de andre foderrationer tilsvarende forskydninger i fedtsyrefordelingen.

Den relative syrefordeling blev aldrig så ekstrem hos kørerne på medium og højt grovfoderniveau som ved laveste grovfoderniveau, til trods for at syrefordelingen ændredes i mere udpræget grad

ved de to mere grovfoderholdige foderrationer, når der tildeltes 300 og 450 ml torskelevertran pr. dag. I et tilsvarende forsøg blot med lakterende køer og hvor fiskeolie (lavere indhold af umættede fedtsyrer) indgik i stedet for torskelevertran, observeredes kun betydelige ændringer i fedtsyrefordelingen hos holdet, der tildeltes laveste grovfoderniveau. Forsøget modificerer således den ofte fremførte hypotese om, at fodring med letforgærbart kulhydrat medfører mindre følsomhed m.h.t. syrefordeling overfor fodring med umættet fedt. Dette er tilsyneladende kun gyldigt ved høj tildeling af fedtet, måske fordi kulhydratfodringen i forvejen har medført den største ændring i syrefordelingen.

I sidstnævnte forsøg observeredes tillige, at mælkens fedtindhold påvirkedes betydeligt stærkere i negativ retning end det kunne forventes ud fra den relative fordeling af de flygtige fedtsyrer i vomindholdet. Ligesom ved ændringen i fedtsyrefordelingen faldt mælkefedtindholdet hos køerne på det lave grovfoderniveau stærkest ved lavt fedttildelingsniveau, hvorimod holdene på middel og højt grovfoderniveau reagerede stærkest ved højeste tildelingsniveau, uden dog at opnå lige så lave fedtprocenter som førstnævnte hold. Et efterfølgende forsøg udført af samme forfattere demonstrerede desuden, at køerne i en vis udstrækning er i stand til at adaptere sig til det lave tilskudsniveau af fiskeolie, således at de ovennævnte påvirkninger aftog i en vis udstrækning 1-2 uger efter indledning af fedttildelingen. Dette understreger, hvor usikkert og vanskeligt det er at overføre og sammenligne resultater fra forskellige forsøg med forskellige forsøgsbehandlinger som f.eks. forsøgsperiodens udstrækning, anvendt fedttype samt den øvrige foderrations sammensætning.

Fiskeoliers sænkende effekt på mælkefedtsekretion må især henføres til deres høje indhold af polyumættede langkædede fedtsyrer (C_{20} & C_{22}). Ved tilskud af uhydrogeneret samt delvis eller stærkt hydrogeneret torskelevertran fandt Brumby et al. (1968) således, at kun den uhydrogenerede olie havde stærkt sænkende effekt på køers mælkefedtproduktion (tilskudsniveau og foderration er ikke angivet). Også i dette forsøg øgedes propion-/eddikesyreforholdet i

vomindholdet især ved tilskud af den uhydrogenerede olie og i mindre udstrækning ved det partielt hydrogenerede. Dette må i hvert fald delvis have været årsag til den nedsatte mælkefedtsekretion.

Samtidig undersøgtes, ved isolation af yvervæv fra marsvin, de respektive oliers in vitro effekt på lipoproteinlipasens hydrolyseringskapacitet. Hydrolyseringsgraderne var 30, 70 og 100% for hhv. uhydrogeneret, partielt hydrogeneret og stærkt hydrogeneret torskelevertran i sammenligning med emulsion af sojaolie. Under forudsætning af at bovint LPL udviser samme reaktion, antyder undersøgelsen således, at fiskeoliernes umættede fedtsyrer også kan have en endogen effekt, der i så fald vil virke sænkende på mælkefedtsekretionen.

Storry et al. (1974) tildelte lakterende køer basalration, basalration + 300 g ubeskyttet torskelevertran samt tilsvarende ration, men hvor tranen beskyttedes mod omsætning i formaverne ved coating med formalinbehandlet kasein. Forsøgsudslagene var ikke alle statistisk sikre, tabel 2.2 giver en oversigt over en række af udslagene.

Tabel 2.2. Beskyttet og ubeskyttet trans relative påvirkning af lakterende køers lipidomsætning (mod.e. Storry et al. 1974).

Forsøgsbeh.:	Effekt ¹⁾		
	Basal (B)	Basal + ubesk. tran (BU)	Basal + beskyt. tran (BB)
Fedtpct. i mælk	0	÷	0
Total flygt. fedts. konc.:	0	0	0
Propionsyre konc. :	0	+	0
Eddikesyre konc. :	0	÷	0
Fedtsyrer i mælk, C ₄ -C ₁₄ :	0	÷	0
" " " , C ₁₆ :	0	÷	0
" " " , C ₁₈ :	0	÷	0
" " " , C ₂₀ &C ₂₂ :	0	+	+

1) 0 angiver ingen effekt, + stigning og ÷ nedsættelse.

Ændringen i propion-/eddikesyreforholdet hos BU er karakteristisk, og at denne effekt ikke forekommer hos BB-holderet viser, at beskyttelsen har været virkningsfuld. Faldet i mælkens indhold af C_{4-14} og C_{16} hos BU, men ikke hos BB, antyder, at denne påvirkning beror på ovennævnte ændringer i forgæringsmønsteret i formaverne (jfr. syntese af mælkens kortkædede fedtsyrer). C_{20} - og C_{22} -indholdet i mælken stammer fra fiskeolien og viser samtidig, at den har virket som modersubstans for mælkefedtsyntesen (35-40% af dagligt indgivne mængde C_{20-22} udskiltes med mælken). På baggrund af at tilskuddet af beskyttet olie (BB) ikke medførte øget fedt- eller C_{16} & 18 -indhold i mælken, formoder forfatterne, at fiskeoliens polyumættede fedtsyrer direkte hæmmer yvervævets fedtsyreoptagelse. Denne antagelse forudsætter dog, at yvervævets optagelseskapacitet m.h.t. langkædede fedtsyrer ikke i forvejen var fuldt udnyttet. Men formodningen er i fuld overensstemmelse med tidligere beskrevne undersøgelser, der også antyder, at fiskeolierne sænker den effekt på mælkefedtydelsen dels skyldes ændret formenteringsmønster i formaverne og dels en endnu ikke fuldt klarlagt endogen påvirkning.

2.6 Konklusion

"Foderfedt" omsættes/omdannes i varierende udstrækning af mikroberne i formaverne. Herunder er spaltningen af glycerider i fedtet og hydrogeneringen af umættede fedtsyrer, kvantitativt de væsentligste, og de ligger også til grund for drøvtyggerlipiders karakteristisk lave indhold af umættede fedtsyrer. Under den mikrobielle lipidomsætning dannes ligeledes en række fedtsyrer og lipidagtige forbindelser, som kun forekommer i vævs- og mælkefedt hos drøvtyggere. Foderets lipid påvirker til gengæld også den mikrobielle omsætning af foderet i en udstrækning og retning, der afhænger af fedtets kemiske egenskaber, tildelingsmåde og -omfang samt den øvrige foderrations sammensætning.

Sekretionen af bugspytt og galle-saft, der begge indgår/påvirker miceldannelsen, er afgørende for tarmepitelets højeste mulige absorption af lipid (intakt fedt fra foderet, mikrobielt omdannet foderfedt, mikrobielt syntetiseret lipid).

Efter absorption overføres langkædede fedtsyrer (antal $C \geq 12$) til lymfen (chylomicron) og dermed til blodbanerne generelt. Dette medfører, at visse kemiske egenskaber ved det oprindelige "foderfedt" kan overføres direkte til mælkefedtet. Plasmalipidernes (især lipoproteinerne) andel som modersubstans for mælkefedtet varierer betydeligt med en lang række forhold, men vil gennemsnitligt udgøre ca. 50%. Resten af mælkefedtets syrer syntetiseres de novo i yveret ud fra eddikesyre og β -hydroxy smørsyre.

Det fremgår tydeligt af en række af de beskrevne forhold og faktorer, der kan influere på lakterende køers fedtomsætning, at problemstillingen m.h.t. eventuel optimal foderfedttildeling er særdeles kompleks. Derfor er det ikke med rimelig sikkerhed muligt ud fra rent teoretiske overvejelser at evaluere et optimalt fedtindhold i foderrationer, der i væsentlig grad afviger fra de i litteraturen beskrevne.

3 FORSØGSPLAN, MATERIALE OG STATISTISKE METODER

3.1 Forsøgsplan

Undersøgelsens mål har været at besvare det i kapitel I formulerede spørgsmål:

"Hvorledes påvirker stigende tilskud af fedt malkekoens produktion i første del af laktationen".

Heraf følger, at fedttildelingen må være den uafhængige variable i forsøget til afklaring af det formulerede problem. Til afgrænsning af problemet er der primært anvendt animalsk fedt som tilskud.

Som forsøgsmetoder har været anvendt følgende i årene 1975-77:

1. Holdforsøg på H 12-2, H 21-1, H 24-1 og H 25-0 og
2. Overkrydsningsforsøg (romersk kvadrat) på H 11-2, H 13-0 og H 904.

Forsøgsbehandlingen har omfattet følgende 3 forskellige fedtniveauer opnået som tilskud gennem kraftfoderblandingerne:

Tilskud af råfedt,	<u>Lavt</u>	<u>Middel</u>	<u>Højt</u>
g pr. ko daglig	ca. 200	ca. 400	ca. 600

De 3 fedtniveauer er for et givet kraftfoderniveau opnået ved, at den lavprocentige foderblanding (A-blanding) med det laveste fedtindhold (2-3%) er tilsat stigende mængde animalsk fedt (3,5 og 7,0%) på bekostning af byg til opnåelse af middel og højt niveau af fedt. På lignende måde har tildelingen af højprocentig kraftfoder (C-blanding) til roerationen omfattet foderblandinger med nul, 7 og 13% animalsk fedt. De enkelte forsøgskøer er med kraftfoderet sikret normal og ensartet tildeling af protein, mineralstoffer og vitaminer.

Det forenklede fodringsprincip (Østergaard 1979) er anvendt til alle køer. I de respektive forsøgsperioder er der således på f.e.'s basis udfodret en konstant mængde kraftfoder og andet letfordøjeligt foder (roer, roeaaffald og melasse), medens det tungere

fordøjelige grovfoder (ensilage, hø og mask) er tildelt efter ædelyst på alle 3 forsøgsbehandlinger.

I sidste del af laktationen, d.v.s. efter afslutning af den primære forsøgsperiode, er alle køer fodret på middel fedtniveau, og fodertildelingen er reduceret under hensyntagen til forventet ydelse, huld og afstand fra kælvning, således at huldet ved goldning er normalt til godt. Kælvkvier er fodret til en tilsvarende foderstand 6 uger før forventet kælvning.

I holdforsøgene er forsøgsbehandlingerne, der har været sammensat, som vist i tabel 3.1 og 3.2, blevet tildelt efter planerne angivet i tabel 3.3 og 3.4. Forsøgsfoderet er tildelt individuelt fra 2 uger før kælvning og er optrappet til planlagt niveau i løbet af laktationens første 7 dage.

Foderrationen er afbalanceret ved mineralstof og vitamintilskud. Forsøgsfoder og de fleste øvrige fodermidler er tildelt 2 gange daglig og hurtigst muligt efter hinanden. Dette gælder også i overkrydsningsforsøgene.

I overkrydsningsforsøgene på H 11-2 og H 13-0 har det anvendte forsøgsfoder, C-2 og C-12 været sammensat som angivet i tabel 3.2, medens den fedtrigeste blanding (C-14) blev lavet på basis af C-12 med supplerende tilsætning af 2% animalsk fedt. Forsøgsblandingerne anvendt på H 904 har været lavprocentige som på H 12-2, og sammensætningen er angivet i tabel 3.5.

I tabellerne 3.6 til 3.8 er forsøgsbehandlinger i overkrydsningsforsøgene på H 11-2, H 13-0 og H 904 anført, idet grundfoderets planlagte størrelse for henholdsvis 1. kalvs og øvrige køer er anført.

Tabel 3.1 Forsøgsblandingerne sammensætning, pct. H 12-2.

	A-3	A-6	A-9
An. fedt (100,0) ¹⁾	0	3,5	7,0
Byg, dansk (1,9)	42,0	38,5	35,0
Havre, dansk (4,6)	14,0	14,0	14,0
Klid, dansk (4,0)	6,0	6,0	6,0
Melasse, dansk (0)	6,0	6,0	6,0
Solsikkeexp. (6,0)	10,0	10,0	10,0
Bomuldsexp. (4,0)	10,0	10,0	10,0
Sojaskrå (0,8)	10,0	10,0	10,0
Dicalciumfosfat (0)	1,6	1,6	1,6
Kogsalt (0)	0,4	0,4	0,4

Beregnet indhold:

Råfedt, pct. af foder	2,8	6,2	9,6
Ford.råprotein, pct. af foder	17	16	16
F.e. pr. 100 kg foder	95	102	109

1) Indhold af pct. råfedt.

Tabel 3.2 Forsøgsblandingerne sammensætning, pct. H 21-1, H 24-1 og H 25-0.

	C-2	C-12	C-16
C-12, standardvare ¹⁾	0	100	49,0
Bomuldsfrøskrå	26,0	-	19,0
Sojaskrå	26,0	-	20,0
Animalsk fedt	0	-	10,0
Byg, formalet	42,0	-	0
Melasse	4,0	-	0
Mineralbl. m. vit.	2,0	-	2,0

Beregnet indhold:

Råfedt, pct. af foder	1,6	12,0	16,0
Ford.råprotein, pct. af foder	24	32	32
F.e. pr. 100 kg foder	101	120	130

1) Sammensætning (ca. procenttal): bomuldsfrøkager/skrå (45), soyakager/skrå (20), solsikkekager/skrå (10), raps- og hørfrø/kager/skrå (11), animalsk fedt (6), melasse (6) og mineral-vitaminblanding (2).

Tabel 3.3 Forsøgsbehandling. Foderplan 1-12 uger efter kælvning.
H-12-2. RDM. Holdforsøg.

Fedtniveau		Lavt	Middel	Højt
For- } A-3, f.e.		6,0	0	0
søgs- } A-6, f.e.		0	6,0	0
foder } A-9, f.e.		0	0	6,0
Grundfoder, ca. f.e.		10,0	10,0	10,0
Råfedt, tilskud, ca. g		177	365	528
Råfedt, grundf. ca. g		280	280	280
Råprot., g ford. ca.		2400	2400	2400
F.e. ialt, ca.		16,0	16,0	16,0

Tabel 3.4 Forsøgsbehandling. Foderplan 1-12 uger efter kælvning.
H 21-2, H 24-1 og H 25-0. Jersey. Holdforsøg.

Fedtniveau		Lavt	Middel	Højt
For- } C-2, f.e.		3,3	1,0	0
søgs- } 1) C-12, f.e.		1,7	4,0	0
foder } C-16, f.e.		0	0	5,0
Grundfoder, ca. f.e.		10,0	10,0	10,0
Råfedt, tilskud, ca. g		222	416	615
Råfedt, grundf. ca. g		175	175	175
Råprot., g ford. ca.		2400	2400	2400
F.e. ialt ca.		15,0	15,0	15,0

1) 1.kalvs køer tildeles 80 pct. af anførte mængder.

Tabel 3.5 Forsøgsblandingerne sammensætning, pct. H 904.

Blanding	A-2	A-9
Animalsk fedt	0	8
Sojaskrå	23	32
Byg, valset	47	30
Havre, valset	18	18
Hvedeklid	6	6
Melasse	6	6

Beregnet indhold:

Råfedt, pct. af foder	1,7	9,6
Ford. råprot., pct. af foder	16	19
F.e. pr. 100 kg foder	100	116

Tabel 3.6 Forsøgsbehandling og planlagt daglig grundration. H 11-2. Jersey. Romersk kvadrat forsøg.

Kg C-bl. pr. ko daglig i anførte periode¹⁾

Fedtniveau i forsøgsperiode 1:	Lavt			Middel			Højt		
Uger efter kælvning:	C-2	C-12	C-14	C-2	C-12	C-14	C-2	C-12	C-14
Før forsøgsbehandling									
(1.-6.uge)	-	5,0	-	-	5,0	-	-	5,0	-
Overgangssper. (7.uge)	2,4	3,0	-	0,9	4,3	-	-	2,5	2,4
Forsøgssper.1(8.-13.uge)	4,8	1,0	-	1,8	3,5	-	-	-	4,8
Overgangssper. (14. uge)	3,3	2,3	-	0,9	1,8	2,4	2,4	0,5	2,4
Forsøgssper.2(15.-20.uge)	1,8	3,5	-	-	-	4,8	4,8	1,0	-
Overgangssper. (21.uge)	0,9	1,8	2,4	2,4	0,5	2,4	3,3	2,3	-
Forsøgssper.3(22.-27.uge)	-	-	4,8	4,8	1,0	-	1,8	3,5	-

1) 1.kalvs køer tildeles 80 pct. af ovennævnte kg-mængder.

Ration ved fedtniveau:	Lavt		Middel		Højt	
Forsøgsfoder, f.e.	4,8-6,0		4,8-6,0		4,8-6,0	
Grundfoder, ca. f.e.	7,7-9,0		7,7-9,0		7,7-9,0	
Råfedt, tilskud, ca. g	173-216		365-456		538-672	
Råfedt, grundf. ca. g	110		110		110	
Råprotein, ca. g ford.	2000-2400		2000-2400		2000-2400	
F.e. ialt, ca.	12,5-15,0		12,5-15,0		12,5-15,0	

N.B. Laveste niveau gælder 1. kalvs køer og højeste øvrige køer.

Tabel 3.7 Forsøgsbehandling og planlagt daglig grundration. H 13-o. SDM. Romersk kvadrat forsøg.

Kg C-bl. pr. ko daglig i anførte perioder¹⁾

Fedtniveau i forsøgsperiode 1:	Lavt			Middel			Højt		
Uger efter kælvning:	C-2	C-12	C-14	C-2	C-12	C-14	C-2	C-12	C-14
Før forsøgsbehandling									
(1.-6.uge)	-	4,6	-	-	4,6	-	-	4,6	-
Overgangssper. (7.uge)	2,4	2,3	0,2	1,0	3,7	-	-	2,3	2,1
Forsøgssper.1(8.-13.uge)	4,8	-	0,4	2,1	2,8	-	-	-	4,3
Overgangssper. (14.uge)	3,4	1,4	0,2	1,0	1,4	2,2	2,4	0,5	2,3
Forsøgssper.2(15.-20.uge)	2,1	2,8	-	-	-	4,3	4,8	1,0	0,4
Overgangssper. (21.uge)	1,0	1,4	2,2	2,4	-	2,3	3,4	1,4	0,2
Forsøgssper.3(22.-27.uge)	-	-	4,3	4,8	-	0,4	2,1	2,8	-

1) 1.kalvs køer tildeles 80 pct. af ovennævnte kg-mængder.

Ration ved fedtniveau:	Lavt		Middel		Højt	
Forsøgsfoder, f.e.	4,4-5,5		4,4-5,5		4,4-5,5	
Grundfoder, ca. f.e.	9,6-10,5		9,6-10,5		9,6-10,5	
Råfedt, tilskud, ca. g	122-152		302-378		482-602	
Råfedt, grundf. ca. g	220		220		220	
Råprotein, ca. g ford.	2100-2600		2100-2600		2100-2600	
F.e. ialt, ca.	14,0-16,0		14,0-16,0		14,0-16,0	

N.B. Laveste niveau gælder 1. kalvs køer og højeste øvrige køer.

Tabel 3.8 Forsøgsbehandling og planlagt daglig grundration.
H 904. SDM. Romersk kvadrat.

Kg A-bl. pr. ko daglig i anførte perioder									
Fedtniveau i forsøgsperiode 1:	Lavt			Middel			Højt		
Uger efter kælvning:	A-2	A-6	A-9	A-2	A-6	A-9	A-2	A-6	A-9
Før forsøgsbehandling (1.-6.uge)	-	5,0	1,0	-	5,0	1,0	-	5,0	1,0
Overgangssper. (7.uge)	3,0	3,0	-	1,5	3,0	1,3	-	3,0	2,6
Forsøgssper.1(8.-13.uge)	6,0	-	-	3,0	-	2,6	-	-	5,2
Overgangssper. (14.uge)	4,5	-	1,3	1,5	-	3,9	3,0	-	2,6
Forsøgssper.2(15.-20.uge)	3,0	-	2,6	-	-	5,2	6,0	-	-
Overgangssper. (21.uge)	1,5	-	3,9	3,0	-	2,6	4,5	-	1,3
Forsøgssper.3(22.-27.uge)	-	-	5,2	6,0	-	-	3,0	-	2,6
Ration ved fedtniveau:	Lavt			Middel			Højt		
Forsøgsfoder, f.e.	6,0			6,0			6,0		
Grundfoder, ca. f.e.	9,0			9,0			9,0		
Råfedt, tilskud, ca. g	100			300			500		
Råfedt, grundf., ca g	250			250			250		
Råprotein, ca. g ford.	2100			2100			2100		
F.e. ialt, ca.	15,0			15,0			15,0		

I tabel 3.9 er anført en oversigt over grundrationens sammensætning i de respektive besætninger og uger efter kælvning (u.e.k.).

Tabel 3.9 Grundrationens sammensætning for 1. kalvs henholdsvis øvrige køer, planlagt f.e. pr. ko dgl.

<u>Foder:</u>	<u>Letfordøj.</u> (roer, me- lasse etc.)	<u>Tungere ford.</u> ad libitum (ens., hø etc.)
<u>Holdforsøg:</u>		
(1-12 u.e.k.)		
H 12-2 (R)	4-5	5-6
H 21-1 (J)	4-5	4-5
H 24-1 (J)	5-6	3-4
H 25-0 (J)	5-6	3-4
<u>Romersk kvadrat:</u>		
(7-27 u.e.k.)		
H 11-2 (J)	5-6	3-4
H 13-0 (S)	5-6	4-5
H 904 (S)	3,5	5-6

3.2 Forsøgsdyr

Antal forsøgsdyr i hold- og overkrydsningsforsøgene er anført i tabel 3.10, hvoraf også fremgår fordelingen på forsøgsbehandling, laktationsnummer, besætning og race. I tabel 3.11 er anført den gennemsnitlige legemsvægt ved forsøgsperiodens begyndelse.

Tabel 3.10 Antal køer på de respektive forsøgsbehandlinger

<u>Fedtniveau</u>	<u>Lavt</u>		<u>Middel</u>		<u>Højt</u>		
<u>Laktationsnr.</u>	<u>1.lakt. Øvr.</u>		<u>1.lakt. Øvr.</u>		<u>1.lakt. Øvr.</u>		<u>Ialt</u>
<u>Holdforsøg:</u>							
H 12-2 (R)	12	21	11	21	10	21	96
H 21-1 (J)	9	17	10	16	10	16	78
H 24-1 (J)	6	20	5	19	5	20	75
H 25-0 (J)	15	22	16	26	16	25	120
Antal køer pr. behandl.	42	80	42	82	41	82	369
<u>Overkrydsnings-:</u>							
H 11-2 (J)	(12)	(37)	(12)	(37)	(12)	(37)	49
H 13-0 (S)	(14)	(16)	(14)	(16)	(14)	(16)	30
H 904 (S)	(6)	(13)	(6)	(13)	(6)	(13)	19
Antal køer pr. behandl.	(32)	(66)	(32)	(66)	(32)	(66)	98

Tabel 3.11 Forsøgskøernes legemsvægt ved forsøgsperiodens begyndelse, kg.

<u>Fedtniveau</u>	<u>Lavt</u>		<u>Middel</u>		<u>Højt</u>	
<u>Laktationsnr.</u>	<u>1.lakt. Øvr.</u>		<u>1.lakt. Øvr.</u>		<u>1.lakt. Øvr.</u>	
<u>Holdforsøg:</u>						
H 12-2 (R)	479	586	471	591	476	620
H 21-1 (J)	340	430	363	438	386	423
H 24-1 (J)	344	399	378	404	360	395
H 25-0 (J)	345	432	337	425	335	418
<u>Overkrydsningsforsøg:</u>						
H 11-2 (J)	340	433	335	413	331	425
H 13-0 (S)	497	584	503	603	480	618
H 904 (S)	461	547	476	561	475	550

Blandt kælvedyr blev medtaget alle dyr, der i enhver henseende var i normal kondition og derfor ikke havde produktionsmæssige fejl som f.eks. trepattethed som følge af fluestik m.m. eller havde dårlige lemmer med f.eks. hasetrykninger. Et dyr, der forventedes at have ekstremt dårlige eller gode ydelsesanlæg i forhold til besætningsniveau, blev ikke inddraget. Forsøgsdyrenes huld var tilstræbt at være så ensartet som muligt ved kælvning og samtidigt at være normalt til godt.

I såvel hold- som overkrydsningsforsøgene blev forsøgsdyrene indsat på de respektive behandlinger - for første henholdsvis øvrige laktationer - foretaget tilfældigt efter forventet kælvning.

Malkning og pasning iøvrigt blev tilstræbt hensigtsmæssig og ensartet, og goldning blev tilstræbt 6 uger før forventet kælvning. Sygdomsbehandling blev foretaget straks efter, at sygdom blev konstateret.

Udsættelse af køer skete, hvis de inden 3. ydelseskontrollering fik en alvorlig sygdom, der ikke kunne henføres til stofskifte- og fordøjelsessygdomme og heller ikke straks kunne helbredes. Afgæede køer blev erstattet af tilsvarende ved først givne lejlighed.

3.3 Dataregistrering

Optagelsen af de enkelte fodermidler blev i hver uge registreret over ét døgn omfattende alle køer inden for den enkelte forsøgsbehandling (H 12-2) eller alle køer inden for den enkelte besætning (H 11-2, H 13-0, H 21-1, H 24-1 og H 25-0). På H 904 blev foderoptagelsen derimod registreret dagligt for den enkelte forsøgsko i hele forsøgsperioden.

Foderprøver til bestemmelse af foderværdi og -kvalitet af de enkelte fodermidler blev udtaget løbende gennem forsøgsperioden for kemisk analyse på Afd. for dyrefysiologi, biokemi og analytisk kemi, Statens Husdyrbrugsforsøg.

Mælkeydelsen blev i holdforsøgene registreret for den enkelte ko hvert 14. døgn ved en kontrol over ét døgn, medens ydelsen i overkrydsningsforsøgene blev registreret over ét døgn i hver uge. Mælkeprøverne blev analyseret for fedt- og proteinindhold på Mejeribrugets Centrallaboratorier i Ringsted, Odense og Holstebro. Sygdoms- og drægtighedsforhold blev registreret løbende.

Tilvækst eller vægtændringer blev registreret ved vejning i 2 døgn eller ved dobbeltmålinger ved begyndelsen og afslutningen af hver enkelt forsøgsperiode.

3.4 Forsøgsfoder

Forsøgsblandingerens fedtindhold er anført i tabel 3.12, hvoraf det fremgår, at det ikke i alle tilfælde helt har været muligt at opnå det tilsigtede fedtniveau, men det aktuelt registrerede har været anvendt i de foretagne analyser (jf. kapitel 4).

Tabel 3.12 Forsøgsfoderets råfedtindhold, g pr. kg.¹⁾

	<u>Antal anal.</u>	<u>A-3</u>	<u>A-6</u>	<u>A-9</u>
H 12-2	24	37 (27-50)	61 (50-70)	80 (51-97)
H 21-1 } H 24-1 } H 25-0 }	12	<u>C-2</u> 19 (17-24)	<u>C-12</u> 120 (garanti)	<u>C-16</u> 141 (136-146)
H 11-2	12	<u>C-2</u> 28 (22-35)	<u>C-12</u> 115 (101-137)	<u>C-14</u> 141 (127-158)
H 13-0	15	<u>C-2</u> 36 (21-44)	<u>C-12</u> 121 (108-138)	<u>C-14</u> 128 (93-154)
H 904	11	<u>A-2</u> 25 (19-33)	<u>A-6</u> 53 (46-58)	<u>A-9</u> 89 (81-101)

¹⁾ Analyseret ved Soxleth-metoden, d.v.s. uden forudgående hydrolyse.

3.5 Statistiske metoder

I den statistiske analyse er kørerne delt i henholdsvis første laktation og 2. og senere laktationer. De følgende modeller er anvendt på begge laktationsgrupper.

3.5.1 Mælkeydelse i holdforsøgene

Mælkeydelsen Y er beskrevet ved den gennemsnitlige dagsydelse (kg mælk, g smørfedt, g protein, kg 4% mælk) i laktationens første 12 uger (6 kontrolleringer).

Følgende model er anvendt i den statistiske analyse:

$$(1) \quad Y_{ij} = I + VGT_{ij} \cdot b + BEH_j + e_{ij}$$

hvor I = intercept

VGT_{ij} = vægten ved kælvning af den i'te ko
på den j'te behandling

b = regressionskoefficienten

BEH_j = effekten af den j'te behandling

e_{ij} = rest.

Signifikansen af behandlingseffekten er beregnet ved en F-test af variansen mellem behandlinger mod restvariansen.

3.5.2 Mælkeydelse i overkrydsningsforsøgene

Mælkeydelsen Y (kg mælk, g smørfedt, kg 4% mælk pr. ko dgl.) er beregnet som gennemsnittet af de 3 sidste kontrolleringer ud af i alt 6 i hver forsøgsperiode. Herved undgås en eventuel overslæbningseffekt fra den foregående periode.

Følgende model er anvendt i den statistiske analyse:

$$(2) \quad Y_{ijk} = I + KO_i + PER_j + BEH_k + e_{ijk}$$

hvor I = intercept

KO_i = effekten af den i'te ko

PER_j = effekten af den j'te periode

BEH_k = effekten af den k'te behandling

e_{ijk} = rest.

Signifikansen af behandlingseffekten er beregnet ved en F-test af variansen mellem behandlinger mod restvariansen.

3.5.3 Mælkeydelsen som funktion af fedttildelingen

Mælkeydelsen er søgt udtrykt som funktion af fedttildelingen ved følgende modeller:

$$(3) \quad Y_{ijk} = I + (\text{GÅRD} \times \text{LAKT})_{ij} + X_{ijk} \cdot b + e_{ijk}$$

$$(4) \quad Y_{ijk} = I + (\text{GÅRD} \times \text{LAKT})_{ij} + X_{ijk} \cdot b_1 + X_{ijk}^2 \cdot b_2 + e_{ijk}$$

hvor Y_{ijk} = gns. ydelsen ved den k'te behandling på den i'te gård og i den j'te laktation

I = intercept

X_{ijk} = fedttildelingen ved den k'te behandling på den i'te gård og i den j'te laktation

b, b_1, b_2 = regressionskoefficienter

e_{ijk} = rest.

Desuden er det undersøgt, om regressionskoefficienten b i model (3) er ens ved henholdsvis 1. og senere laktationer, RDM/SDM og Jersey samt holdforsøg og overkrydsningsforsøg (forskellige laktationsperioder). Der er hertil anvendt følgende model:

$$(5) \quad Y_{ijk} = I + (\text{GÅRD} \times \text{LAKT})_{ij} + X_{ijk} \cdot b_m + e_{ijk}$$

hvor b_m = regressionskoefficienten ved de oven for anførte sammenligninger.

Ved analysen af modellerne (3), (4) og (5) er anvendt vægtet mindste kvadraters metode, idet de enkelte gennemsnitsresultater er vægtede ved deres sikkerhed, d.v.s. med variansen på estimatet.

3.5.4. Sygdomme i holdforsøgene

På grundlag af dyrlægebehandlinger er der for hvert hold beregnet antal køer med de enkelte sygdomme. Denne opgørelse er foretaget for alle køer uanset afgangstidspunkt over de første 12 uger efter kælvning. Signifikansen af behandlingseffekten er beregnet ved en χ^2 -test, hvor det fundne antal dyr er sammenlignet med det forventede antal dyr under nulhypotesen: ingen effekt af behandlingen.

4 RESULTATER

4.1 Foderoptagelse

Tabel 4.1 viser den registrerede foderoptagelse 1-12 uger efter kælvning for de enkelte forsøgshold på H 12-2, dels for køer i 1. laktation (laktationsgruppe 1) og dels for ældre køer (laktationsgruppe 2).

Foderniveauet var henholdsvis ca. 14,5 og ca. 15 f.e. pr. ko daglig for de 2 laktationsgrupper, og der var ingen væsentlig forskel mellem holdene inden for laktationsgruppe. Grundfoderet til laktationsgruppe 1 bestod af ca. 9,5 kg tørstof, 1180 g ford. råprotein, 1330 g træstof og 270 g råfedt. De øvrige køer optog i gennemsnit 10,3 kg tørstof, 1290 g ford. råprotein, 1440 g træstof og 290 g råfedt.

Foderoptagelsen 1-12 uger efter kælvning på H 21-1, H 24-1 og H 25-0 er anført i tabel 4.2. Grundfoderoptagelsen i disse besætninger er ikke registreret for de enkelte forsøgshold, men kun som gennemsnit for den enkelte besætning. Unge og ældre køers optagelse er beregnet ud fra besætningsgennemsnittet og på grundlag af data fra Østergaard (1979).

Den totale foderoptagelse for laktationsgruppe 1 var ca. 12,5 f.e. på H 21-1 og H 25-0, men lavere på H 24-1, 11,1 f.e. Optagelsen for laktationsgruppe 2 var ca. 14 f.e. på H 21-1 og H 25-0 - og 12,6 f.e. på H 24-1. På H 21-1 og H 25-0 optog unge og ældre køer henholdsvis ca. 10 kg og ca. 11 kg tørstof i grundfoderet. Tørstoffets sammensætning var lidt forskelligt i disse 2 besætninger. Optagelsen på H 21-1 af ford. råprotein, træstof og råfedt var således 1180, 1270 og 302 g for laktationsgruppe 1 samt 1280, 1370 og 326 g for laktationsgruppe 2. De tilsvarende optagelser på H 25-0 var 1030, 1480 og 263 g samt 1120, 1610 og 287 g. Grundfoderoptagelsen på H 24-1 var for de 2 laktationsgrupper, 1 og (2): 8,2 (8,7) kg tørstof, 880 (940) g ford. råprotein, 1300 (1400) g træstof og 205 (217) g råfedt.

Tabel 4.1 Foderoptagelse pr. ko daglig, 1-12 uger efter kælvning.
H 12-2. RDM

<u>Fedtniveau</u>	<u>Lavt</u>		<u>Middel</u>		<u>Højt</u>	
<u>Laktationsnr.</u>	<u>1.lakt. Øvr.</u>		<u>1.lakt. Øvr.</u>		<u>1.lakt. Øvr.</u>	
<u>Forsøgsfoder, A-bl., f.e.</u>	6,1	6,1	6,2	6,2	6,1	6,1
<u>Grundfoder, f.e.:</u>						
Roer, -affald, melasse	3,8	4,1	3,8	4,1	3,8	4,2
Roetopensilage	2,5	2,7	2,5	2,7	2,6	2,8
Græssensilage	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
Mask	1,6	1,7	1,6	1,8	1,7	1,8
<u>I alt f.e.</u>	14,3	15,0	14,4	15,1	14,5	15,2
<u>Grundfoder:¹⁾</u>						
- tørstof, kg	9,4	10,2	9,4	10,2	9,7	10,4
- ford. råprotein, kg	1,17	1,27	1,17	1,28	1,21	1,31
- træstof, kg	1,32	1,44	1,32	1,42	1,35	1,45
- råfedt, g	265	290	265	288	277	295

¹⁾ Tørstof-, råprotein-, træstof- og råfedtindhold i grundfoder er delvis beregnet efter tabelværdier (Andersen & Just 1975).

Tabel 4.2 Foderoptagelse pr. ko daglig, 1-12 uger efter kælvning.
H 21-1, H 24-1 og H 25-0. Jersey.

	<u>H 21-1</u>		<u>H 24-1</u>		<u>H 25-0</u>	
<u>Laktationsnr.</u>	<u>1.lakt. Øvr.</u>		<u>1.lakt. Øvr.</u>		<u>1.lakt. Øvr.</u>	
<u>Forsøgsfoder, C-bl., f.e.</u>	4,0	5,0	4,0	5,0	4,0	5,0
<u>Grundfoder, f.e.:</u>						
Roer, -affald, melasse	3,2	3,5	3,6	3,9	4,2	4,5
Klid	1,0	1,1	0,8	0,8	0,6	0,6
Roetopensilage	1,5	1,6	0,9	0,9	1,9	2,1
Græsmarksfoder	1,3	1,4	1,8	2,0	1,9	2,1
Mask	1,4	1,5	0	0	0	0
<u>I alt f.e.</u>	12,4	14,1	11,1	12,6	12,6	14,3
<u>Grundfoder:¹⁾</u>						
- tørstof, kg	9,8	10,6	8,2	8,7	10,1	11,0
- ford. råprotein, kg	1,18	1,28	0,88	0,94	1,03	1,12
- træstof, kg	1,27	1,37	1,30	1,40	1,48	1,61
- råfedt, g	302	326	205	217	263	287

¹⁾ Tørstof-, råprotein-, træstof- og råfedtindhold i grundfoder er delvis beregnet efter tabelværdier (Andersen & Just 1975).

Tabel 4.3 Foderoptagelse pr. ko daglig, 8-27 uger efter kælvning. Overkrydsningsforsøgene.

<u>Fedtniveau</u> <u>Laktationsnr.</u>	H 11-2 (J)		H 13-o (S)		H 9o4 (S)					
	L+M+H		L+M+H		Lavt		Middel		Højt	
	1.lakt.	Øvr.	1.lakt.	Øvr.	1.lakt.	Øvr.	1.lakt.	Øvr.	1.lakt.	Øvr.
Forsøgsfoder, f.e.	4,8	6,0	4,4	5,5	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
<u>Grundfoder, f.e.:</u>										
Roer, -affald, melasse	4,7	5,0	4,9	5,3	3,5		3,5		3,5	
Klid o.l.	0,5	0,5	0,5	0,5	-	-	-	-	-	-
Roetopensil.	0,5	0,5	0,8	0,9	-	-	-	-	-	-
Græsmarksfoder (incl. evt. halm)	2,9	3,0	3,6	3,9	4,8	5,8	4,8	6,5	5,2	6,8
Mask	-	-	0,9	0,9	-	-	-	-	-	-
<u>Ialt f.e.</u>	13,4	15,0	15,1	17,0	14,3	15,3	14,3	16,0	14,7	16,3
<u>Grundfoder: 1)</u>										
- tørstof, kg	10,0	10,4	12,5	13,4	10,8	12,4	10,9	13,3	11,5	13,7
- ford.råprot., kg	1,02	1,06	1,45	1,56	1,05	1,22	1,06	1,33	1,12	1,38
- træstof, kg	1,57	1,63	2,22	2,39	2,14	2,51	2,15	2,72	2,29	2,81
- råfedt, g	235	241	348	372	286	348	288	389	311	405

1) Tørstof-, råprotein-, træstof- og råfedtindhold i grundfoder er delvis beregnet efter tabelværdier (Andersen & Just 1975).

Tabel 4.3 viser foderoptagelsen i overkrydsningsforsøgene, 8-27 uger efter kælvning. Grundfoderet til besætningerne H 11-2 og H 13-0 er registreret som gennemsnit for alle køer i besætningen. Fordelingen til de 2 laktationsgrupper er beregnet efter de samme principper som i tabel 4.2. På H 904 er foderoptagelsen registreret for hver enkelt ko på alle forsøgsbehandlinger.

Køerne i laktationsgruppe 1 og 2 på H 11-2 optog henholdsvis 13,4 og 15,0 f.e. i alt samt 10,0 og 10,4 kg tørstof i grundfoderet, som indeholdt 1020 og 1060 g ford. råprotein, 1570 og 1630 g træstof samt 235 og 241 g råfedt.

Foderniveauet var højt på H 13-0, 15,1 og 17,0 f.e. for de respektive grupper. Grundfoderoptagelsen var 12,5 og 13,4 kg tørstof, 1450 og 1560 g ford. råprotein, 2220 og 2390 g træstof samt 348 og 372 g råfedt.

Den totale foderoptagelse for laktationsgruppe 1 på H 904 var i gennemsnit 14,4 f.e., men højest (14,7 f.e.) ved behandling H. Den gennemsnitlige optagelse af grundfoder var 11,1 kg tørstof, 1080 g ford. råprotein, 2190 g træstof og 295 g råfedt. For de ældre køer steg foderoptagelsen fra behandling L (15,3 f.e.) til behandling M (16,0 f.e.) og yderligere til behandling H (16,3 f.e.). Stigningen skyldtes en større optagelse af græsmarksfoder (grøncobs), som blev tildelt ad lib. Grundfoderet bestod (som gennemsnit for alle behandlinger) af 13,1 kg tørstof, 1310 g ford. råprotein, 2680 g træstof og 380 g råfedt.

Grundfoderets kemiske sammensætning var noget forskellig fra besætning til besætning, specielt med hensyn til træstofindholdet. Dette var lavest på H 21-1 (13%) og H 12-2 (14%) og højest på H 13-0 (18%) og H 904 (20% af tørstof). I de øvrige besætninger indeholdt grundfoderets tørstof 15-16% træstof. Råproteinindholdet varierede fra 14% (H 904, H 11-2, H 25-0) til 16-17% af tørstoffet (H 21-1, H 12-2). Indholdet af råfedt var lavest på H 11-2 (2,3% af tørstof) og varierede i de øvrige besætninger fra 2,5 til 3,1%.

Fedtindholdet i den totale foderration udtrykt som g råfedt pr. kg tørstof i alt er anført for hver forsøgsbehandling i de respektive besætninger i tabel 4.4. Det fremgår af tabellen, at tørstoffets

råfedtkoncentration var noget forskellig mellem besætningerne - højest på H 21-1 og H 24-1 og lavest på H 9o4. Den største forskel mellem behandlinger opnåedes på H 24-1 og H 11-2, mens der var mindst forskel mellem behandlinger på H 12-2. Foderets råfedtindhold som gennemsnit af alle forsøgene var henholdsvis 3,3, 4,5 og 5,5% af tørstof for lavt, middel og højt fedtniveau.

De vigtigste informationer vedrørende total foderoptagelse, grundfoderets kemiske sammensætning samt mængden af fedt i det tildelte kraftfoder (tilskudsfedt) er også anført i tabellerne 4.5 - 4.11 sammen med de opnåede produktionsresultater, mælkeydelse og tilvækst (tilvækst dog kun for holdforsøgene).

Tabel 4.4 Den totale foderrations fedtindhold, g råfedt pr. kg tørstof.

Laktationsnr. Fedtniveau	1. lakt.			2. og senere lakt.		
	Lavt	Mid.	Højt	Lavt	Mid.	Højt
H-nr.:						
12-2	33	43	50	33	42	48
21-1	37	49	58	38	51	61
24-1	34	48	58	35	50	62
25-o	33	45	54	34	47	57
11-2	31	44	58	32	46	63
13-o	33	43	50	33	44	53
9o4	27	38	49	28	38	48
Gennemsnit	33	44	54	33	46	56

4.2 Mælkeydelse

Forsøgsbehandlingens indflydelse på køernes daglige mælkeydelse er analyseret ved hjælp af de statistiske modeller, der er beskrevet i afsnit 3.5. Forsøgsperioden i holdforsøgene (H 12-2, H 21-1, H 24-1 og H 25-o) omfatter de første 12 uger efter kælvning. I overkrydsningsforsøgene er kun medtaget resultater fra de sidste 3 uger af hver forsøgsperiode, således at de gældende perioder bliver lak-

tationsugerne 11-13, 18-20 og 25-27. Overgangsperioden mellem hver forsøgsperiode bliver herved på 4 uger, hvilket må antages at eliminere evt. overslæb af behandlingseffekt fra den ene forsøgsperiode til den næste. De anførte resultater er korrigerede gennemsnit beregnet ved hjælp af model (1) for holdforsøgene og model (2) for overkrydsningsforsøgene.

Den opnåede mælkeydelse på H 12-2 er vist i tabel 4.5 for de 3 forsøgshold inden for hver laktationsgruppe. Produktionsniveauet var 16-18 kg 4% mælk pr. ko dgl. i 1. laktation, og ydelsen var stigende fra lavt til højt fedtniveau. Forskellen mellem holdene var dog ikke signifikant.

Mælkeydelsen i 2. og senere laktationer var stigende fra hold L (24,0 kg) til hold M (27,7 kg) og derefter faldende fra hold M til hold H (25,5 kg 4% mælk). Holdeffekten var signifikant både for g smørfedt ($P = 0,02$) og kg 4% mælk ($P = 0,02$) på trods af en stor standardafvigelse (3,8 kg 4% mælk).

Der var ingen signifikante holdforskelle for 1. kalvs kør på H 21-1 (tabel 4.6). Ydelsen af 4% mælk steg dog fra hold L (20,3 kg) til hold M (21,1 kg) og yderligere til hold H (22,4 kg). P-værdien var 0,16.

Hold L hos ældre kør havde signifikant ($P \leq 0,05$) lavere mælke-mængde end hold H, men den generelle holdeffekt var ikke signifikant - hverken med hensyn til kg mælk, g smørfedt, g protein eller kg 4% mælk. Produktionsniveauet var højt (28-30 kg 4% mælk), og ydelsen var stigende fra hold L til Hold H.

På H 24-1 (tabel 4.7) havde hold L (1. laktation) en signifikant ($P \leq 0,05$) lavere ydelse af mælk, smørfedt og 4% mælk end hold H. Den generelle holdeffekt med hensyn til kg 4% mælk var nær ved signifikansgrænsen ($P = 0,06$). Forskellen mellem holdene indbyrdes var som på H 21-1, men produktionsniveauet var lidt lavere (18-21 kg 4% mælk).

Tabel 4.5 Foderoptagelse, mælkeydelse og tilvækst, gns. pr. ko dgl. 1-12 uger efter kælvning. H 12-2.

Laktationsnr. Fedtniveau	1. lakt.			2. og senere lakt.		
	Lavt	Mid.	Højt	Lavt	Mid.	Højt
Antal køer	12	11	10	21	21	21
<u>Foderoptagelse:</u>						
Tørstof, kg i alt	15,0	14,7	14,7	15,8	15,5	15,5
F.e. i alt	14,3	14,4	14,5	15,0	15,1	15,2
Råfedt, g i alt	497	632	728	522	655	746
<u>I grundfoder:</u>						
Tørstof, kg	9,4	9,4	9,7	10,2	10,2	10,4
Ford.råprotein, g	1172	1172	1213	1274	1279	1305
Træstof, g	1315	1315	1353	1441	1423	1453
Råfedt, g	265	265	277	290	288	295
<u>I kraftfoder:</u>						
Råfedt, g	232	367	451	232	367	451
=====						
<u>Mælkeydelse:</u>						
Mælk, kg	16,86	17,42	18,36	25,18	27,88	26,03
Smørfedt, g	634	656	723	931	1102	1007
4% mælk, kg	16,26	16,80	18,18	24,04	27,69	25,51
Stand.afv., s (kg 4% mælk)			2,91			3,81
P-værdi			0,30			0,02
<u>Tilvækst, g</u>	334	319	193	169	8	÷ 4
Stand.afv., s (g tilvækst)			387			387
P-værdi			0,70			0,37

Tabel 4.6 Foderoptagelse, mælkeydelse og tilvækst, gns. pr. ko dgl. 1-12 uger efter kælvning. H 21-1.

Laktationsnr. Fedtniveau	1. lakt.			2. og senere lakt.		
	Lavt	Mid.	Højt	Lavt	Mid.	Højt
Antal køer	9	10	10	17	16	16
<u>Foderoptagelse:</u>						
Tørstof, kg i alt	13,1	12,9	12,5	14,8	14,5	14,1
F.e. i alt	12,4	12,4	12,4	14,1	14,1	14,1
Råfedt, g i alt	486	634	729	556	741	860
<u>I grundfoder:</u>						
Tørstof, kg	9,8	9,8	9,8	10,6	10,6	10,6
Ford.råprotein, g	1182	1182	1182	1276	1276	1276
Træstof, g	1270	1270	1270	1367	1367	1367
Råfedt, g	302	302	302	326	326	326
<u>I kraftfoder:</u>						
Råfedt, g	184	332	427	230	415	534
<u>Mælkeydelse:</u>						
Mælk, kg	15,06	16,38	16,86	20,68*)	22,13	22,84
Smørfedt, g	952	969	1046	1296	1392	1402
Protein, g	595	621	649	820	839	840
4% mælk, kg	20,31	21,09	22,44	27,72	29,73	30,16
Stand.afv., s (kg 4% mælk)			2,35			3,80
P-værdi			0,16			0,19
<u>Tilvækst, g</u>	35	÷195	÷208	÷443	÷441	÷265
Stand.afv., s (g tilvækst)			341			290
P-værdi			0,25			0,19

*) Sign. forsk. fra H ($P \leq 0,05$)

Tabel 4.7 Foderoptagelse, mælkeydelse og tilvækst, gns. pr. ko dgl. 1-12 uger efter kælvning. H 24-1.

Laktationsnr.	1. lakt.			2. og senere lakt.		
	Lavt	Mid.	Højt	Lavt	Mid.	Højt
Fedtniveau						
Antal køer	6	5	5	20	19	20
Foderoptagelse:						
Tørstof, kg i alt	11,5	11,3	10,9	12,9	12,6	12,2
F.e. i alt	11,1	11,1	11,1	12,6	12,6	12,6
Råfedt, g i alt	389	537	632	447	632	751
I grundfoder:						
Tørstof, kg	8,2	8,2	8,2	8,7	8,7	8,7
Ford.råprotein, g	878	878	878	938	938	938
Træstof, g	1297	1297	1297	1402	1402	1402
Råfedt, g	205	205	205	217	217	217
I kraftfoder:						
Råfedt, g	184	332	427	230	415	534
Mælkeydelse:						
Mælk, kg	14,26 ^{*)}	15,16	16,49	21,36	21,44	21,24
Smørfedt, g	813 ^{*)}	892	980	1262	1351	1365
Protein, g	530	545	579	803	808	790
4% mælk, kg	17,90 ^{*)}	19,44	21,30	27,47	28,84	28,98
Stand.afv., s (kg 4% mælk)			2,06			3,20
P-værdi			0,06			0,32
Tilvækst, g	÷175	÷294	÷353	÷395	÷424	÷421
Stand.afv., s (g tilvækst)			168			276
P-værdi			0,25			0,94

^{*)}Sign. forsk. fra H (P ≤ 0,05)

Tabel 4.8 Foderoptagelse, mælkeydelse og tilvækst, gns. pr. ko dgl. 1-12 uger efter kælvning. H 25-0.

Laktationsnr.	1. lakt.			2. og senere lakt.		
	Lavt	Mid.	Højt	Lavt	Mid.	Højt
Fedtniveau						
Antal køer	15	16	16	22	26	25
Foderoptagelse:						
Tørstof, kg i alt	13,5	13,3	12,9	15,1	14,8	14,4
F.e. i alt	12,6	12,6	12,6	14,3	14,3	14,3
Råfedt, g i alt	447	595	690	517	702	821
I grundfoder:						
Tørstof, kg	10,1	10,1	10,1	11,0	11,0	11,0
Ford.råprotein, g	1030	1030	1030	1120	1120	1120
Træstof, g	1477	1477	1477	1614	1614	1614
Råfedt, g	263	263	263	287	287	287
I kraftfoder:						
Råfedt, g	184	332	427	230	415	534
Mælkeydelse:						
Mælk, kg	16,46	16,65	17,11	20,66	22,19	20,61
Smørfedt, g	942 ^{*)}	1014	1024	1250 ^{*)}	1441	1372
Protein, g	655	648	647	824	868 ^{*)}	802
4% mælk, kg	20,72 ^{*)}	21,87	22,21	27,01	30,49	28,83
Stand.afv., s (kg 4% mælk)			1,87			3,56
P-værdi			0,08			0,01
Tilvækst, g	÷59	÷75	÷113	÷354	÷520	÷444
Stand.afv., s (g tilvækst)			233			281
P-værdi			0,80			0,18

^{*)} Sign.forsk. fra H ($P \leq 0,05$)

De ældre køer producerede daglig fra 27,5 kg (hold L) til ca. 29 kg 4% mælk (hold M og H). P-værdien var ikke signifikant.

Ydelsen af smørfedt og 4% mælk var signifikant ($P \leq 0,05$) lavere på hold L sammenlignet med hold H hos køer i 1. laktation på H 25-0 (tabel 4.8). Den generelle holdeffekt var signifikant ($P = 0,03$) med hensyn til smørfedt, men ikke med hensyn til 4% mælk ($P = 0,08$). Ydelsesniveauet var lidt højere end på H 21-1, 21-22 kg 4% mælk.

Mælkeydelsen for de ældre køer var som på H 12-2 stigende fra hold L til hold M og derefter faldende til hold H. Holdeffekten var signifikant både for smørfedt ($P = 0,004$), protein ($P = 0,05$) og 4% mælk ($P = 0,01$). Standardafvigelsen for 4% mælk var imidlertid stor (3,6 kg), og hverken hold L (27,0 kg) eller hold M (30,5 kg) var signifikant forskellige fra hold H (28,8 kg 4% mælk).

Tabel 4.9 viser mælkeproduktionsresultaterne på H 11-2. Mælkeydelsen hos 1. kalvs køerne var stigende (fra 18,4 til 20,0 kg 4% mælk) med øget fedtniveau. Behandling L medførte signifikant lavere ydelse af mælk ($P \leq 0,01$), smørfedt ($P \leq 0,001$) og 4% mælk ($P \leq 0,001$) end behandling H. De tilsvarende generelle behandlingseffekter var stærkt signifikante med P-værdier på henholdsvis 0,008, 0,0001 og 0,0001.

Hos køer i 2. og senere laktationer resulterede behandling H i signifikant højere ydelse af mælk, smørfedt og 4% mælk end de 2 øvrige behandlinger, L og M. De generelle behandlingseffekter var stærkt signifikante med P-værdier på henholdsvis 0,0006, 0,004 og 0,001 for mælk, smørfedt og 4% mælk. Ydelsesniveauet var ca. 23 kg 4% mælk ved behandling L og M stigende til 24,5 kg ved behandling H.

Køernes mælkeydelse på H 13-0 påvirkedes kun lidt af foderets fedtindhold, og der fandtes ikke signifikante forskelle mellem behandlingerne (tabel 4.10). Produktionsniveauet var ca. 21 kg 4% mælk hos køer i 1. og ca. 23 kg hos køer i senere laktationer.

Mælkeydelsen var relativt lav på H 904, 15-17 kg og 19-20 kg 4% mælk for henholdsvis 1. kalvs og ældre køer (tabel 4.11). Behandlingseffekten hos køer i 1. laktation var signifikant med hensyn til mælk ($P = 0,05$), smørfedt ($P = 0,003$) og 4% mælk ($P = 0,003$). Behandling H gav signifikant højere ydelse af mælk ($P \leq 0,05$),

Tabel 4.9 Foderoptagelse og mælkeydelse, gns. pr. ko dgl. 11-27 uger efter kælvning. H 11-2.

Laktationsnr.	1. lakt.			2. og senere lakt.		
Fedtniveau	Lavt	Mid.	Højt	Lavt	Mid.	Højt
Antal køer	(12)	(12)	(12)	(37)	(37)	(37)
<u>Foderoptagelse:</u>						
Tørstof, kg i alt	14,0	13,7	13,4	15,5	15,1	14,7
F.e. i alt	13,4	13,4	13,4	15,0	15,0	15,0
Råfedt, g i alt	437	599	777	493	696	919
<u>I grundfoder:</u>						
Tørstof, kg	10,0	10,0	10,0	10,4	10,4	10,4
Ford.råprotein, g	1018	1018	1018	1057	1057	1057
Træstof, g	1569	1569	1569	1628	1628	1628
Råfedt, g	235	235	235	241	241	241
<u>I kraftfoder:</u>						
Råfedt, g	202	364	542	252	455	678
<u>Mælkeydelse:</u>						
Mælk, kg	13,19	13,96	14,20	16,58	16,92	17,87
Smørfedt, g	873	926	957	1081	1087	1156
4% mælk, kg	18,36	19,47	20,03	22,84	23,08	24,49
Stand.afv., s (kg 4% mælk)			0,77			2,01
P-værdi			0,0001			0,001

**) Sign. forsk. fra H ($P \leq 0,01$)

表 2.3) ($P \leq 0.001$)

Tabel 4.10 Foderoptagelse og mælkeydelse, gns. pr. ko dgl.
11-27 uger efter kælvning. H 13-o.

Laktationsnr.	1. lakt.			2. og senere lakt.		
	Lavt	Mid.	Højt	Lavt	Mid.	Højt
<u>Fedtniveau</u>						
Antal køer	(14)	(14)	(14)	(16)	(16)	(16)
<u>Foderoptagelse:</u>						
Tørstof, kg i alt	16,1	16,0	15,6	18,0	17,8	17,3
F.e. i alt	15,1	15,1	15,1	17,0	17,0	17,0
Råfedt, g i alt	526	680	787	595	787	921
<u>I grundfoder:</u>						
Tørstof, kg	12,5	12,5	12,5	13,4	13,4	13,4
Ford.råprotein, g	1453	1453	1453	1555	1555	1555
Træstof, g	2218	2218	2218	2388	2388	2388
Råfedt, g	348	348	348	372	372	372
<u>I kraftfoder:</u>						
Råfedt, g	178	332	439	223	415	549
<u>Mælkeydelse:</u>						
Mælk, kg	20,72	21,57	21,41	23,65	23,48	23,62
Smørfedt, g	815	815	823	873	888	904
4% mælk, kg	20,52	20,85	20,91	22,56	22,72	23,01
Stand.afv., s (kg 4% mælk)			0,84			1,43
P-værdi			0,42			0,66

Tabel 4.11 Foderoptagelse og mælkeydelse, gns. pr. ko dgl.
11-27 uger efter kælvning. H 904.

Laktationsnr. <u>Fedtniveau</u>	1. lakt.			2. og senere lakt.		
	Lavt	Mid.	Højt	Lavt	Mid.	Højt
Antal køer	(6)	(6)	(6)	(13)	(13)	(13)
Foderoptagelse:						
Tørstof, kg i alt	16,1	15,8	16,0	17,6	18,2	18,2
F.e. i alt	14,3	14,3	14,7	15,3	16,0	16,3
Råfedt, g i alt	433	594	776	495	695	870
<u>I grundfoder:</u>						
Tørstof, kg	10,8	10,9	11,5	12,4	13,3	13,7
Ford.råprotein, g	1050	1055	1120	1218	1328	1375
Træstof, g	2140	2148	2285	2512	2724	2807
Råfedt, g	286	288	311	348	389	405
<u>I kraftfoder:</u>						
Råfedt, g	147	306	465	147	306	465
<u>Mælkeydelse:</u>						
Mælk, kg	17,58 ^{*)}	18,79	18,59	19,98	20,39	21,11
Smørfedt, g	531 ^{**)}	571 ^{*)}	625	722	732	775
4% mælk, kg	15,00 ^{**)}	16,08	16,81	18,83	19,13	20,07
Stand.afv., s (kg 4% mælk)			0,63			2,27
P-værdi			0,003			0,36

*) Sign.forsk. fra H (P ≤ 0,05) **) (P ≤ 0,01)

smørfedt ($P \leq 0,01$) og 4% mælk ($P \leq 0,01$) end behandling L og signifikant højere ydelse af smørfedt ($P \leq 0,05$) end behandling M.

Der blev ikke fundet signifikante forskelle på behandlingerne hos køer i 2. og senere laktationer på H 904.

Mælkens fedtprocent ved hver forsøgsbehandling og laktationsgruppe i de enkelte besætninger fremgår af nedenstående oversigt:

Laktationsnr. Fedtniveau	1. lakt.			2. og senere lakt.		
	Lavt	Mid.	Højt	Lavt	Mid.	Højt
H 12-2	3,76	3,77	3,94	3,70	3,95	3,87
H 21-1	6,32	5,92	6,20	6,27	6,29	6,14
H 24-1	5,70	5,88	5,94	5,91	6,30	6,43
H 25-0	5,72	6,09	5,98	6,05	6,49	6,66
H 11-2	6,62	6,63	6,74	6,52	6,42	6,47
H 13-0	3,93	3,78	3,84	3,69	3,78	3,83
H 904	3,02	3,04	3,36	3,61	3,59	3,67

Der synes at være en tendens til, at mælkens fedtindhold var stigende med tiltagende fedtniveau i foderet. Der forekom dog en del undtagelser fra denne tendens, og det er vanskeligt at udlede en generel sammenhæng mellem foderets og mælkens fedtindhold på grundlag af ovennævnte forsøg omfattende fedtniveauer fra 27 til 63 g råfedt pr. kg tørstof.

Den gennemsnitlige daglige mælkeydelse pr. ko er fremstillet grafisk som funktion af foderets fedtindhold i figurerne 4.1 - 4.4. Resultaterne er vist ved kurver for hver besætning og laktationsgruppe (undtagen for H 904, 2. og senere laktationer, da foderoptagelsen var forskellig mellem forsøgsbehandlinger, se tabel 4.11).

Figur 4.1 viser mælkeydelsens afhængighed af mængden af tilskudsfedt (x_1 , g råfedt i kraftfoder). Det generelle billede er, at ydelsen har været stigende med øget mængde tilskudsfedt. Det første tilskud af fedt i kraftfoderet har i alle forsøgene medført en stigning, mens det næste tilskud enten har givet en yderligere stigning (H 12-2, H 21-1, H 24-1 (1. lakt.) og H 11-2 (2. og sen. lakt.)), en mindre stigning (H 11-2, H 25-0, H 904 (1. lakt.) og H 21-1, H 24-1 (2. og sen. lakt.)) eller et fald i mælkeydelsen (H 12-2,

H 25-o (2. og sen. lakt.)). I én besætning (H 13-o) har effekten af at øge fedtmængden været meget ringe.

Den kvantitative sammenhæng mellem mængden af tilskudsfedt og mælkeydelsen er estimeret ved en statistisk analyse af det foreliggende materiale (ekskl. H 904, 2. og sen. lakt.).

Analysen viste, at denne sammenhæng beskrives lige så godt af en retlineær funktion (model (3)) som af en krumlinet funktion (model (4), afsn. 3.5.3). R^2 -værdien, d.v.s. den del af den totale variation, der kan beskrives af den anvendte model, var i begge tilfælde lig med 0,986. P-værdien for 2. gradsleddet i model (4) var høj, 0,56. Hældningen af den rette linie, som er beregnet ved hjælp af model (3), er vist på figur 4.1. Liniens hældningskoefficient er 0,00428, d.v.s. at mælkeydelsen stiger med 0,43 kg 4% mælk pr. ko daglig, for hver gang mængden af tilskudsfedt øges med 100 g. Dette gælder inden for forsøgenes variationsområde, 147 - 678 g råfedt i kraftfoder.

Forsøgenes resultater kan således udtrykkes ved et sæt af rette linier med forskellige niveauer, der repræsenterer de enkelte besætninger. Det er ved yderligere analyser (model (5)) undersøgt, om disse linier har forskellige hældningskoefficienter afhængig af laktationsgruppe (1. lakt. contra 2. og sen. lakt.), laktationsstadium (1.-12. uge contra 11.-27. uge) eller race (RDM/SDM contra

Jersey). De foretagne analyser viste, at der ikke var statistisk sikker forskel på behandlingseffekten (hældningskoefficienten) ved forskellig laktationsgruppe ($P = 0,51$) eller ved forskellig race ($P = 0,17$). Der var derimod signifikant større hældningskoefficient ($P = 0,04$) i de forsøg, der er gennemført i uge 1-12, end i de forsøg, som repræsenterer uge 11-27 efter kælvning.

Denne forskel er illustreret i figur 4.2, som viser 2 sæt kurver: 1) dels for laktationsstadiet 1.-12. uge (holdforsøgene) med hældningskoefficienten 0,00745 og 2) dels for laktationsstadiet 11.-27. uge efter kælvning (overkrydsningsforsøgene) med hældningskoefficienten 0,00385.

Mælkeydelsens afhængighed af foderets fedtindhold udtrykt som g råfedt pr. kg tørstof i alt (x_2) er vist i figur 4.3. Tilsvarende analyser som udført med g tilskudsfedt (x_1) som den uafhængige parameter (fig. 4.1) viste, at den kvantitative sammenhæng mellem x_2 og mælkeydelsen kan beskrives ved en ret linie ($R^2 = 0,987$) med hældningen 0,0599 (vist på fig. 4.3). Ved at øge foderets fedtindhold med 10 g pr. kg tørstof (= 1 procentenhed) opnås altså en merydelse på 0,60 kg 4% mælk pr. ko dgl. inden for variationsområdet 27-63 g råfedt pr. kg tørstof (2,7 - 6,3%). En beskrivelse af sammenhængen ved en 2. grads funktion gav ikke bedre forklaring af variationen ($R^2 = 0,988$), og koefficienten for x_2^2 var ikke signifikant forskellig fra nul ($P = 0,49$).

Figur 4.4 viser analogt med figur 4.2 2 sæt rette linier, der repræsenterer effekten af fedtniveauet udtrykt ved x_2 dels i de første 12 uger og dels i uge 11-27 efter kælvning. Hældningskoefficienten for de kurver, der beskriver mælkeydelsen i laktationsugerne 1-12, er større (0,0897) end hældningen (0,0546) af de kurver, der gælder for laktationsstadiet 11-27 uger efter kælvning. Forskellen i hældningernes størrelse er imidlertid ikke statistisk sikker ($P = 0,10$).

y, kg 4% mælk pr. ko

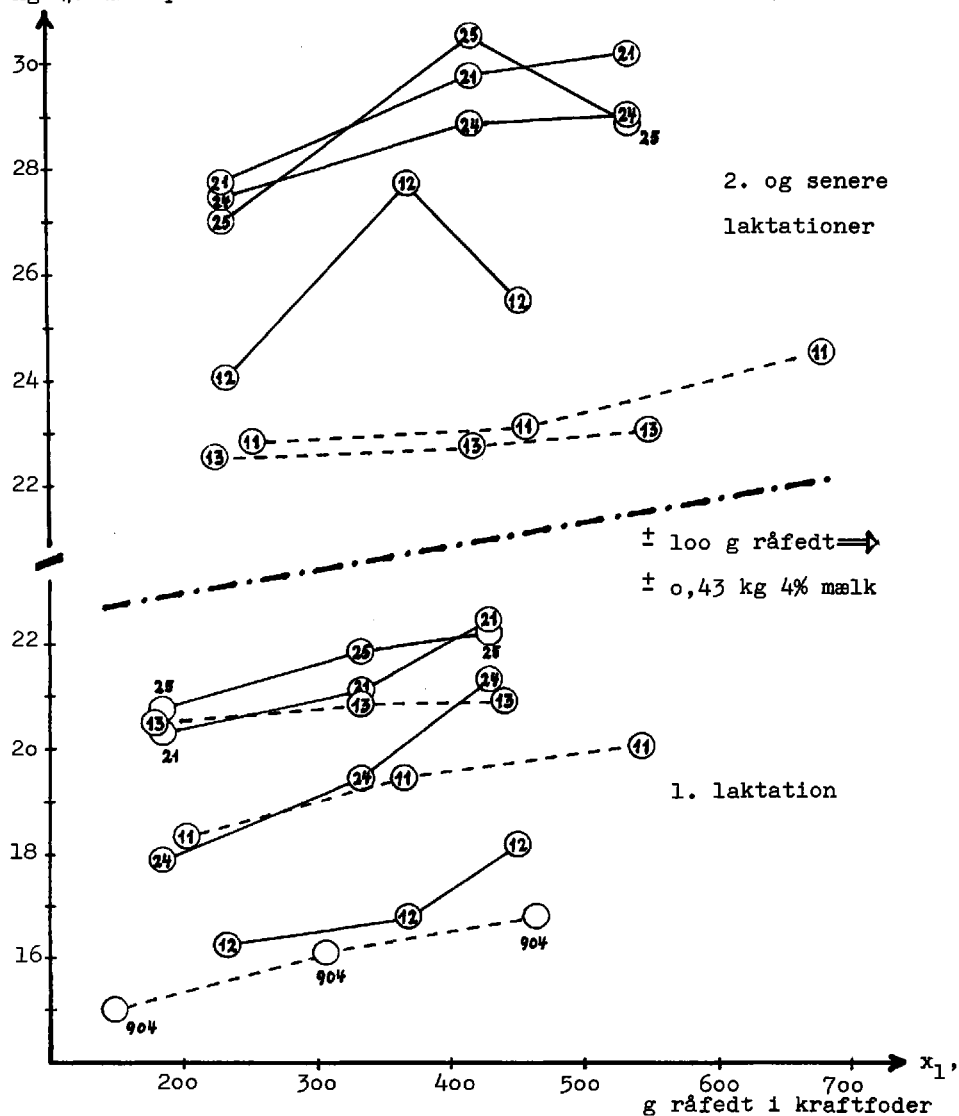


Fig. 4.1. Gns. dgl. mælkeydelse ved forskellig mængde råfedt i kraftfoderet

- 1-12 uger efter kælvning (holdforsøg)
- - - 11-27 uger efter kælvning (overkrydsn.forsøg)
- . - . Fællesfunktion.

y, kg 4% mælk pr. ko

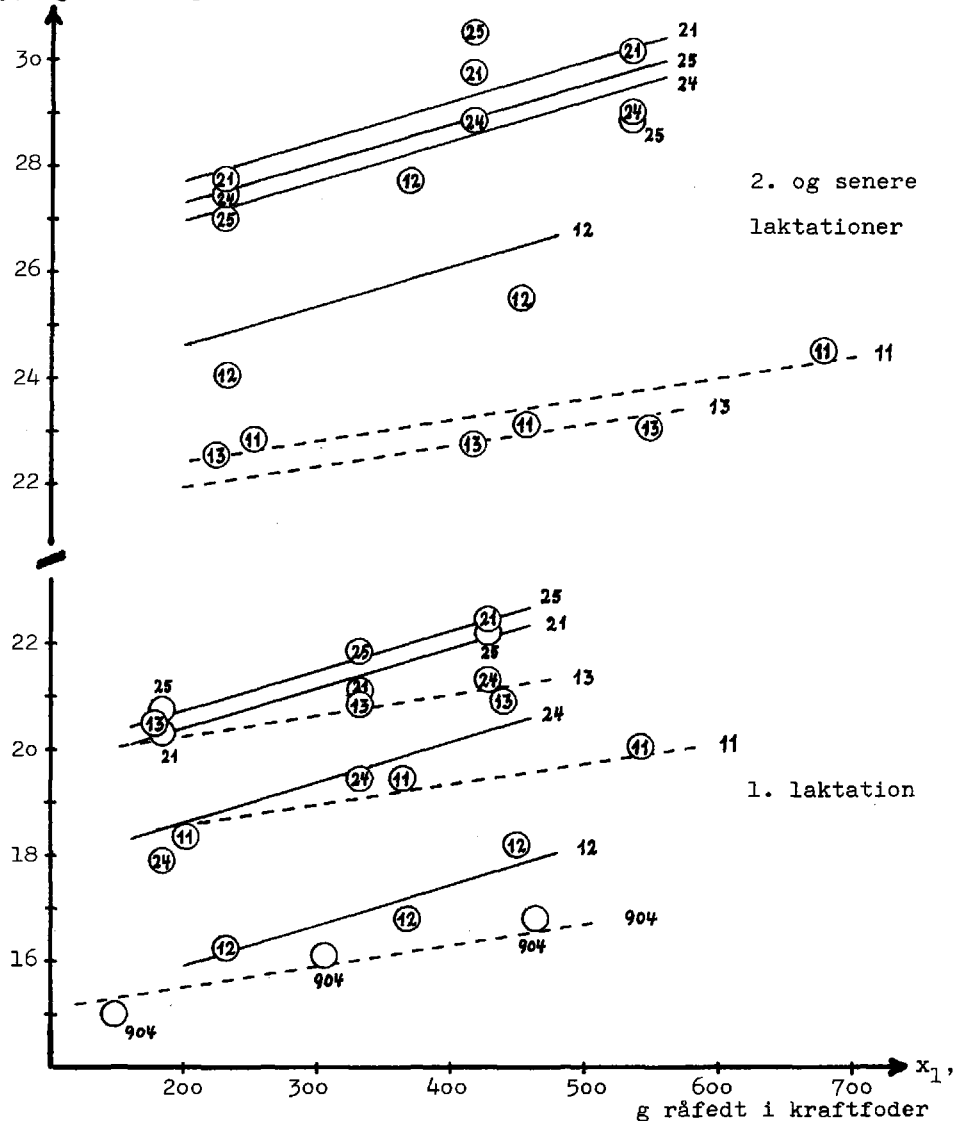


Fig. 4.2. Retlineære sammenhænge mellem råfedtmængde i kraftfoder og dgl. mælkeydelse pr. ko.

— 1-12 uger efter kælvning (holdforsøg)
 ----- 11-27 uger efter kælvning (overkrydsn.forsøg)

y, kg 4% mælk pr. ko

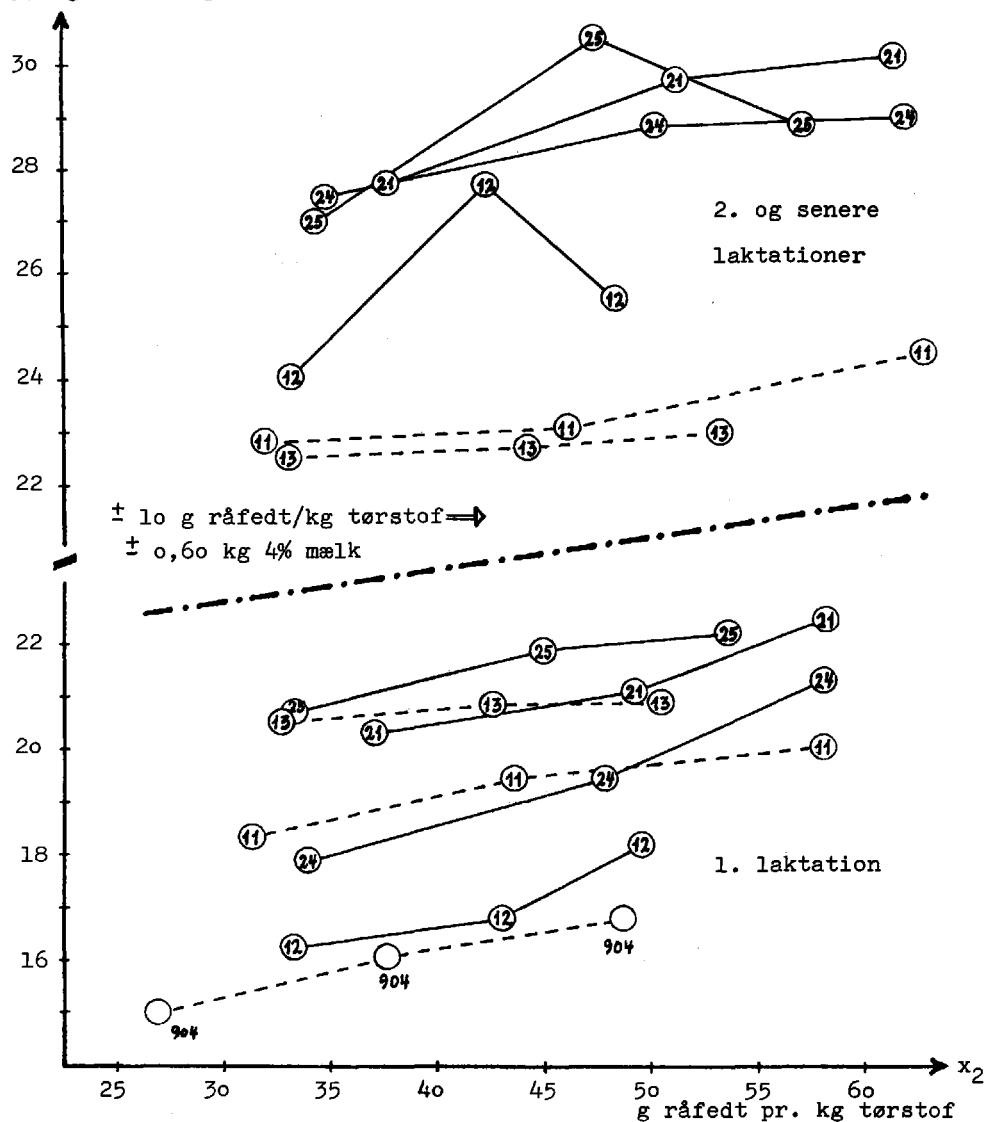


Fig. 4.3. Gns. dgl. mælkeydelse ved forskelligt råfedtindhold i fodertørstof
 — 1-12 uger efter kælvning (holdforsøg)
 ---- 11-27 uger efter kælvning (overkrydsn.forsøg)
 -.-.- Fællesfunktion.

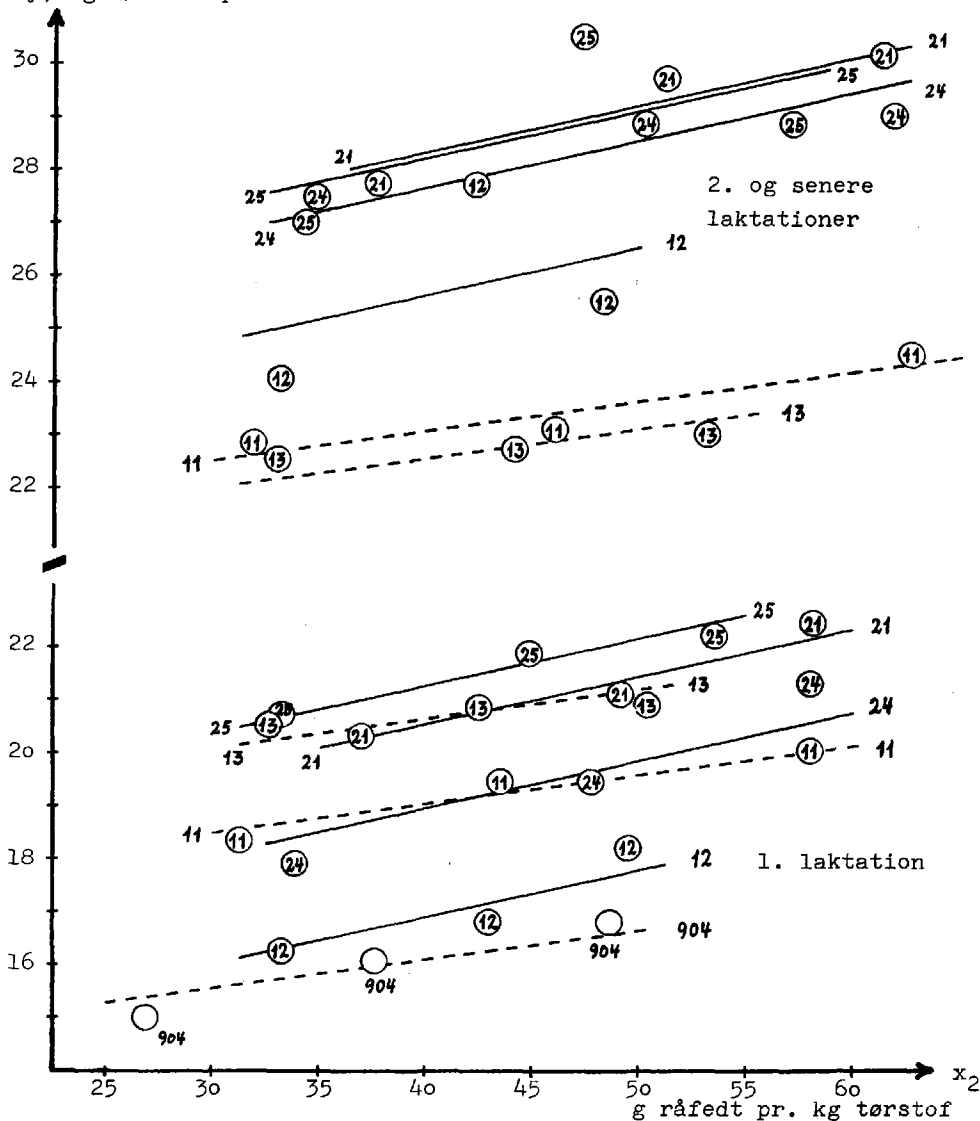


Fig. 4.4. Retlinære sammenhænge mellem råfedtindhold i fodertørstof og dgl. mælkeydelse pr. ko.

 1-12 uger efter kælvning (holdforsøg)

----- 11-27 uger efter kælvning (overkrydsn.forsøg).

4.3 Laktationskurver

Mælkeproduktionens forløb i holdforsøgene indtil 16 uger (H 12-2) og indtil 24 uger efter kælvning (H 21-1, H 24-1 og H 25-0) er vist i figurerne 4.5 - 4.8.

Det generelle billede af laktationskurvernes forløb er, at der allerede 2 uger efter kælvning var betydelige ydelsesforskelle på de enkelte hold inden for besætning og laktationsgruppe. De indbyrdes holdforskelle, som havde manifesteret sig ca. 4 uger efter kælvning (hvor den maksimale ydelse stort set var nået), blev bibeholdt i resten af forsøgsperioden, til og med 12. uge.

Efter forsøgsperiodens ophør, hvor alle køer blev fodret med samme fedttilskud (A-6 på H 12-2 og C-12 på de øvrige), mindskedes forskellen mellem holdene.

Det højstydende hold (som oftest hold H) havde et stærkere ydelsesfald end de øvrige, mens det lavestydende hold havde uændret eller lidt stigende ydelse frem til 16. uge. Ydelsen af de enkelte hold inden for besætning og laktationsgruppe var næsten ens fra 14 - 16 uger efter kælvning.

Dette generelle forløb gælder mest udpræget for køer i 2. og senere laktationer. Ydelsesforskellene mellem holdene blev i mindre grad udlignet efter forsøgsperiodens ophør hos 1. kalvs kørerne (specielt på H 21-1 og H 24-1). Hold L hos kørerne i 1. laktation på H 12-2 steg betydeligt i ydelse i den sidste halvdel af forsøgsperioden og havde den højeste ydelse ved 12. uge. Fire uger efter forsøgsperiodens ophør var der ingen forskel på de 3 hold.

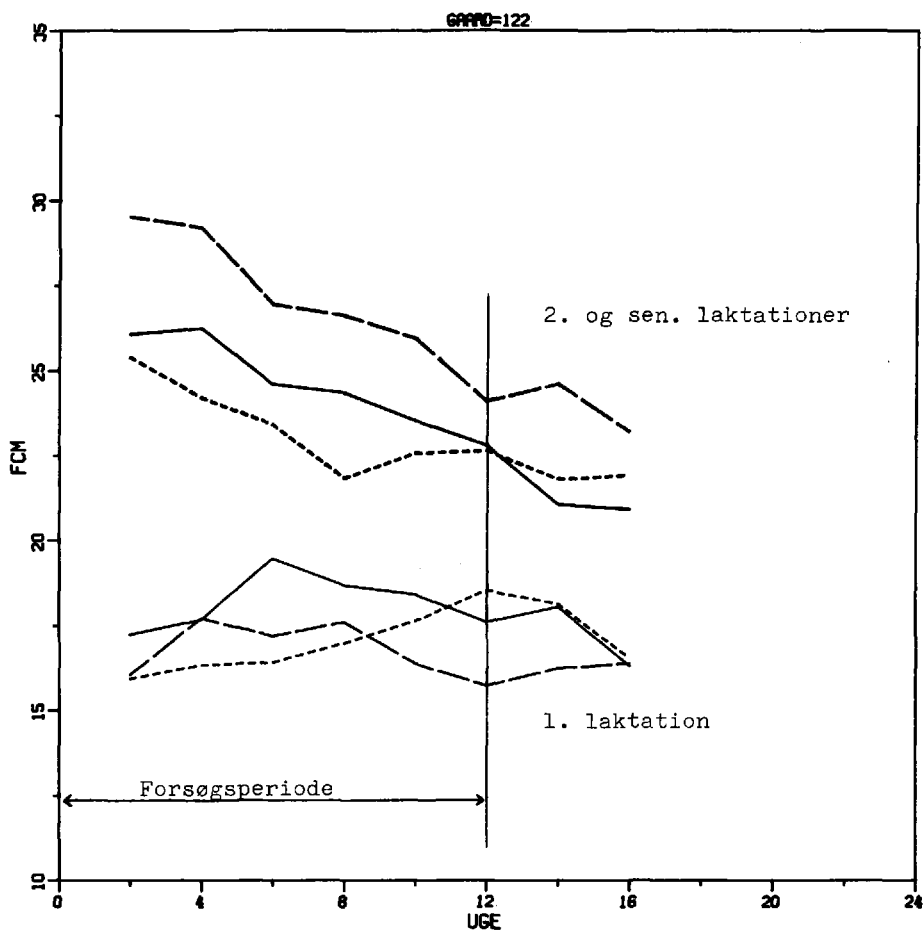


Fig. 4.5. Forsøgsholdenes laktationskurver 2-16 uger efter kælving. H 12-2.

----- hold L, — — — hold M, ————— hold H.

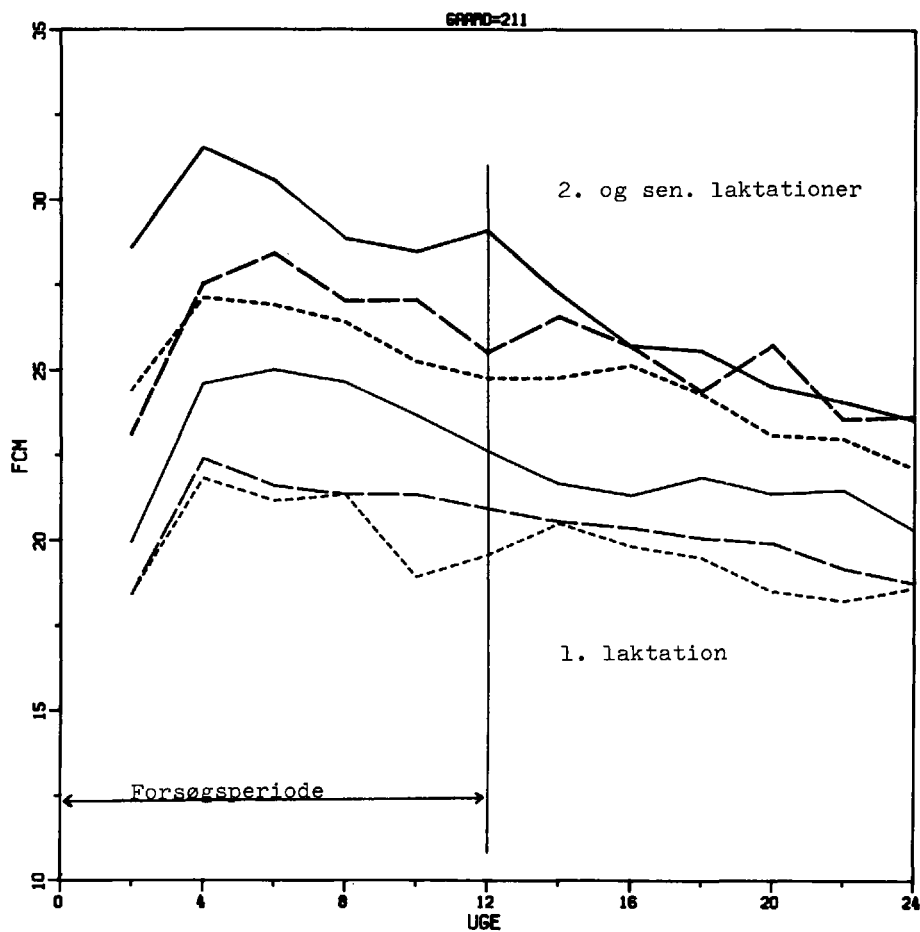


Fig. 4.6. Forsøgsholdenes laktationskurver 2 - 24 uger efter kælvning. H 21-1.

----- hold L, - - - - - hold M, ——— hold H.

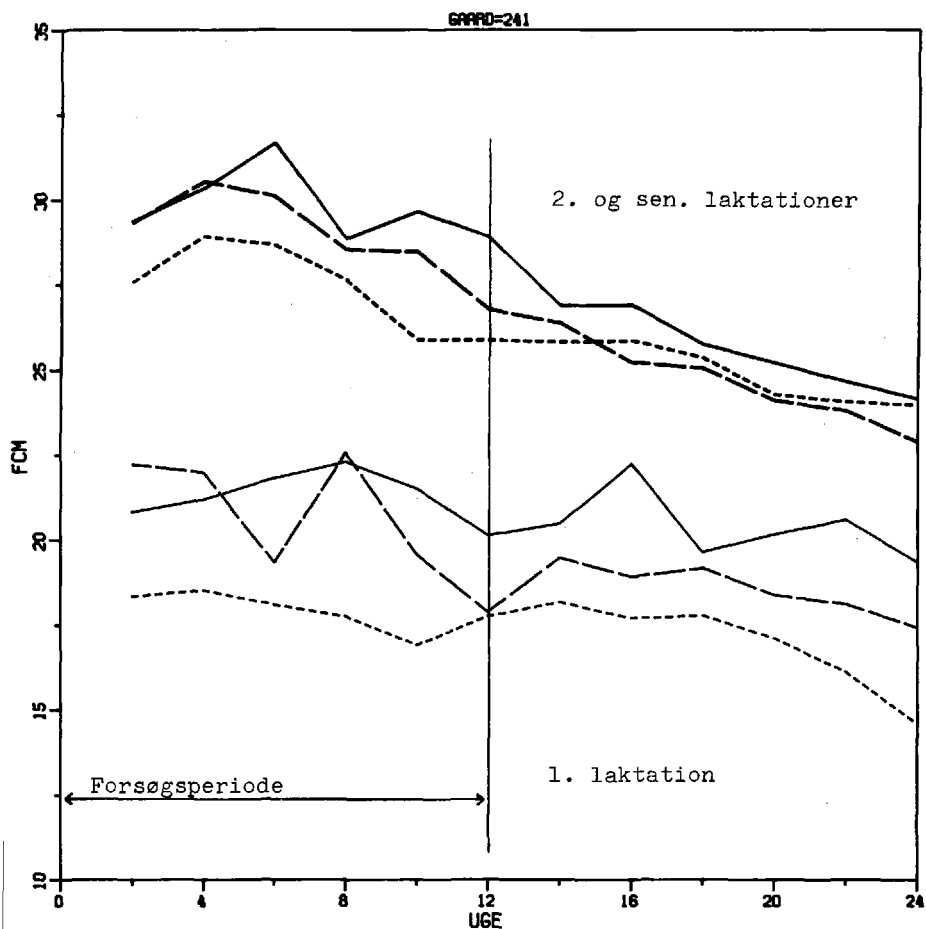


Fig. 4.7. Forsøgsholdenes laktationskurver 2-24 uger efter kælvning. H 24-1.

----- hold L, - - - - - hold M, ——— hold H.

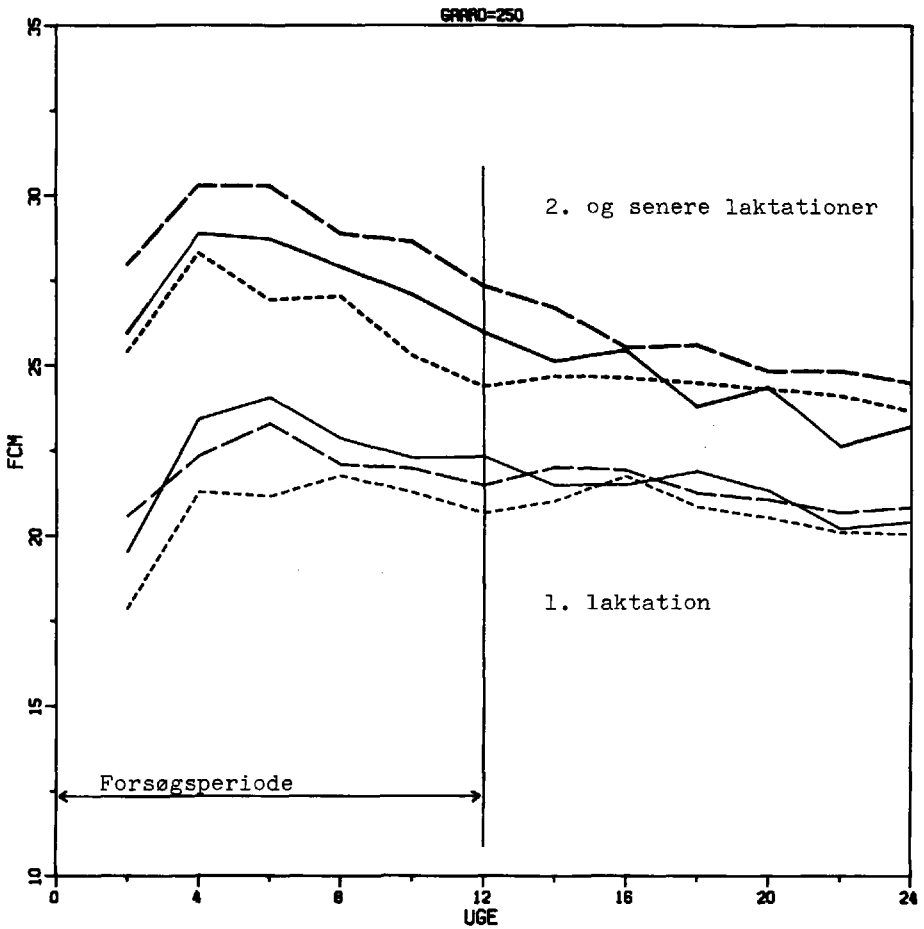


Fig. 4.8. Forsøgsholdenes laktationskurver 2-24 uger efter kælvning. H 25-0.

----- hold L, -.-.- hold M, ——— hold H.

4.4 Tilvækst

Køernes registrerede vægtændringer (ved måling af brystomfang) er for holdforsøgene analyseret ved hjælp af model (1) på tilsvarende måde som mælkeydelsen. De korrigerede gennemsnit omregnet til g daglig tilvækst pr. ko 1-12 uger efter kælvning er anført i tabellerne 4.5 - 4.8 (180 cm = 500 kg, ± 1 cm = ± 8 kg ved brystomf. ≥ 160 cm; ± 1 cm = $\pm 5,8$ kg ved brystomf. < 160 cm). Resultaterne er angivet dels for køer i 1. og dels for køer i senere laktationer.

Køerne i 1. laktation har haft en større tilvækst (H 12-2) eller et mindre vægttab (H 21-1, H 24-1 og H 25-0) end de ældre køer. Vægttabet har været større i de 3 højtydende jersey-besætninger end i RDM-besætningen, H 12-2.

Der har ikke i noget tilfælde været signifikante holdforskelle, men både mellem og inden for de enkelte besætninger er der en negativ sammenhæng mellem daglig mælkeydelse og daglig tilvækst, d.v.s. at der har været mindre tilvækst (eller større vægttab) med stigende ydelse. De ældre køer på H 21-1 udgør dog en undtagelse herfra, idet hold H, der har givet mest mælk, også har haft det mindste vægttab (tabel 4.6).

4.5 Drægtighedsforhold og sundhedstilstand

Drægtigheden er belyst ved data vedrørende insemineringer og drægtighed fra de 3 jersey-besætninger i holdforsøgene, H 21-1, H 24-1 og H 25-0. I tabel 4.12 er vist antal dage fra kælvning til første inseminering samt drægtigheden efter første inseminering. Der er ikke fundet forskelle i frugtbarheden, som kan tilskrives forsøgsbehandlingen.

Sundhedstilstanden ved forskelligt indhold af fedt i foderet er for holdforsøgene belyst ved antallet af køer behandlet for stofskifte- eller fordøjelsessygdomme i de første 12 uger af laktationen (tabel 4.13). Der har været meget få tilfælde af disse sygdomme hos 1. kalvs køerne. Hos de ældre køer har der været nogle tilfælde af ketose og diarré, men der kan ikke påvises en signifikant stigning ved øget fedtindhold i foderet på det samlede

materiale. På H 12-2 har der været flere køer med stofskiftesygdomme på det høje fedtniveau sammenlignet med de to lavere niveauer ($P \leq 0,01$), men der foreligger ikke oplysninger om særlige forhold, som kan forklare dette udslag.

Tabel 4.12 Dage fra kælvning til første inseminering og procent drægtige efter første inseminering ved forskelligt fedtindhold i foderet.

Hold	1. laktation		2. og senere laktationer	
	Første inseminering:		Første inseminering:	
	Dage fra klv.	% drægt.	Dage fra klv.	% drægt.
<u>H 21-1</u>				
Lavt	54	56	74	41
Middel	79	50	70	31
Højt	67	40	64	69
<u>H 24-1</u>				
Lavt	82	67	76	53
Middel	73	60	72	89
Højt	66	60	68	50
<u>H 25-0</u>				
Lavt	75	50	68	30
Middel	76	25	64	38
Højt	78	44	64	20
<u>Gns.</u>				
Lavt	70	58	73	41
Middel	76	45	69	53
Højt	70	48	65	46

Tabel 4.13 Antal køer behandlet for stofskifte- eller fordøjelses-sygdomme i laktationens første 12 uger ved forskelligt fedtindhold i foderet.

Hold	1. laktation					2. og senere laktationer				
	Antal køer	Stofskifte Ialt	Ketose	Fordøjelse Ialt	Diarré	Antal køer	Stofskifte Ialt	Ketose	Fordøjelse Ialt	Diarré
<u>i 12-2</u>										
Lavt	13	0	0	2	2	21	1	0	2	2
Middel	12	0	0	0	0	23	1	1	1	1
Højt	13	0	0	0	0	24	6	3	2	2
<u>i 21-1</u>										
Lavt	11	0	0	1	0	18	4	2	2	1
Middel	10	0	0	1	0	19	4	4	2	0
Højt	11	0	0	0	0	19	4	4	2	0
<u>i 24-1</u>										
Lavt	6	0	0	0	0	20	4	4	1	1
Middel	7	0	0	0	0	19	3	3	1	1
Højt	5	0	0	2	1	20	8	7	5	4
<u>i 25-0</u>										
Lavt	17	0	0	0	0	24	6	5	2	2
Middel	16	0	0	1	1	26	10	9	3	3
Højt	18	1	0	3	2	29	4	4	4	4
<u>Total</u>										
Lavt	47	0	0	3	2	83	15	11	7	6
Middel	45	0	0	2	1	87	18	17	7	5
Højt	47	1	0	5	3	92	22	18	13	10
<u>Proc. total</u>										
Lavt	(47)	0	0	6	4	(83)	18	13	8	7
Middel	(45)	0	0	4	2	(87)	21	20	8	6
Højt	(47)	2	0	11	6	(92)	24	20	14	11

5 DISKUSSION OG KONKLUSION

5.1 Foderoptagelse

Køernes optagelse af grundfoder i forsøgsperioden blev registreret for hver forsøgsbehandling på H 12-2 og H 904 (på H 904 for hver enkelt ko), men kun for den samlede besætning på de øvrige gårde.

Den gennemsnitlige, daglige grundfoderoptagelse pr. ko var ikke påvirket af kraftfoderets fedtindhold på H 12-2 (tabel 4.5), men var stigende med øget mængde tilskudsfedt på H 904 - specielt for de ældre køer (tabel 4.11).

Palmquist & Conrad (1980) fandt en faldende ad lib. optagelse af ful foder (majsensilage, lucernehø, kraftfoder), når foderrationens fedt indhold øgedes fra 36 til 87 g råfedt pr. kg tørstof. De observerede forskelle (ind til 1 kg tørstof pr. ko dgl.) var dog ikke signifikante. I et forsøg (Wrenn et al. 1978), hvor kraftfoderet tildeltes efter ydelse og grundfoderet (hø) efter ædelyst, var ad lib. optagelsen derimod svagt stigende fra lavt (28 g råfedt/kg tørstof) til høj fedtniveau (79 g/kg tørstof).

Fodringsprincippet har været anderledes i ovennævnte, udenlandske undersøgelser end i egne forsøg, hvor kraftfoderet er tildelt med konstant mængde, mens det tungere fordøjelige foder er givet efter ædelyst. Desuden har foderets fedtindhold været lavere i egne forsøg

Undersøgelser med får har vist, at forgæringen af organisk stof i vommen og dermed også den frivillige foderoptagelse nedsættes, når foderets fedtindhold øges til mellem 5 og 10% af tørstoffet (Kowalczyk et al. 1977, Ørskov et al. 1978).

Det kan på baggrund af de her refererede undersøgelser ikke antages, at foderoptagelsen vil være særligt påvirket af fedttildelingen inden for det variationsområde (27-63 g råfedt/kg tørstof), som forsøgene har dækket. En eventuel virkning på foderoptagelsen vil snarere være en reducering end en stimulering.

Det kan derfor konkluderes, at det er berettiget at forudsætte ens grundfoderoptagelse mellem forsøgshold/behandlinger inden for laktationsgruppe og besætning på H 11-2, H 13-0, H 21-1, H 24-1 og H 25-0

Den stigende optagelse af grøncobs (5,8 - 6,8 f.e. pr. ko) fra lavt til højt fedtniveau, som er registreret for køer i 2. og senere laktationer på H 904 (tabel 4.3), må sandsynligvis tilskrives andre forhold end foderets fedtindhold.

Konsekvensen heraf er, at resultaterne fra denne laktationsgruppe er udeladt i analyserne af de funktioner, der beskriver den kvantitative sammenhæng mellem fedtniveau og mælkeydelse.

5.2 Mælkeydelse

De statistiske analyser viste, at mælkeydelsen var stigende med øget tilskud af fedt i kraftfoderet. Denne sammenhæng kunne beskrives kvantitativt ved rette linier med forskelligt niveau for de enkelte besætninger og laktationsgrupper, men med samme hældning inden for laktationsstadium (fig. 4.2 og 4.4). Hælningskoefficienten var større tidligt i laktationen (1.-12. uge) end senere i laktationen (11.-27. uge).

Variationen i foderets fedtindhold har været for lille til klart at kunne beskrive et aftagende marginaludbytte i mælkeydelsen. Det foreliggende forsøgsmateriale er derfor ikke tilstrækkeligt til at kunne fastlægge det fedtniveau, som medfører maksimal mælkeydelse - og dermed en krumlinet, kvantitativ sammenhæng, som kan danne grundlag for en økonomisk optimering af fedttildelingen til malkekøer (jfr. kap. 1).

Virkningen af tilskud af animalsk fedt på mælkeproduktionen er belyst i en række andre undersøgelser, hvis resultater er samlet i tabel 5.1. Disse forsøg repræsenterer hver for sig ikke så stort et datamateriale, men afdækker tilsammen et stort variationsområde i den tildelte råfedtmængde.

Tabel 5.1 viser, at der generelt produceres en større mælkemængde pr. ko daglig, når fedtmængden i foderet øges op til ca. 1000 g råfedt. Mælkens fedtprocent er faldende (Larsen et al. 1965a og 1965b, Sørensen & Andersen 1965, Sørensen et al. 1966), uændret (Storry et al. 1973) eller stigende (Palmquist & Conrad 1980), og ydelsen af 4% mælk er stigende. Større fedtindhold i foderet (1500-1600 g pr. ko daglig) medfører et fald i kg mælk og kg 4% mælk

Tabel 5.1 Hovedresultater af publicerede forsøg med tilskud af animalsk fedt.

Pr. ko daglig							
Tørstof kg	Råfedt g	Mælk kg	Fedt %	4% mælk kg	Lakt. stad.	Antal køer	Reference
13,8	445	17,3	4,23	17,9	6.-18. uge	10	Larsen et al. 1965 a (1)
13,6	578	17,8	4,23	18,4		10	
13,4	793	18,9	3,94	18,8		10	
14,2	453	17,9	3,98	17,9	6.-16. uge	10	Larsen et al. 1965 b (2)
13,9	576	18,1	4,04	18,2		10	
13,4	758	18,3	3,67	17,4		10	
12,7	465	14,5	5,96	18,8	7.-15. uge	7	Sørensen & Andersen 1965 (3)
12,6	555	14,7	5,73	18,5		7	
12,6	674	15,5	5,60	19,2		7	
16,3	538	20,8	3,83	20,3	7.-17. uge	9	Sørensen et al. 1966 (4)
15,8	754	21,0	3,95	20,8		9	
12,5	727	15,0	6,33	20,2	7.-17. uge	12	
12,4	877	15,3	5,47	18,7		12	
17,7	244	23,8	3,4	21,5	8.-24. uge	(5)	Storry et al. 1973 (5)
18,7	434	25,1	3,4	23,1		(5)	
18,7	574	25,3	3,5	23,4		(5)	
17,6	853	23,5	3,5	21,8		(5)	
17,8	1059	26,6	3,4	23,8		(5)	

forts.

Tabel 5.1 - fortsat

Pr. ko daglig							
Tørstof kg	Råfedt g	Mælk kg	Fedt %	4% mælk kg	Lakt. stad.	Antal køer	Reference
20,5	1100	34,0	3,4	30,8	5.-14. uge	(12)	Macleod et al. 1977 (6)
19,1	1950 ^{x)}	33,7	3,9	33,5		(12)	
17,9	2300 ^{x)}	34,9	4,1	34,8		(12)	
20,7	600	31,3	3,38	28,3	1.-15. uge	13	Smith et al. 1978 (7)
19,8	1663 ^{x)}	30,9	4,28	32,1		13	
17,0	2431 ^{x)}	30,0	4,48	32,2		13	
17,3	480	23,5	3,5	21,7	8.-26. uge	4	Wrenn et al. 1978 (8)
19,5	1540	25,8	3,0	22,0		4	
18,3	1320 ^{x)}	25,4	3,6	23,9		4	
16,1	503	24,1	3,44	22,0	5.-16. uge	6	Kronfeld et al. 1980 (9)
15,9	1260 ^{x)}	24,7	3,78	23,9		6	
19,2	691	32,7	2,85	27,0	8.-24. uge	(16)	Palmquist & Conrad 1980 (10)
18,5	1240	32,2	3,27	28,7		(16)	
18,2	1583	29,7	2,98	25,5		(16)	
19,5	516	22,3	3,87	21,5	8.-24. uge	(12)	Sharma et al. 1978 (11)
18,8	720 ^{x)}	22,8	4,01	22,9		(12)	
18,3	959 ^{x)}	23,1	4,13	23,2		(12)	
17,8	1168 ^{x)}	23,3	4,44	24,8		(12)	

^{x)} beskyttet animalsk fedt i kraftfoderet.

(Palmquist & Conrad 1980). Animalsk fedt behandlet med formaldehyd og dermed beskyttet mod omsætning i vommen stimulerer ydelsen af 4% mælk ved langt højere fedtmængder (2300-2400 g pr. ko daglig) end almindeligt, ubeskyttet fedt. Den større produktion af 4% mælk ved tilskud af beskyttet fedt fremkommer især som følge af et øget fedtindhold i mælken (Macleod et al. 1977, Sharma et al. 1978, Smith et al. 1978, Wrenn et al. 1978, Kronfeld et al. 1980).

Forsøgsresultaterne i tabel 5.1 er vist grafisk i figur 5.1, hvor ydelsen af 4% mælk pr. ko daglig er afbildet som funktion af foderets fedtindhold (g råfedt pr. kg tørstof). De enkelte kurver er beregnet på grundlag af flere forsøg og repræsenterer køer med forskellige ydelsesniveauer. De tilhørende tal henviser til nummerringen af referencerne i tabel 5.1.

Det fremgår af figur 5.1, at mælkeydelsen er svagt stigende, når råfedtindholdet i foderet til køer med et ydelsesniveau på 18-20 kg 4% mælk øges fra ca. 30 til ca. 45 g pr. kg tørstof (kurverne A og B). Et højere fedtindhold i tørstoffet til køer på dette ydelsesniveau medfører faldende ydelse (kurve D). Fedtmængden kan øges mere - d.v.s. til ca. 50 g pr. kg tørstof - til køer med en højere ydelseskapacitet (23-24 kg 4% mælk), inden mælkeproduktionen begynder at aftage (kurve C). Højtydende køer (ca. 29 kg 4% mælk) opnår maksimal ydelse ved et fedtniveau på 55-60 g, og ved en yderligere stigning fra ca. 70 til ca. 90 g pr. kg tørstof falder mælkeydelsen stærkt (kurve D).

Den daglige mælkeydelse pr. ko kan således beskrives ved krumlinede funktioner af fodertørstoffets råfedtindhold inden for et stort variationsområde (14-87 g pr. kg), når fedttilskuddet udgøres af ubeskyttet animalsk fedt. Det fedtindhold i foderet, som medfører maksimal mælkeproduktion, er tilsyneladende højere for højtydende end for lavere ydende køer.

Tilskud af beskyttet, animalsk fedt stimulerer mælkeydelsen lige stærkt (kurverne E og F har samme hældning) ved middel (22-24 kg 4% mælk) og høj (30-32 kg 4% mælk) ydelseskapacitet. Stigningen er retlineær ind til et niveau på 85-90 g råfedt pr. kg tørstof, hvorefter den stimulerende effekt aftager - men der indtræder ikke et fald i ydelsen selv ved et fedtindhold på 14% i tørstoffet (kurve F).

De refererede forsøg, hvis resultater danner baggrund for de viste kurver, er noget forskellige - især med hensyn til foderrationens sammensætning, men også med hensyn til kærnes foderoptagelse, race og laktationsstadium. Det kan derfor diskuteres, om det er rimeligt at pulje resultater fra forskellige forsøg, som det er gjort i figur 5.1. Fremgangsmåden kan imidlertid forsvares, hvis kurvernes forløb er sandsynligt, d.v.s. i overensstemmelse med, hvad der kan forventes ud fra teoretiske overvejelser og den fysiologiske viden, der bl.a. er præsenteret i kapitel 2. Der er derfor i det følgende søgt at give en fysiologisk forklaring på forløbet af de viste kurver.

Stigningen på kurverne A, B og C for ubeskyttet animalsk fedt op til ca. 40 g pr. kg tørstof er af samme størrelse som stigningen på kurven E for beskyttet animalsk fedt. Det samme gælder for kurven D op til ca. 50 g og kurven F op til 85-90 g råfedt pr. kg tørstof. Når foderets fedtindhold øges, vil en større del af mælkefedtet dannes direkte fra plasmalipider i stedet for ved de novo syntese ud fra acetat. Herved forøges udnyttelsen af den omsættelige energi til mælkeproduktion, d.v.s. at varmetabet bliver mindre og nettoenergien højere, således at mælkeydelsen kan stige.

Det kan beregnes, at den ydelsesfremgang, der kan forventes ved en højere udnyttelse af den omsættelige energi, meget nøje svarer til den omtalte stigning på kurverne i figur 5.1. Det er ved en sådan beregning forudsat, at 1) 90% af tilskudsfedtets resorberes som fedtsyrer (Brumby et al. 1979, Hagemeister & Kaufmann 1979), at 2) 75% af de resorberede fedtsyrer optages af mælkekirtlen (Palmquist & Jenkins 1980), og at 3) energiforbruget ved syntese af 100 g mælkefedt (d.v.s. ekskl. substratforbruget) udgør henholdsvis 945 kJ og 2890 kJ ved syntese ud fra plasmalipider og acetat (Danfær 1979). Det er fundet ved forsøg med delvist (ca. 70%) beskyttet fedt til malkekøer, at udnyttelsen af omsættelig energi til mælkeproduktion samt mælkeydelsen bliver højere ved øget fedttilførsel indtil et niveau på mellem 65 og 100 g råfedt pr. kg tørstof svarende til ca. 1100 g råfedt pr. ko daglig eller ca. 30 MJ fedtsyrer fordøjet (Bines et al. 1978, Brumby et al. 1978). Tilsvarende resultater er fundet af Kronfeld et al. (1980).

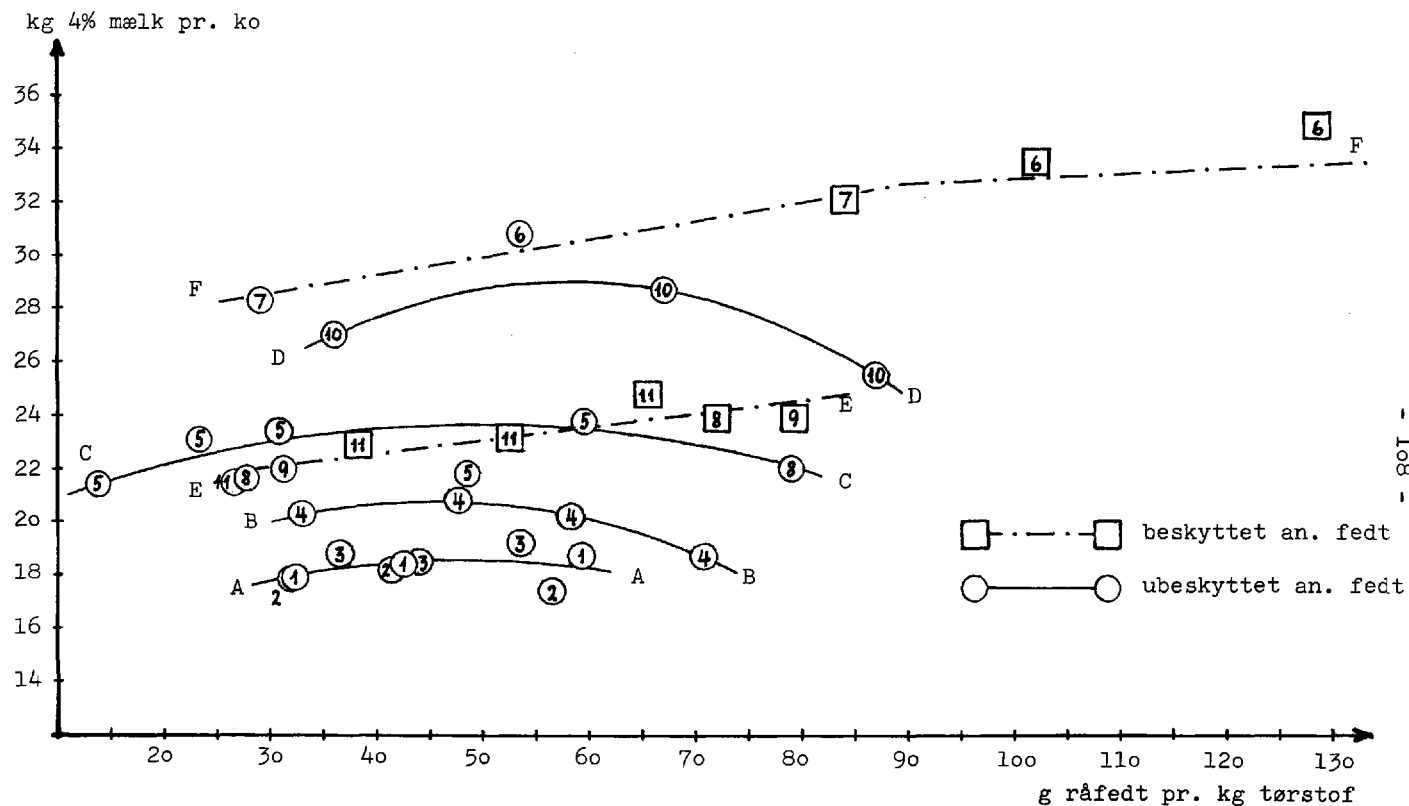


Fig. 5.1. Sammenhænge mellem stigende mængder animalsk fedt (beskyttet og ubeskyttet) i foderet og mælkeydelsen.

Den aftagende stimulering af mælkeydelsen, der efterhånden indtræder, når mængden af ubeskyttet fedt øges til 50 (kurve C) og 60 g pr. kg tørstof (kurve D), skyldes en faldende de novo syntese af mælkefedt (Storry et al. 1973, Bines et al. 1978, Wrenn et al. 1978). Det hastighedsbegrænsende trin i fedtsyresyntesen er dannelsen af malonyl-CoA, som katalyseres af acetyl-CoA carboxylase. Aktiviteten af dette enzym hæmmes af langkædede, frie fedtsyrer eller disses acyl-CoA derivater (Storry 1970). Dette kan forklare, hvorfor den andel af mælkefedtet, som dannes ud fra acetat, er faldende ved øget fedttilførsel med foderet og dermed øget intracellulær koncentration af frie fedtsyrer i mælkekirtlen. En anden forklaring kunne være, at de trans-fedtsyrer, som dannes ved hydrogeneringen i vommen (se kap. 2, afsn. 2.2.2), specielt hæmmer fedtsyresyntesen i mælkekirtlen (Astrup et al. 1976, Selner & Schultz 1980).

En yderligere forøgelse af foderfedtmængden, d.v.s. mere end henholdsvis 5 og 6% i tørstoffet til middel- og højtydende køer har forskellig virkning afhængig af, om det anvendte fedt er beskyttet eller ej. Ubeskyttet fedt medfører et fald i mælkeydelsen, mens beskyttet fedt stadig har positiv effekt. Denne forskel kan have flere forklaringer:

- 1) Fedtsyrer hæmmer den mikrobielle aktivitet i vommen (Nieman 1954), hvorved forgæringen af organisk stof (specielt træstof) nedsættes (Devendra & Lewis 1974, Kowalczyk et al. 1977, Ørskov et al. 1978). Følgen heraf bliver dels en faldende fordøjelighed af organisk stof og dels et lavere eddikesyre : propionsyre forhold i vommen (Storry et al. 1973, Palmquist & Conrad 1980), hvilket igen kan påvirke fordelingen af næringsstofferne i det intermediære stofskifte således, at mælkefedtsyntesen yderligere hæmmes (Storry 1970).
- 2) Den før omtalte virkning af trans-umættede fedtsyrer forstærkes med stigende tilførsel af ubeskyttet foderfedt.

Det kan på grundlag af mælkefedtets fedtsyresammensætning beregnes, at den andel af mælkefedtet, som overføres direkte fra plasmalipider, stiger fra ca. 45% til ca. 70%, når foderets råfedtindhold øges fra ca. 2 til ca. 8% af tørstoffet (Storry et al. 1973, Wrenn et al. 1978). Samtidigt stiger mælkefedtets jodtal.

Den positive virkning på mælkeydelsen af beskyttet fedt begynder at aftage, når tørstoffet indeholder mere end 85 - 90 g råfedt pr. kg svarende til ca. 1700 g i alt pr. ko daglig til kør på et højt ydelsesniveau (kurve F). Dette kan dels skyldes en ufuldstændig beskyttelse mod omsætning i vommen af det anvendte fedt og dels en hæmmende virkning af store mængder fedt i det intermediære stofskifte.

Kurverne i figur 5.1 og den tilhørende diskussion af disses forløb viser, at den daglige mælkeydelse (4% mælk) pr. ko kan beskrives ved krumlinede funktioner af fodertørstoffets råfedtindhold med forskellige maksima afhængigt af køernes ydelseskapaletet. Under forudsætning af, at disse funktioner kan udtrykkes som 2. grads polynomier, findes ved analyse, at de respektive kurver har maksimum ved følgende fedtindhold i foderet (g råfedt/kg tørstof): 45 (kurve B), 49 (kurve C) og 58 (kurve D).

Diskussionens udgangspunkt var ønsket om at fastlægge kvantitative sammenhænge mellem foderets fedtindhold og mælkeydelsen for at kunne bestemme det økonomisk optimale fedttilskud (se kap. 6). Dette kan opnås ved at kombinere resultaterne af egne forsøg (fig. 4.4) med tidligere publicerede undersøgelser, hvis resultater er fundet sandsynlige ud fra en fysiologisk vurdering (figur 5.1). Ved en sådan kombination af resultater fra forsøg, der er forskellige dels med hensyn til grovfodersammensætning og dels med hensyn til grovfoderets andel af totalfoderet, er det ikke tilstrækkeligt at angive foderets fedtindhold som g råfedt pr. kg tørstof af følgende grunde:

- 1) det er foderets indhold af fedtsyrer, der har næringsmæssig betydning og ikke indholdet af yderligere ekstraherbart stof, der forudsættes at være uden indflydelse på produktionen.
- 2) råfedt i kraftfoder, d.v.s. animalsk fedt + planteolier, består næsten udelukkende af fedtsyrer i form af triglycerid, mens råfedtfraktionen i grovfoder kun delvis og i varierende omfang udgøres af fedtsyrer (Palmquist & Jenkins 1980).

Det vil derfor være mere korrekt at angive foderets totale indhold af fedtsyrer, hvilket med tilnærmelse kan gøres med udtrykket g korrigeret råfedt, der er defineret som g råfedt i kraftfoder + g fedtsyrer i grovfoder.

Til dette formål er der efter forsøgenes afslutning udført nogle fedtsyreanalyser af forskellige grovfodermidler (se Appendiks A-1), og på grundlag af disse analyser er foderets fedtindhold dels i egne (fig. 4.4) og dels i tidligere publicerede forsøg (fig. 5.1) omregnet til g korrigeret råfedt pr. kg tørstof. Der er anvendt følgende værdier for fedtsyreindhold i grovfodermidler (g fedtsyrer pr. kg tørstof): kløvergræssilage, grønpiller, hø, roetopensilage og majsensilage: 18, byghalm: 9 og mask: 80.

Figur 5.2 viser de tilsvarende kurver (B, C og D) som i figur 5.1, men med foderets fedtindhold omregnet til g korrigeret råfedt pr. kg tørstof. På samme figur er desuden vist de rette linier (sammenlign fig. 4.4), der på grundlag af egne resultater beskriver sammenhængen mellem tørstoffets indhold af fedtsyrer (korrigeret råfedt) og mælkeydelsen inden for de respektive variationsområder, dels for 1.-12. (23 - 57 g korr. råfedt/kg tørstof) og dels for 11.-27. laktationsuge (16 - 54 g korr. råfedt/kg tørstof). Det skal bemærkes, at de rette linier med tilhørende variationsområde gælder for alle køer (d.v.s. både 1. kalvs og ældre), da de statistiske analyser viste, at der ikke var signifikant forskel på liniernes hældningskoefficient ved forskelligt laktationsnummer (se afsnit 4.2).

Hældningen af disse rette linier (0,0915 for uge 1 - 12 og 0,0556 for uge 11 - 27) svarer tilsyneladende meget nær til hældningen af tangenterne til de krumme kurver (C og D) på tilsvarende ydelsesniveau (se resultater for 2. og senere laktationer, fig. 4.4).

De ønskede kvantitative sammenhænge mellem foderets fedtindhold og mælkeydelsen er herefter fastlagt på følgende måde, idet der tages udgangspunkt i dels de fedtmængder i foderet, som giver maksimal ydelse (kurve C og D, fig. 5.2) og dels hældningen af de rette linier fundet i egne forsøg (fig. 5.2):

- 1) Der fastlægges 2 funktioner (2. grads polynomier), én gældende for laktationsuge 1 - 12 med ydelsesniveau (d.v.s. maksimal ydelse) 29,0 kg 4% mælk (svarende til kurve D) og én gældende for laktationsuge 11 - 27 med ydelsesniveau 23,8 kg 4% mælk pr. ko daglig (svarende til kurve C).

y, kg 4% mælk pr. ko

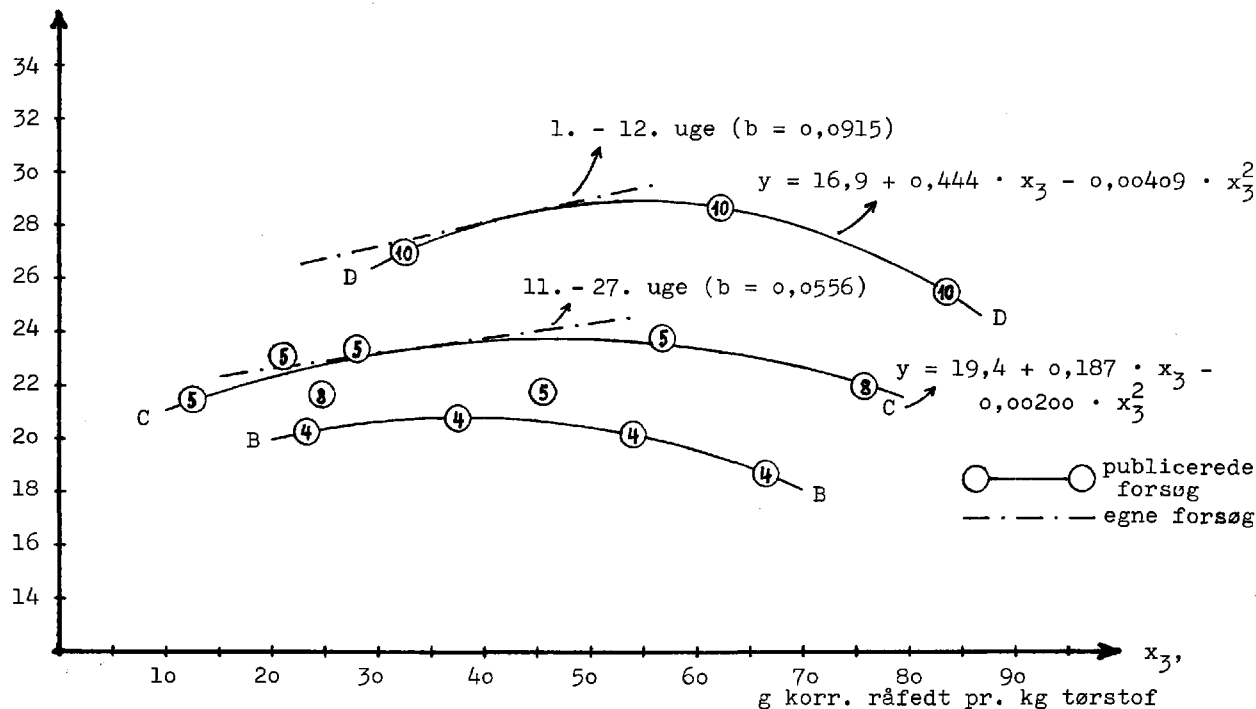


Fig. 5.2. Sammenhænge mellem foderets indhold af korrigeret råfedt (= g råfedt i kraftfoder + g fedtsyrer i grovfoder) og mælkeydelsen, dels i egne og dels i tidligere publicerede forsøg.

- 2) Det fedtindhold i foderet (x_3 , g korr. råfedt/kg tørstof), som medfører maksimal ydelse ved højt ydelsesniveau (29,0 kg 4% mælk, kurve D), beregnes som $x_3 = 0,444/(2 \cdot 0,00409) = 54,3$. Den tilsvarende x_3 -værdi ved middel ydelseskapaletet (23,8 kg 4% mælk, kurve C) beregnes som $0,187/(2 \cdot 0,00200) = 46,7$.
- 3) De rette linier, som beskriver egne resultater for de 2 laktationsstadier, antages at være tangenter til de respektive kurver i middelværdien for x_3 , henholdsvis 39,1 og 33,7.
- 4) Funktionen, $y = a + b \cdot x_3 + c \cdot x_3^2$, beregnes for de respektive ydelsesniveauer, idet $c = -\beta/(2 \cdot (x_{3(m)} - \bar{x}_3))$ og $b = -2 \cdot c \cdot x_{3(m)}$, hvor $y = \text{kg 4\% mælk pr. ko daglig}$
 $\beta = \text{hældningskoefficienten for tangenten i middelværdien, } \bar{x}_3$
 $x_{3(m)} = x_3\text{-værdien, for hvilken } y = y_{\text{max}}.$

De to funktioner får da følgende form:

- (1) Ydelsesniveau 29,0 kg 4% mælk:

$$\begin{aligned} x_{3(m)} &= 54,3, \quad \bar{x}_3 = 39,1, \quad \beta = 0,0915 \\ c &= -0,0915/(2 \cdot (54,3 - 39,1)) = -0,00301 \\ b &= 2 \cdot 0,00301 \cdot 54,3 = 0,327 \\ a &= y - b \cdot x_3 - c \cdot x_3^2 = 20,12 \\ y &= 20,12 + 0,327 x_3 - 0,00301 x_3^2 \quad \text{for } 23 \leq x_3 \leq 57 \end{aligned}$$

- (2) Ydelsesniveau 23,8 kg 4% mælk:

$$\begin{aligned} x_{3(m)} &= 46,7, \quad \bar{x}_3 = 33,7, \quad \beta = 0,0556 \\ c &= -0,0556/(2 \cdot (46,7 - 33,7)) = -0,00214 \\ b &= 2 \cdot 0,00214 \cdot 46,7 = 0,200 \\ a &= y - b \cdot x_3 - c \cdot x_3^2 = 19,13 \\ y &= 19,13 + 0,200 x_3 - 0,00214 x_3^2 \quad \text{for } 16 \leq x_3 \leq 54 \end{aligned}$$

Disse funktioner er vist i figur 5.3 sammen med de faktisk opnåede resultater for køer i 2. og senere laktationer dels 1-12 uger (H 12-2, H 21-1, H 24-1 og H 25-0) og dels 11-27 uger efter kælvning (H 11-2 og H 13-0). Funktionernes anvendelse forudsætter, at der tages hensyn til køernes ydelseskapalet og/eller laktationsstadium, men ikke til laktationsnummer eller race (jfr. resultatet af de statistiske analyser omtalt i afsnit 4.2). Hertil skal knyttes følgende bemærkninger:

Det kunne forventes, at en kurve gældende for køer i 1. laktation ville have mindre hældning end tilsvarende for ældre køer, da det er vist, at kurvens hældning og maksimum bliver større ved højere ydelse. Årsagen til, at der ikke er fundet forskel på 1. og senere laktationer med hensyn til foderfedtets virkning på mælkeydelsen på trods af forskelle i ydelsesniveau, er muligvis, at 1. kalvs køer i mindre grad end udvoksede køer udnytter energi fra kropsvæv (hovedsagelig fedtsyrer) til mælkeproduktion. Et givet fedttilskud vil således virke mere stimulerende til unge køer end til ældre køer med samme ydelse.

Det er på grundlag af tidligere danske fedtforsøg konkluderet, at jerseykøer har behov for en større fedttildeling udtrykt ved g. ford. råfedt pr. kg 4% mælk end køer af RDM og SDM. Resultaterne af nærværende undersøgelser viser imidlertid, at køernes race ikke har betydning for, ved hvilken fedtkoncentration i foderet, der opnås maksimal ydelse. Dette betyder, at jerseykøer som følge af en lavere total foderoptagelse (kg tørstof) bliver tildelt en mindre total fedtmængde end køer af de tunge racer ved samme mælkeydelse. Bickerstaffe et al. (1974) har ved detaljerede studier af næringsstofomsætningen hos lakterende køer fundet, at jerseykøer har 65% større optagelse af acetat i mælkekirtlen end køer af Friesian-racen. Denne iagttagelse viser sammen med det lavere jodtal i mælkefedtet hos jerseykøer (Petersen 1971), at disse i forhold til de tunge racer producerer en større andel af mælkefedtet ud fra acetat og dermed en mindre del direkte fra foderfedtet. Jerseykøer har således ikke et større behov for tilførsel af foderfedt (g. pr. kg tørstof) end køer af RDM og SDM. En anden sag er, at jerseykøer på grund af det lavere jodtal i mælkefedtet ofte skal tildeles en større fedtmængde til opnåelse af en given smørfedtkonsistens.

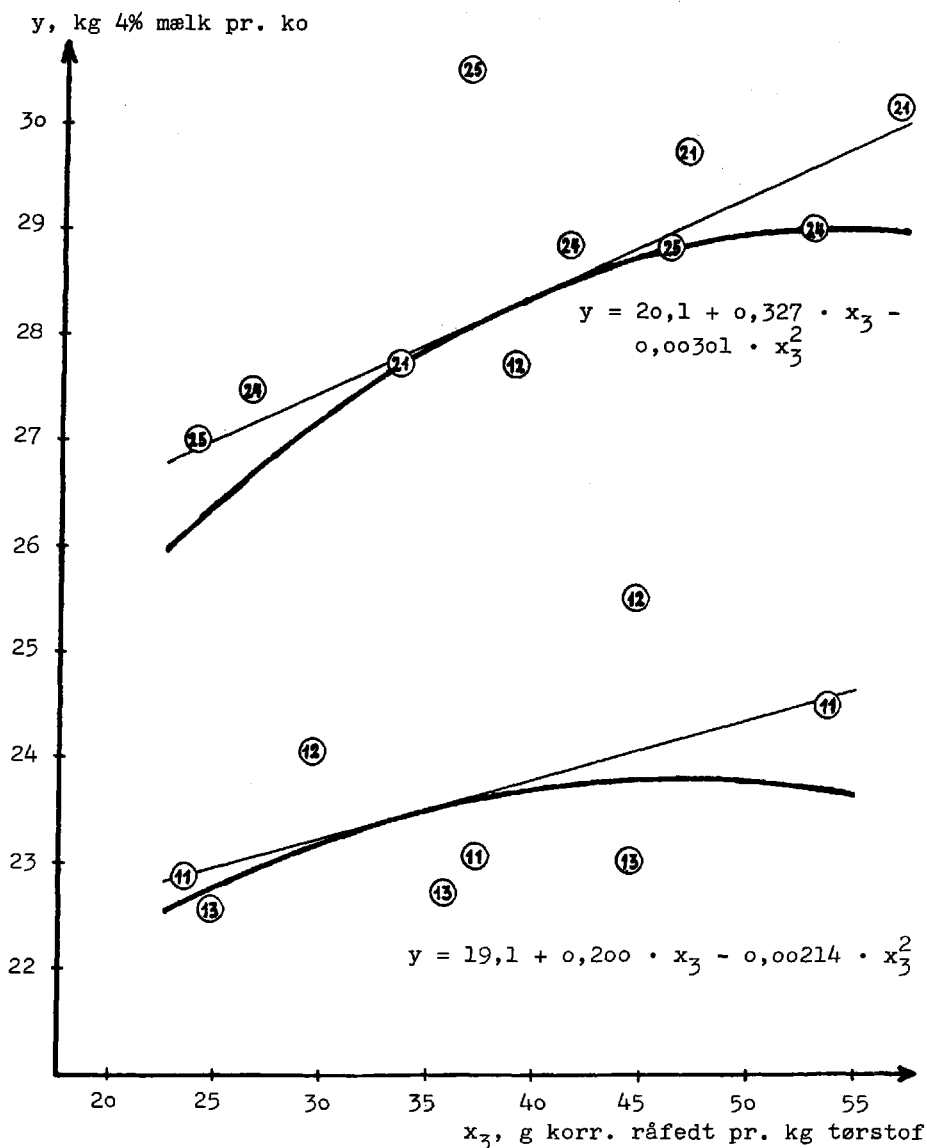


Fig. 5.3. Kvantitative sammenhænge mellem foderets indhold af korrigeret råfedt og den daglige mælkeydelse til fastlæggelse af det økonomisk optimale fedttilskud.

Resultaterne af egne og tidligere forsøg samt diskussionen heraf fører frem til følgende konklusioner vedrørende virkningen på køernes mælkeydelse af stigende mængder animalsk fedt i foderet:

- 1) De gennemførte forsøg viste, at den daglige mælkeydelse i kg 4% mælk pr. ko (y) kunne beskrives ved retlinede funktioner dels af g råfedt i kraftfoder (x_1), og dels af g råfedt pr. kg tørstof i alt (x_2). Variationen i de tildelte mængder fedt (x_1 : 147 - 678 g og x_2 : 27 - 63 g) var for lille til at kunne vise et aftagende marginaludbytte ved at øge foderets fedtindhold (se fig. 4.2 og 4.4).
Hælningskoefficienten for de rette linier var større for laktationsperioden 1 - 12 uger efter kælvning ($dy/dx_1 = 0,0075$; $dy/dx_2 = 0,090$) end for laktationsperioden 11 - 27 uger efter kælvning ($dy/dx_1 = 0,0039$; $dy/dx_2 = 0,055$), hvilket viser et større merudbytte i tidlig laktation end senere i laktationen.
- 2) Der var ikke signifikant forskel på hældningen af de rette linier for forskellige racer (RDM/SDM contra Jersey). Dette viser støttet af andre undersøgelser - at jerseykøer ikke har større merydelse ved en given øgning af fedttildelingen end køer af de tunge racer.
- 3) Tidligere - både danske og udenlandske - fedtforsøg, som til sammen dækker et stort variationsområde med hensyn til mængden af foderfedt (14 - 87 g råfedt/kg tørstof), viser, at mælkeydelsen inden for dette større spektrum i den tildelte fedtmængde kan beskrives ved krumlinede funktioner af foderets fedtindhold med forskellige maksima afhængigt af køernes ydelseskapacitet. Den mængde foderfedt, der i følge disse funktioner medfører maksimal ydelse, er således større ved højt end ved lavere ydelsesniveau (se fig. 5.1 og 5.2).
Kurvernes forløb er diskuteret og fundet sandsynlige ud fra en fysiologisk vurdering.
- 4) Resultaterne af egne og tidligere publicerede forsøg er kombineret for at kunne fastlægge kvantitative sammenhænge mellem foderets fedtindhold og køernes mælkeydelse til brug for en

økonomisk optimering af fedttildelingen (se kap. 6). Foderets fedtindhold er af hensyn til en mere generel anvendelse af disse sammenhænge angivet som g korrigeret råfedt pr. kg tørstof (x_3). Dette udtryk er defineret som g råfedt i kraftfoder + g fedtsyrer i grovfoder.

Der er fastlagt 2 funktioner (2. grads polynomier), (1) og (2), gældende for henholdsvis 1. - 12. laktationsuge med ydelsesniveau 29 kg 4% mælk og 11. - 27. laktationsuge med ydelsesniveau 24 kg 4% mælk pr. ko daglig.

Funktionen (1): $y = 20,1 + 0,327 \cdot x_3 - 0,00301 \cdot x_3^2$ gælder for $23 \leq x_3 \leq 57$ og har maksimal y-værdi ved $x_3 = 54$.

Funktionen (2): $y = 19,1 + 0,200 \cdot x_3 - 0,00214 \cdot x_3^2$ gælder for $16 \leq x_3 \leq 54$ og har maksimal y-værdi ved $x_3 = 47$ (se fig. 5.3).

- 5) Med udgangspunkt i ovennævnte funktioner kan det beregnes, at der for at opnå maksimal ydelse 1 - 12 uger efter kælvning skal tildeles 920 g korrigeret råfedt pr. ko daglig eller ca. 800 g råfedt i kraftfoder (tilskudsfedt), hvis tørstofoptagelsen er 17 kg, og grovfoderet indeholder 125 g fedtsyrer. Tilsvarende skal der tildeles ca. 675 g tilskudsfedt pr. ko daglig 11 - 27 uger efter kælvning ved en tørstofoptagelse på 17 kg og 125 g fedtsyrer i grovfoderet.

5.3 Tilvækst og sundhedstilstand

Virkningen af foderets fedtindhold på køernes tilvækst 1-12 uger efter kælvning var ikke signifikant forskellig fra nul (holdforsøgene, tabellerne 4.5 - 4.8).

Der kunne imidlertid forventes en negativ sammenhæng mellem fedttildelingen og køernes tilvækst, da 1) øget fedttildeling har medført stigende mælkeydelse (se fig. 4.1), og 2) højere ydelse resulterer i mindre tilvækst ved samme foderoptagelse (Krohn & Andersen 1978). Figur 5.4 viser, at der er antydning til en sådan sammenhæng, specielt ved det første fedttilskud (d.v.s. fra hold L til hold M), medens det sidste fedttilskud (fra hold M til hold H) i flere tilfælde har medført en højere tilvækst (mindre væggtab). Årsagen til, at køernes væggtab har været mindre end forventet ved højt fedtindhold i foderet, kan muligvis være en hæmning af de kataboliske processer i fedtvævet (lipolyse) som følge af en øget koncentration af fedtsyrer tilført fra foderet. Kronfeld et al. (1980) har fundet signifikant lavere koncentration af ketonstoffer i plasma hos køer fodret med store mængder beskyttet fedt (ca. 1100 g pr. ko daglig). I samme publikation anføres resultater fra ikke-publicerede undersøgelser, hvor fedttilskud i foderet har medført en lavere glycerolkoncentration i plasma hos køer. Disse observationer tyder på, at fodring med betydelige mængder fedt resulterer i en nedsat nettofrigørelse af fedtsyrer fra kroppens fedtdepoter.

Dette forhold er illustreret på en anden måde i figur 5.5, hvor den daglige tilvækst i holdforsøgene 1-12 uger efter kælvning er vist som funktion af mælkeydelsen. Den teoretiske sammenhæng mellem disse parametre er beregnet og vist på figuren. Ved beregningen, som viser, at en ydelsesstigning på 1 kg 4% mælk betyder en nedgang i tilvæksten på 116 g (når tilvæksten er positiv) eller en øgning af væggtabet på 150 g (når tilvæksten er negativ), er benyttet følgende forudsætninger: 1) udnyttelsen af omsættelig energi til mælkeproduktion og tilvækst er lig med henholdsvis 65% og 60%, 2) udnyttelsen af frigjort kropsenergi til mælkeproduktion er 84% (Moe et al. 1972), og 3) energiindholdet i kropsvæv og mælk er pr. kg henholdsvis 25,0 MJ og 3,14 MJ.

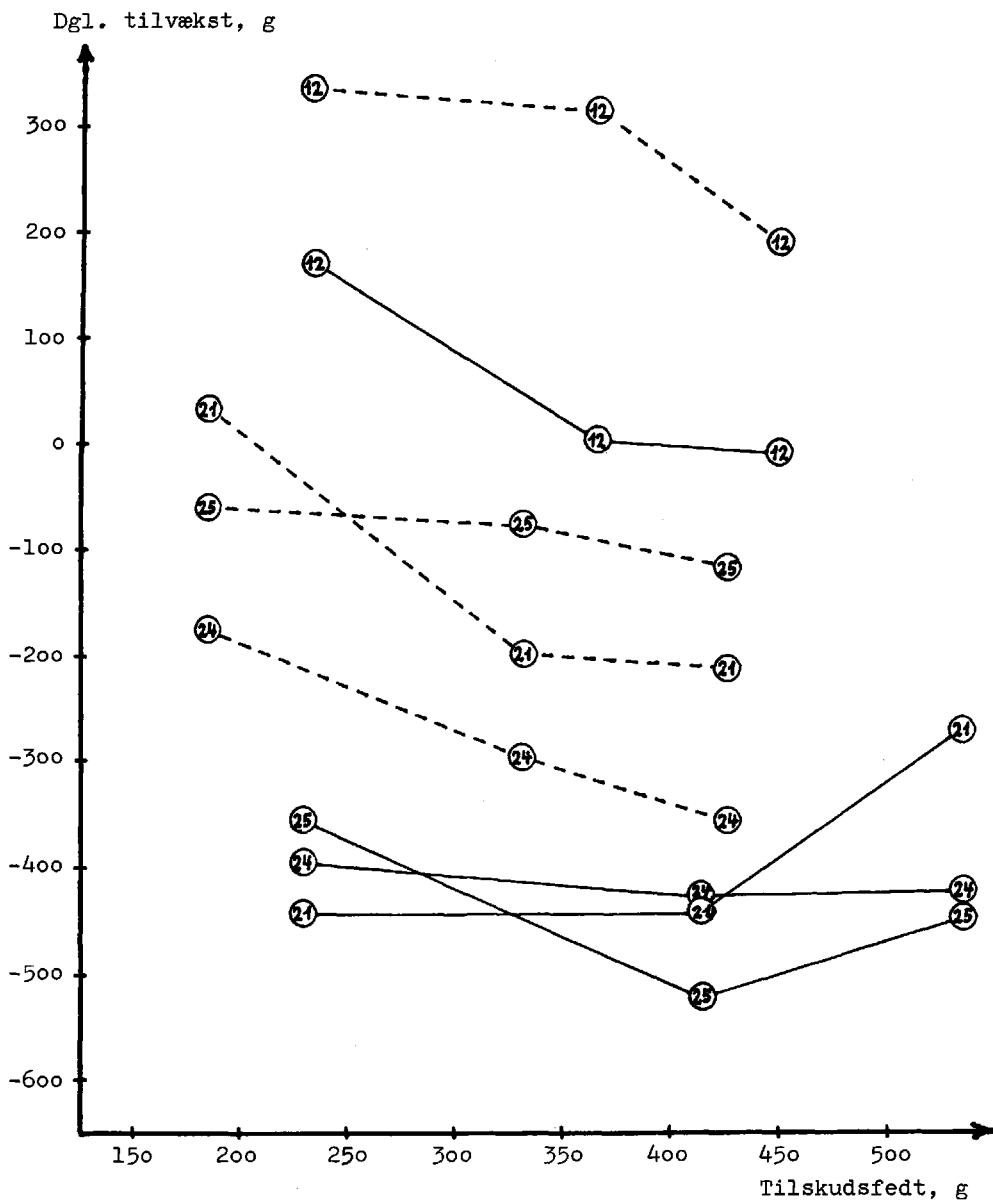


Fig. 5.4. Sammenhæng mellem tilskudsfedt i kraftfoderet og tilvækst i holdforsøgene, 1-12 uger efter kælvning.

----- 1. laktation

———— 2. og sen. laktationer.

Dgl. tilvækst, g

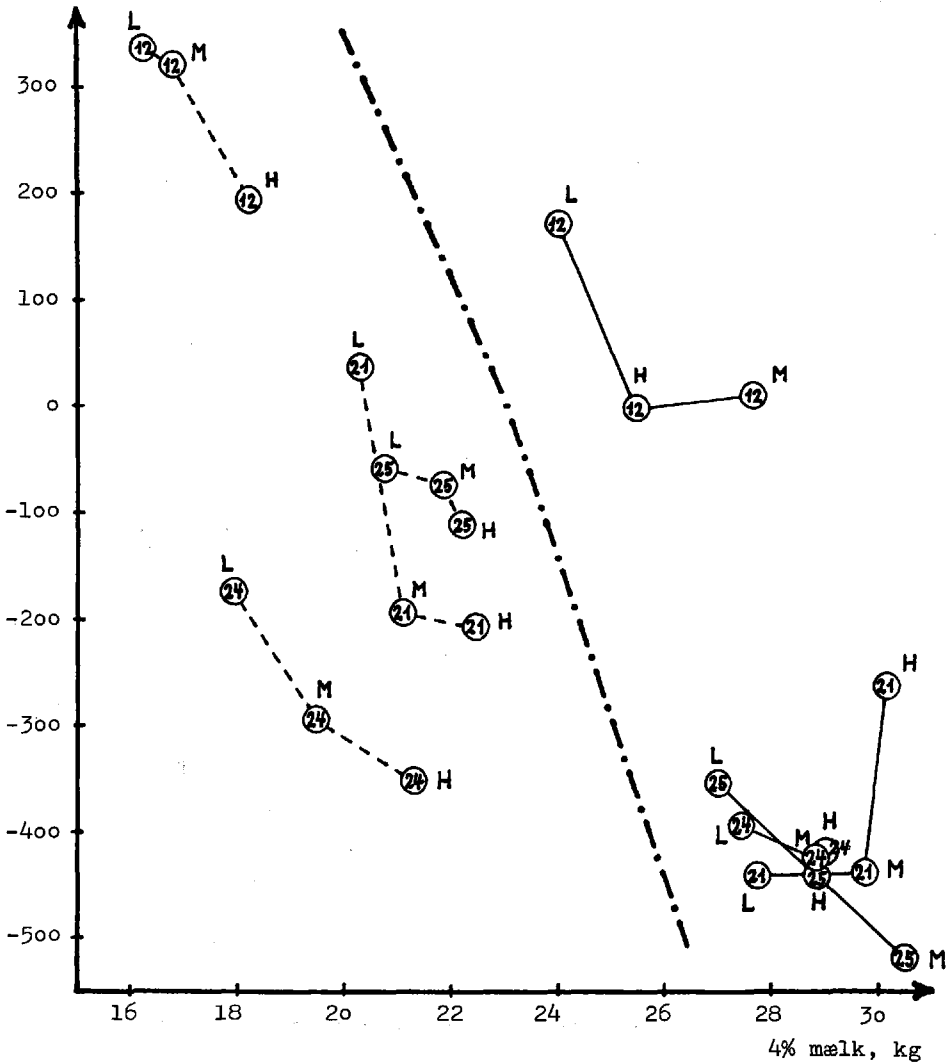


Fig. 5.5. Sammenhæng mellem mælkeydelse og tilvækst i holdforsøgene, 1-12 uger efter kælvning.

- 1. laktation
- 2. og sen. laktationer
- . - . beregnet sammenhæng (se tekst).

En sammenligning af den beregnede kurve med kurverne for de enkelte besætninger og laktationsgrupper viser, at hældningen er mindre for de sidstnævnte. Dette skyldes især, at vægttabet har været mindre end forventet i forhold til den beregnede sammenhæng for de forsøgshold (H), der har fået den største fedtmængde.

Årsagen til denne forskel kan dels være en højere udnyttelse af omsættelig energi til mælkeproduktion ved øget fedttildeling (jfr. diskussionen af fig. 5.1, afsnit 5.2) og dels, at ved en given ydelsesstigning forårsaget af øget fedtindhold i foderet, bliver vægttabet mindre end normalt som følge af en hæmning af lipolysen i fedtvævet (Kronfeld et al. 1980). Disse forhold vil resultere i, at hældningen af kurverne i figur 5.5 bliver mindre stejl end den beregnede, dels når tilvæksten er positiv, og dels når den er negativ.

En yderligere konsekvens af, at kørerne i mindre grad udnytter kropsreserver, når foderet har et højt fedtindhold, kunne være en samtidig nedsat forekomst af stofskiftesygdommen, ketose. Dette har imidlertid ikke været tilfældet i disse forsøg, idet der i det samlede materiale (holdforsøgene) har været færrest antal køer med ketose på forsøgshold L (lavt fedtniveau). Forskellen mellem holdene var dog ikke signifikant (tabel 4.13).

Indflydelsen af foderets fedtindhold på malkekøernes tilvækst og sundhedstilstand kan sammenfattes i følgende konklusioner:

- 1) Der er ikke fundet signifikante forskelle i køernes vægtændringer 1-12 uger efter kælvning ved tildeling af forskellige mængder animalsk fedt.
- 2) Resultaterne tyder dog på, at højtydende køers vægttab i begyndelsen af laktationen mindskes ved højt fedtindhold i foderet.
- 3) Køernes sundhedstilstand har ikke været påvirket signifikant af foderets fedtindhold.

6 OPTIMAL FEDTTILDELING

Den enkelte mælkeproducent ønsker at planlægge fodringen af sine malkekøer med foderfedt på en sådan måde, at der opnås den optimale fodring, d.v.s. den fodring, der er økonomisk mest fordelagtig under de foreliggende forudsætninger med hensyn til:

- race,
- laktationsnummer,
- laktationsstadium/ydelseskapa-citet,
- foderrationens sammensætning og størrelse,
- fodringsprincip, -hyppighed og -rækkefølge,
- fedttype/-kvalitet,
- pris på mælk (4% mælk), foder (p.f.e.) og foderfedt.

Med hensyn til race og laktationsnummer kan der - på grundlag af dels egne forsøg og dels publicerede forsøg fra ind- og udland - sluttes, at marginaludbyttet (d.v.s. merudbyttet pr. ekstra tildelt gram fedt pr. kg tørstof i foderrationen) i kg 4% mælk pr. ko daglig er det samme for racerne Jersey, RDM og SDM samt for 1. og senere laktationer. Det skal bemærkes, at der - modsat for mælkeydel-sen - hverken er fundet en sammenhæng mellem fedttildeling og til-vækst, sundhedstilstand eller reproduktionsforhold.

Laktationsstadiet, der for given ko/givne køer repræsenterer for-skellig aktuel ydelseskapa-citet, øver derimod indflydelse på margi-naludbyttet af kg 4% mælk som vist i tabel 6.1, hvis eksempler er baseret på de i kap. 5 fastlagte funktioner til beskrivelse af sam-menhæng mellem mælkeydelse (y) og fedttildeling. Disse funktioner, hvori foderets fedtindhold af hensyn til en generel anvendelse er angivet som g korrigeret råfedt pr. kg tørstof (x_3), d.v.s. g rå-fedt i kraftfoder + g fedtsyrer i grovfoder, er følgende:

Funktion (1), der anvendes i 1. - 12. laktationsuge med ydelses-niveau 29 kg 4% mælk og funktion (2), der anvendes i 13. - 24. lak-tationsuge med 24 kg 4% mælk pr. ko daglig (≈ 7000 kg/laktation for ældre køer).

Funktionen (1): $y = 20,1 + 0,327 x_3 - 0,00301 x_3^2$ gælder for $23 \leq x_3 \leq 57$ og har maksimal y -værdi ved $x_3 = 54$.

Tabel 6.1 Fedttildelingens indflydelse på mælkeydelsen i forskelligt laktationsstadium, kg 4% mælk pr. ko daglig

	Korrigeret råfedt, g pr. kg tørstof i totalration						
	30	35	40	45	50	55	60
Funktion (1) 1-12 u.e.k.							
Gennemsnitlig	27,2	27,9	28,4	28,7	28,9	29,0	(28,9)
Marginal ¹⁾	0,15	0,12	0,09	0,06	0,03	0,00	(-0,03)
Funktion (2) 13-24 u.e.k.							
Gennemsnitlig	23,2	23,5	23,7	23,8	23,8	23,6	(23,4)
Marginal ¹⁾	0,07	0,05	0,03	0,01	-0,01	-0,04	(-0,06)

¹⁾ Det daglige merudbytte pr. gram ekstra fedt pr. kg tørstof, d.v.s. merudbyttet pr. 17-18 gram ekstra daglig tildeling i totalrationen ved netop de respektive fedtniveauer (30, 35 etc. g pr. kg tørstof).

Funktionen (2): $y = 19,1 + 0,200 x_3 - 0,00214 x_3^2$ gælder for $16 \leq x_3 \leq 54$ og har maksimal y-værdi ved $x_3 = 47$.

Disse funktioner kan kun antages at have gyldighed ved fodring med alsidige foderrationer baseret på stort grovfoder, der suppleres med kraftfoder, hvori fedtindholdet øges ved stigende tilsætning af animalsk fedt eller vegetabilsk fedt med tilsvarende virkning (i begge tilfælde ikke-coated fedt, d.v.s. ubeskyttet). Disse rationer må også være velafbalancerede med hensyn til bl.a. struktur samt indhold af protein og mineralstoffer (Ca, Mg m.fl.) i henhold til anbefalede normer. Ydermere må alle fodermidler tildeles jævnt over døgnet, f.eks. således:

Morgen: Kraftfoder ($\frac{1}{2}$), roer ($\frac{1}{2}$) og ensilage ($\frac{1}{3}$; efter ædelyst)
 Aften: Kraftfoder ($\frac{1}{2}$), roer ($\frac{1}{2}$) og ensilage/hø ($\frac{2}{3}$; efter ædelyst).

Den optimale tildeling af korrigeret råfedt fastlægges ved den tildeling, der for de respektive funktioner med aftagende merudbytte opfylder følgende betingelse:

$$\text{MARGINALINDTÆGTEN} = \text{MARGINALOMKOSTNINGEN}$$

Med følgende faktorer involveret:

Tabel 6.2 Optimal tildeling af korrigeret råfedt ved forskelligt prisforhold for suppleringsfedt, mælk og foder. G pr. kg tørstof (a), pr. ko daglig (b) og pr. p.f.e. (c)¹⁾

Forholdet: $\frac{\text{Pris}_{\text{suppleringsfedt}}}{\text{Pris}_{\text{mælk}} - 0,4 \cdot \text{Pris}_{\text{p.f.e.}}}$ er

		0	0,5	1,0	1,5	2,0
Funktion (1)	a	54	53	51	50	49
	b	923	899	875	851	827
1-12 u.e.k.	c	84	82	80	77	75
Funktion (2)	a	47	45	43	40	38
	b	841	803	765	727	689
13-24 u.e.k.	c	76	73	70	66	63
Fælles funkt	a	51	49	48	46	44
	b	895	865	835	805	775
1-24 u.e.k.	c	81	79	76	73	70

1) Forudsætninger: Foderoptagelsen er 11 p.f.e., d.v.s. hhv. 17 og 18 kg tørstof pr. ko daglig i laktationsstadierne 1-12 og 13-24 uger efter kælvning ved fodring med ensilage efter ædelyst. I stadiet 1-24 u.e.k. er forudsat en foderoptagelse på 17,5 kg tørstof og 11 p.f.e.

y' = marginaludbytte i kg 4% mælk pr. ko daglig

P_y = mælkeprisen i øre pr. kg 4% mælk

$P_{\text{p.f.e.}}$ = foderprisen i øre pr. produktionsfoderenhed. Nettoværdien af 1 kg 4% mælk bliver herefter $P_y - 0,4 P_{\text{p.f.e.}}$

P_{x_3} = øre pr. kg suppleringsfedt, der beregnes ud fra forskel i f.e.'s pris på de 2 billigste kraftfoderblandinger, som har forskelligt fedtindhold pr. f.e., men samme indhold af protein og P, evt. efter korrektion.

fastlægges den optimale fedttildeling i uge 1-12 efter kælvning ved funktion (1) til:

$$y'(P_y - 0,4 P_{\text{p.f.e.}}) = P_{x_3} \cdot \frac{1}{1000} \cdot 17; \quad (\text{foderoptagelse} = 17 \text{ kg ts.})$$

$$(0,327 - 0,00602 x_3)(P_y - 0,4 P_{\text{p.f.e.}}) = 0,017 P_{x_3}$$

og heraf findes x_3 som:

Tabel 6.3 Optimal tildeling af korrigeret råfedt under forskellige prisforudsætninger. Gram pr. p.f.e. og (g pr. ko daglig) 1-12 u.e.k.1)

Øre pr. kg 4% mælk	Øre pr. p.f.e.	Øre pr. kg suppleringsfedt			
		0	100	200	300
	130	84(923)	81(888)	78(853)	74(819)
190	160	84(923)	80(885)	77(847)	74(809)
	190	84(923)	80(881)	76(839)	72(797)
	140	84(923)	81(894)	79(864)	76(835)
220	180	84(923)	81(891)	78(858)	75(826)
	220	84(923)	81(887)	77(850)	74(814)
	170	84(923)	82(897)	79(870)	77(844)
250	210	84(923)	81(894)	79(865)	76(836)
	250	84(923)	81(891)	78(859)	75(827)

1) 1-12 uger efter kælvning, hvor foderoptagelsen af alsidig ration forventes at være 17 kg tørstof daglig (stort grovfoder). Af den samlede foderration forudsættes produktionsfoderet at udgøre 11 p.f.e.

Beregningsformel:

$$g/ko \text{ daglig} = 923 - 48 \frac{P_{\text{fedt}}}{P_{\text{mælk}} - 0,4 P_{\text{p.f.e.}}}$$

$$x_3 = 54,3 - 2,8 \frac{P_{x_3}}{P_y - 0,4 P_{\text{p.f.e.}}}$$

og heraf ved 17 kg fodertørstof pr. ko daglig:

$$g \text{ fedt}/ko \text{ dgl.} = 923 - 48 \frac{P_{x_3}}{P_y - 0,4 P_{\text{p.f.e.}}}$$

Det ses umiddelbart, at det alene er prisforholdet i ligningens sidste led, der er bestemmende for den optimale fedttildeling. Den optimale tildeling 1 - 12 uger efter kælvning af g. fedt pr. kg tørstof (a) ved forskelligt prisforhold er anført i tabel 6.2, der ved en foderoptagelse på 17 kg tørstof også viser den optimale daglige tildeling (b) samt optimal tildeling pr. p.f.e. (c) ved 11 p.f.e. pr. ko daglig.

Tabel 6.4 Optimal tildeling af korrigeret råfedt under forskellige prisforudsætninger. Gram pr. p.f.e. og (g pr. ko daglig) 13-24 u.e.k.¹⁾

Øre pr. kg 4% mælk	Øre pr. p.f.e.	Øre pr. kg suppleringsfedt			
		0	100	200	300
190	130	76(841)	71(786)	66(731)	61(676)
	160	76(841)	71(781)	65(720)	60(660)
	190	76(841)	70(774)	64(708)	58(641)
220	140	76(841)	72(795)	68(748)	64(702)
	180	76(841)	72(790)	67(738)	62(687)
	220	76(841)	71(783)	66(726)	61(668)
250	170	76(841)	73(799)	69(757)	65(716)
	210	76(841)	72(795)	68(749)	64(704)
	250	76(841)	72(790)	67(740)	63(689)

1) 13-24 uger efter kælvning, hvor foderoptagelsen af alsidig ration forventes at være 18 kg tørstof daglig (stort grovfoder). Af den samlede foderration forudsættes produktionsfoderet at udgøre 11 p.f.e.

Beregningsformel:

$$\text{g/ko daglig} = 841 - 76 \frac{P_{\text{fedt}}}{P_{\text{mælk}} - 0,4 P_{\text{p.f.e.}}}$$

Ved fodring til højere eller lavere ydelse end ca. 29 kg 4% mælk i uge 1 - 12 efter kælvning reguleres fedttildelingen proportionalt med ændringen i tildelte produktionsfoderenheder.

Ved at udtrykke tildelingen af korrigeret råfedt på disse 3 måder:

- a) gram pr. kg fodertørstof
- b) gram pr. ko daglig, og
- c) gram pr. p.f.e. - opnås en let forbindelse over til de 3 hovedfodringsprincipper:
 - 1) fuldfoder efter ædelyst,
 - 2) fodring efter det forenklede fodringsprincip eller
 - 3) fodring efter norm (0,4 p.f.e. pr. kg 4% mælk i aktuel dagsydelse)

Tabel 6.5 Optimal tildeling af korrigeret råfedt under forskellige prisforudsætninger. Gram pr. p.f.e. og (g pr. ko daglig 1-24 u.e.k.1)

Øre pr. kg 4% mælk	Øre pr. p.f.e.	Øre pr. kg suppleringsfedt			
		0	100	200	300
190	130	81(895)	77(852)	73(808)	70(765)
	160	81(895)	77(847)	73(800)	68(752)
	190	81(895)	77(842)	72(790)	67(737)
220	140	81(895)	78(858)	75(822)	71(785)
	180	81(895)	78(854)	74(814)	70(773)
	220	81(895)	77(850)	73(804)	70(759)
250	170	81(895)	78(862)	75(829)	72(796)
	210	81(895)	78(859)	75(823)	72(787)
	250	81(895)	78(855)	74(815)	70(775)

1) 1-24 uger efter kælvning, hvor foderoptagelsen af alsidig ration forventes at være 17,5 kg tørstof daglig (stort grovfoder). Af den samlede foderration forudsættes produktionsfoderet at udgøre 11 p.f.e.

Beregningsformel:

$$g/ko \text{ daglig} = 895 - 60 \frac{P_{\text{fedt}}}{P_{\text{mælk}} - 0,4 P_{\text{p.f.e.}}}$$

I tabel 6.2 er angivet de tilsvarende optimale fedtniveauer for laktationsstadierne 13 - 24 uger efter kælvning og 1 - 24 uger efter kælvning (baseret på en fællesfunktion af funktionerne (1) og (2)).

I tabel 6.3, 6.4 og 6.5 er med forskellige priser på mælk, foder og suppleringsfedt anført den optimale tildeling af korrigeret råfedt i g pr. p.f.e. og i g pr. ko daglig for de respektive laktations-afsnit med tilhørende karakteristisk foderoptagelse ved fodring med det tungere fordøjelige grovfoder (ensilage o.l.) efter ædelyst.

I sidste halvdel af laktationen derimod tildeles pr. p.f.e. ca. 10% mindre end det optimale 13-24 uger efter kælvning - aflæst i tabel 6.4.

Ved den praktiske foderplanlægning for første halvdel af laktationen - eller et kortere afsnit - vil det være mest hensigts-

mæssigt først at fastlægge det optimale energi- og proteinniveau. Det heraf afledte antal p.f.e. ganges derefter med det af tabellerne aflæste optimale fedtniveau pr. p.f.e. for de aktuelt gældende priser.

Indholdet af råfedt og fedtsyrer i nogle hyppigt anvendte fodermidler samt fedtets jodtal er angivet i appendiks A.1 til brug for foderplanlægningen i den enkelte kvægbesætning. Det ses, at fedtsyreindholdet pr. f.e. er ca. 25 g for såvel ensilage af bygghelsød, græs og roetop som hø.

Mælkefedtets sammensætning påvirkes i større eller mindre grad af foderfedtets kvalitet (jodtal) og mængde. Da der er konstateret et behov for supplerings af tidligere undersøgelser, iværksættes i 1981 yderligere forsøg. Uddybning af dette også for mejeribruget væsentlige spørgsmål vil afvente de nye undersøgelses resultater. I de tilfælde (f.eks. i Jersey-besætninger med mælkeleverance til et smørmejeri), hvor det er ønskeligt at tage særlige hensyn til sikring af et bestemt jodtal i mælkefedtet, kan regulering af dette ske på basis af Andersen & Just (1975 eller sen. 1979).

Idet de fastlagte funktioner er baseret på øget tildeling af animalsk fedt, og da animalsk fedt af god kvalitet er blevet en mangelvare, bliver kvaliteten af det fedt (teknisk fedt), der tilsættes kraftfoderblandinger for at opnå et ønsket fedtindhold som f.eks. 60, 80 eller 100 g pr. f.e. i typeblandinger, af afgørende betydning.

En forbedret styring af foderfedtets kvalitet opnås ved bl.a. at følge de af dakofa (Danske Korn- og Foderstof-im- og eksportørers Fællesorganisation) opstillede kvalitetskrav til teknisk fedt. Disse krav er fra slutningen af 1980 følgende:

Indhold af:

- vand	max.	1%
- smuds	max.	1%
- uforsæbelig rest	max.	3,5%
- vand + smuds + uforsæbelig rest	max.	5%
- di-tri-polymere fedtsyrer m.m.	max.	3%
- fedtsyrer med 20 eller flere C-atomer	max.	4%
<u>Jodtal i fedtet</u>	max.	75

Ved at kombinere mængden af teknisk fedt, der opfylder ovennævnte kvalitetskrav, med oliekrager og oliefrø på en sådan måde, at det vejede jodtal for blandingens fedtstoffer ikke overstiger 80-90, vil de anførte funktioner og heraf afledte optimale fedtmængder kunne anvendes generelt. Det er en forudsætning, at der ikke tilsættes hydrogenerede fedtstoffer. Såfremt tilskudsfedtets, d.v.s. kraftfoderfedtets jodtal er højere end 80-90, vil dette give et økonomisk tab, der kun kan formindskes ved en forholdsmæssig mindre daglig tildeling.

Konklusion:

- 1) Ved hyppigt forekommende priser på suppleringsfedt, mælk og foder vil den optimale fedttildeling i de respektive laktationsafsnit ligge i følgende intervaller for g korrigeret råfedt:
1-12 uger efter kælvning: 50-53 g/kg tørstof eller 77-82 g/p.f.e.
13-24 uger efter kælvning: 40-45 g/kg tørstof eller 66-73 g/p.f.e.
1-24 uger efter kælvning: 46-49 g/kg tørstof eller 73-79 g/p.f.e.
I sidste halvdel af laktationen tildeles ca. 10% mindre pr. p.f.e. end i perioden 13-24 uger efter kælvning.
- 2) Den enkelte besætnings forhold inddrages ved den endelige fastlægning af den optimale fedttildeling ved hjælp af én af tabellerne 6.2 - 6.5, idet priserne varierer fra bedrift til bedrift og fra periode til periode.
- 3) Den optimale tildeling ved en given ydelseskapaletet er uafhængig af race og laktationsnummer.
- 4) Der forudsættes fodring med én i alle henseender velafbalanceret foderration, der er baseret på et stort og alsidigt grovfoder, og som er jævnt fordelt over døgnet. Det forenkede fodringsprincip er anvendt i egne forsøg, men den optimale fedttildeling ved pkt. 1-2 kan også anvendes ved normfodring eller fodring med fuldfoder efter ædelyst, når betingelserne herfor iøvrigt er til stede.
- 5) Det forudsættes, at tilskudsfedt er af god kvalitet og primært udgøres af animalsk fedt (oksetalg og svinefedt) eller vegetabilsk fedt med tilsvarende egenskaber. Jodtallet i det samlede tilskudsfedt i kraftfoderet bør ikke overstige 80-90. Ved et højere jodtal må det optimale fedttilskud reduceres således, at jodtalsproduktet ikke forøges.
- 6) Med ovennævnte grundlag for fastlægning af optimal fedttildeling - udtrykt ved korrigeret råfedt - forlades det tidligere grundlag (råfedt i kraftfoder + fordøjeligt råfedt i grovfoder), som er anført i 474. beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg.

7 LITTERATUR

- Abaza, M.A., Akkada, A.R. Abou & El-Shazly. 1975. Effect of rumen protozoa on dietary lipid in sheep. *J. Agric. Sci., Camb.* 85, 135-143.
- Andersen, P.E. & Just, A. 1975. Tabeller over fodermidlers sammensætning m.m. Det kgl. danske Landhusholdn. Selsk., Kbh. 48 pp.
- Astrup, H.N., Vik-mo, L., Ekern, A. & Bakke, F. 1976. Feeding protected and unprotected oils to dairy cows. *J. Dairy Sci.* 59, 426-430.
- Banks, W., Clapperton, J.L. & Ferrie, M.E. & Wilson, A.G. 1976a. Effect of feeding fat to dairy cows receiving a fat-deficient basal diet. I. Milk yield and composition. *J. Dairy Res.*, 43, 213-218.
- Banks, W., Clapperton, J.L. & Ferrie, M.E. 1976b. Effect of feeding fat to dairy cows receiving a fat-deficient basal diet. II. Fatty acid composition of the milk fat. *J. Dairy Res.*, 43, 219-227.
- Benson, J.D., Askew, E.W., Emery, R.S. & Thomas, J.W. 1972. Metabolism of fatty acids by adipose tissue and liver of cows fed normal, restricted roughage or MgO supplemented rations. *J. Dairy Sci.* 55, 83-92.
- Bickerstaffe, R., Annison, E.F. & Linzuell, J.L. 1974. Det metabolism of glucose, acetate, lipids and amino acids in lactating dairy cows. *J. Agric. Sci., Camb.* 82, 71-85.
- Bines, J.A., Brumby, P.E., Storry, J.E., Fulford, R.J. & Braithwaite, G.D. 1978. The effect of protected lipids on nutrient intakes, blood and rumen metabolites and milk secretion in dairy cows during early lactation. *J. agric. Sci., Camb.* 91, 135-150.
- Brumby, P.E., Storry, J.E., Bines, J.A. & Fulford, R.J. 1978. Utilization of energy for maintenance and production in dairy cows given protected tallow during early lactation. *J. agric. Sci., Camb.* 91, 151-159.
- Brumby, P.E., Storry, J.E., Sutton, J.D. & Oldham, J.D. 1979. Fatty acid digestion and utilization by dairy cows. *Ann. Rech. Vét.* 2/3, 317-319.
- Brumby, P.E., Tuckley, B., Hall, A.J., Storry, J.E., Sutton, J.D. & Johnson, V.W. 1968. Effect of cod liver oil on milk fat secretion. *Rep. Nutr. Inst. Res. Dairy*, 1968. 89.
- Church, D.C. 1975. "Metabolism of lipids", in *Digestive physiology and nutrition of ruminants*. Ed. by Church. O & B Books USA, Vol I, 350 pp.
- Cramer, D.A. and Miller, L.G. 1976. Postabsorptive distribution of ¹⁴C-labeled fatty acids in sheep. *J. Anim. Sci.* 43, 884-888.

- Czerkawski, J.W. 1973. Effect of linseed oil fatty acids and linseed oil on rumen fermentation in sheep. *J. Agric. Sci., Camb.* 81, 517-531.
- Czerkawski, J.W., Blaxter, K.L. & Wainman, F.W. 1966a. The effect of linseed oil and of linseed oil fatty acids incorporated in the diet on the metabolism of sheep. *Br. J. Nutr.* 20, 485-494.
- Czerkawski, J.W., Blaxter, K.L. & Wainman, F.W. 1966b. The effect of functional groups other than carboxyl on the metabolism of C_{18} and C_{12} alkyl compounds by sheep. *Br. J. Nutr.* 20, 495-508.
- Czerkawski, J.W., Blaxter, K.L. & Wainman, F.W. 1966c. The metabolism of oleic, linoleic and linolenic acids by sheep with reference to their effects on methane production. *Br. J. Nutr.* 20, 349-362.
- Czerkawski, J.W., Christie, W.W., Breckenridge, G. & Hunter, M.L. 1975. Changes in the rumen metabolism of sheep given increasing amounts of linseed oil in their diet. *Br. J. Nutr.* 34, 25-45.
- Danfær, A. 1979. Quantitative protein and energy metabolism in a high-yielding dairy cow. 44 pp. I: Protein Utilization in Farm Animals, Vol. II. *Inst. An. Sci., The Royal Vet. and Agric. Univ., Copenhagen.*
- Dawson, R.M.C. & Kemp, P. 1970. Biohydrogenation of dietary fats in ruminants. I: Physiology of digestion and metabolism in the ruminant. (Ed. Phillipson). Oriel press, Newcastle. 504-518.
- Devendra, C. & Lewis, D. 1974. The interaction between dietary lipids and fibre in the sheep. 2. Digestibility studies. *Anim. Prod.* 19, 67-76.
- Dimick, P.S., McCarthy, R.D. & Patton, S. 1970. Milk fat synthesis. I: Physiology of digestion and metabolism in the ruminant. (Ed. Phillipson). Oriel Press, Newcastle. 529-541.
- Garton, G.A. 1967. The digestion and absorption of lipids in ruminant animals. *World Rev. Nutr. Diet.* 7, 225-250.
- Garton, G.A. 1978. Fatty acid metabolism in ruminants. I: Biochemistry of lipids II, Vol. 14. University Park Press, Baltimore. 337-370
- Hagemeister, H. & Kaufmann, W. 1979. Verwendungsmöglichkeiten von Fett in der Ernährung von Milchkühen. *Übers. Tierernährg.* 7, 1-30.
- Harrison, F.A. & Leat, W.M.F. 1970. Effect of bile and pancreatic juice on the absorption of long-chain fatty acids in the sheep. *Biochem. J.* 118, 3.
- Hawke, J.C. 1971. The incorporation of long-chain fatty acids into lipids by rumen bacteria and the effect on biohydrogenation. *Biochem. Biophys. Acta* 248, 167-170.

- Johnson, R.R. & McClure, K.E. 1973. High fat ration for ruminants. II. Effects of fat added to corn plant material prior to ensiling on digestibility and voluntary intake of the silage. *J. Anim. Sci.* 36, 397-406.
- Keeny, M. 1970. Lipid metabolism in the rumen. I: Physiology of digestion and metabolism in the ruminant. (Ed. Phillipson). Oriel Press, Newcastle. 489-503.
- Kowalczyk, J., Ørskov, E.R., Robinson, J.J. & Stewart, C.S. 1977. Effect of fat supplementation on voluntary food intake and rumen metabolism in sheep. *Br. J. Nutr.* 37, 251-257.
- Kristensen, V.F. 1974. Undersøgelser over mulighederne for at øge mælkefedtets indhold af flerumættede C18-syrer. Licentiatafh. v. Husdyrbrugsinstituttet, Den kongelige Veterinær- og Landbohøjskole, København. 72 pp.
- Krohn, C.C. & Andersen, P.E. 1978. Forskellig energi- og proteinmængde til malkekøer i tidlig laktation. Beretn. 475. Statens Husdyrbr.fors., Kbh. 72 pp.
- Kronfeld, D.S., Donoghue, S., Naylor, J.M., Johnson, K. & Bradley, C.A. 1980. Metabolic effects of feeding protected tallow to dairy cows. *J. Dairy Sci.* 63, 545-552.
- Larsen, J.B., Klausen, S., Frederiksen, J.H., Agergaard, E. & Svensgaard, C. 1965a. Fedtbehov til mælkeproduktion. 1. Forskelligt fedtindhold i kraftfoderet. K. 509. Årbog. Forsøgslab., Kbh. 343-347.
- Larsen, J.B., Klausen, S., Frederiksen, J.H. & Svensgaard, C. 1965b. Fedtbehov til mælkeproduktion. 1. Forskelligt fedtindhold i kraftfoderet. K. 510. Årbog. Forsøgslab., Kbh. 347-352.
- Lough, A.K. 1970. Aspects of lipid digestion in the ruminant. I: Physiology of digestion and metabolism in the ruminant. (Ed. Phillipson). Oriel Press, Newcastle. 520-528.
- Macleod, G.K., Yu, Y. & Schaeffer, L.R. 1977. Feeding value of protected animal tallow for high yielding dairy cows. *J. Dairy Sci.* 60, 726-738.
- Mendelson, C.R., Zunder, O., Blanchette-Maskie, E.J., Chernick, S.S. & Scow, R.O. 1977. Lipoproteinlipase and lipid metabolism in mammary gland. *J. Dairy Sci.* 60, 666-676.
- Miller, L.G. & Cramer, D.A. 1969. Metabolism of naturally occurring and ¹⁴C-labeled triglycerides in the sheep, *J. Anim. Sci.* 28, 738-745.
- Moe, P.W., Flatt, W.P. & Tyrell, H.F. 1972. Net energy value of feeds for lactation. *J. Dairy Sci.* 55, 945-958.

- Nicholson, J.W.G. & Sutton, J.D. 1971. Some effects of unsaturated oils given to dairy cows with rations of different roughage content. *J. Dairy Res.* 38, 363-372.
- Nieman, C. 1954. Influence of trace amounts of fatty acids on the growth of microorganisms. *Bacteriol. Rev.* 18, 147-163.
- Palmquist, D.L. 1977. High fat rations for dairy cows. *Ohio Rep.*, Jan.-Feb., 14-15.
- Palmquist, D.L. & Conrad, H.R. 1980. High fat rations for dairy cows. Tallow and hydrolyzed blended fat at two intakes. *J. Dairy Sci.* 63, 391-395.
- Palmquist, D.L. & Jenkins, T.C. 1980. Fat in lactation rations: Review, *J. Dairy Sci.* 63, 1-14.
- Palmquist, D.L. & Mattos, W. 1978. Turnover of lipoproteins and transfer to milk fat of dietary (1-Carbon-14) linoleic acid in lactating cows. *J. Dairy Sci.* 61, 561-565.
- Petersen, A. 1971. Fodringens indflydelse på smørfedtets jodtal samt økonomiske relationer ved fodring efter højere jodtal. Beretn. 389. Forsøgslab. 117-132.
- Schmidt, G. 1977. Biology of lactation. Animal Breeding seminar, Agricultural College, Uppsala, Sweden rep. 12-13, 47 pp.
- Selner, D.R. & Schultz, L.H. 1980. Effects of feeding oleic acid or hydrogenated vegetable oils to lactating cows. *J. Dairy Sci.* 63, 1235-1241.
- Sharma, H.R., Ingalls, J.R. & McKirdy, J.A., 1978. Replacing barley with protected tallow in ration of lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 61, 574-583.
- Smith, N.E., Dunkley, W.L. & Franke, A.A. 1978. Effects of feeding protected tallow to dairy cows in early lactation. *J. Dairy Sci.* 61, 747-756.
- Storry, J.E. 1970. Review of the progress of dairy science. *J. Dairy Res.* 37, 139-164.
- Storry, J.E., Brumby, P.E., Hall, A.J. & Tuckley, B. 1974. Effects of free and protected form of codliver oil on milk fat secretion in the dairy cow. *J. Dairy Sci.* 57, 1046-1049.
- Storry, J.E., Brumby, P.E., Tuckley, B., Welch, V.A., Stead, D. & Fulford, R.J. 1980. Effect of feeding protected lipid to dairy cows in early lactation on the composition of blood lipoproteins and secretion of fatty acids in milk. *J. Agric. Sci., Camb.*, (under trykning).
- Storry, J.E., Hall, A.J. & Johnson, V.W. 1973. The effects of increasing amounts of dietary tallow on milk-fat secretion in the cow. *J. Dairy Res.* 40, 293-299.

- Sørensen, M. & Andersen, P.E. 1965. Fedtbehov til mælkeproduktion. 1. Forskelligt fedtindhold i kraftfoderet. K. 648. Årbog. Forsøgslab., Kbh. 352-356.
- Sørensen, M., Lykkeaa, J. & Kofoed-Dam, H. 1966. Fedtbehov til mælkeproduktion. 1. Forskelligt fedtindhold i kraftfoderet. K. 658 og K. 659. Årbog. Forsøgslab., Kbh. 264-272.
- Tamminga, S., Steg-Beers, A., Van Hoven, W. & Badings, H.T. 1976. Production of milk with a high content of polyunsaturated fatty acids. 1. Experiments in relation to the efficiency of production. *Neth. Milk Dairy J.* 30, 106-117.
- Virtanen, A.I., 1966. Milk production of cows on protein-free feed. *Science* 153, 1603-1614.
- Wrenn, T.R., Bitman, J., Waterman, R.A., Weyant, J.R., Wood, D.L., Strozinski, L.L. & Hooven, Jr., N.W. 1978. Feeding protected and unprotected tallow to lactating cows. *J. Dairy Sci.* 61, 49-58.
- Ørskov, E.R., Hine, R.S. & Grubb, D.A. 1978. The effect of urea on digestion and voluntary intake by sheep of diets supplemented with fat. *Anim. Prod.* 27, 241-245.
- Østergaard, V. 1979. Strategies for concentrate feeding to attain optimum feeding level in high yielding dairy cows. *Beretrn.* 482. *Statens Husdyrbr.fors.*, Kbh. 144 pp.
- Østergaard, V., Henneberg, U., Hermansen, J.E. og Hindhede, J. 1978. Helårsforsøg med Kvæg XVIII. Produktionsstyringens indflydelse og de tekniske og økonomiske resultater i grovfoder- og mælkeproduktionssystemer 1977-78. 474. beretning, *Statens Husdyrbrugs-forsøg*, Kbh. 167 pp. Hindhede, J. 48-62.

8 APPENDIKS

A.1 Nogle fodermidlers indhold af råfedt og fedtsyrer samt fedtets jodtal

Ved Anders B.B. Jørgensen

Fodermidlernes indhold af fedt angives normalt i råfedt. Det er imidlertid foderets indhold af fedtsyrer, der er afgørende for køernes fedtforsyning. For kraftfodermidler er der en god overensstemmelse mellem råfedt- og fedtsyreindholdet, mens der for grovfoder kan være betydelige afvigelser.

Indholdet af fedtsyrer i nogle typiske grovfodermidler er undersøgt nærmere, dels på grundlag af resultater fra litteraturen (Andersen & Sørensen 1963 a og b, Andersen & Lykkeaa 1963 og Knudsen 1970) og dels ved analyser på fodermidler udtaget efteråret 1980. Sidstnævnte analyser er udført ved Afd. for dyrefysiologi, biokemi og analytisk kemi. Fedtsyreindholdet er fastlagt ved at analysere for indholdet af de enkelte fedtsyrer, således at fedtets jodtal kunne beregnes. Resultaterne af undersøgelsen er angivet i tabel A-1 og A-2.

Af tabel A-1 fremgår det, at der er en betydelig variation i fedtsyrernes andel af råfedtet; men det ses, at de tre ensilage typer og hø har samme indhold af fedtsyrer pr. kg tørstof (ca. 18 g). De analyserede græsensilageprøver har i gennemsnit et tørstofindhold på 28%, hvilket findes når der er høstet ved begyndende skridning.

Frisk græs og kløver viser et markant fald i fedtsyreindholdet fra ung afgrøde til efter skridning/blomstring, men da kg tørstof pr. f.e. stiger med øget udviklingstrin, vil ændringen i fedtsyreindholdet pr. f.e. ikke være så stor.

Mask har et højt indhold af fedtsyrer. Grunden til, at fedtsyrerne kan udgøre mere end 100% af råfedtet, er, at der ved bestemmelse af fedtsyrerne er foretaget en dobbelt ekstraktion med mellemliggende syrehydrolyse.

Tabel A-1 Fedtindhold og jodtal i forskellige grovfodermidler

Fodermiddel	Antal prøver	% tørstof	% af tørstof			Fettsyre i % af råfedt	Fettsyremængde og -kvalitet		
			træstof	råfedt	fettsyre		g/kg ts.	g/f.e.	beregn. jodtal
Helsædsensilage	2	35,1	28,1	3,0	1,9	63	19	24	127
Græsensilage	7	22,1	28,1	4,7	1,8	39	18	26	180
Roetopensilage	3	12,8	14,1	4,6	1,7	37	17	23	150
Hø	1	83,2	24,2	2,6	1,7	68	17	24	181
Mask	1	21,9	13,8	7,4	8,0	109	80	93	129
<u>Frisk græs:</u>									
ung og bladrig	3	-	-	5,4	2,9	54	29	32	203
i skridning	3	-	-	4,1	1,9	46	19	25	196
efter skridning	3	-	-	3,4	1,4	41	14	21	185
<u>Kløver:</u>									
ung og bladrig	2	-	-	6,3	3,4	54	34	37	210
i knop	2	-	-	5,2	2,5	48	25	33	194
i blomst	2	-	-	4,8	2,3	48	23	35	184

Tabel A-2 Fedtsyrefordelingen i forskellige grovfodermidler

Fodermiddel	Fedtsyrefordeling i vægtprocent								
	C 12:o	C 14:o	C 14:1	C 16:o	C 16:1	C 18:o	C 18:1	C 18:2	C 18:3
Helsædsensilage	0,4	3,2	0,2	25,4	0,7	2,6	11,4	41,2	14,9
Græsensilage	0,8	1,2	0,2	18,8	2,0	2,6	4,6	18,7	51,1
Roetopensilage	0,5	1,1	0,1	24,9	1,7	2,3	13,2	19,5	36,7
Hø	0,8	1,2	0,0	21,7	0,2	2,3	3,2	16,2	54,4
Mask	0,1	0,3	0,0	23,7	0,5	1,4	12,1	55,6	6,3
<u>Frisk græs:</u>									
ung og bladrig	0,2	0,2		17,3		1,6	1,9	15,4	63,4
før skridning	0,1	0,4		18,8		1,7	2,6	17,0	59,4
efter skridning	0,2	0,7		20,8		1,9	3,7	18,6	54,1
<u>Frisk kløver:</u>									
ung og bladrig	0,1	0,2		15,7		1,1	1,4	15,8	65,7
før blomstring	0,1	0,3		19,5		2,2	1,7	17,5	58,7
i blomst	0,2	0,6		21,4		2,8	2,7	18,1	54,2

Jodtallet er højt for alle de undersøgte fodermidler; dette skyldes et højt indhold af C-18 umættede fedtsyrer, jf. tabel A-2.

Det kan konkluderes, at anvendelse af råfedt til angivelse af grovfodermidlernes fedtindhold ikke er hensigtsmæssig, eftersom fedtsyrernes andel af råfedtet varierer meget; derimod tyder undersøgelsen på, at der vil kunne regnes med samme indhold af fedtsyrer pr. kg tørstof i helsæds-, græs- og roetopensilage samt hø.

Som supplement til fedtsyresammensætningen i grovfodermidlerne angives i tabel A-3 fedtsyresammensætningen i nogle kraftfodermidler.

Det beregnede jodtal, som er angivet i tabel A-1 og A-3 er beregnet ud fra de rene fedtsyrers jodtal. En fedtsyres jodtal er lig med det antal g jod, 100 g fedtsyre kan binde jvf. nedenstående ligning:

$$\text{jodtal i en fedtsyre} = \frac{2 \times \text{jod's atomvægt} \times \text{antal dobbeltbindinger}}{\text{fedtsyrens molvægt}} \times 100$$

eksempel, linolensyre; C 18:3 :

$$\text{jodtal} = \frac{2 \times 126,9 \times 3}{18 \times 12,0 + 30 \times 1,0 + 2 \times 16,0} \times 100 = 274$$

En olies jodtal beregnes herefter ved forholdsregning,

$$(\% \text{ syre } 1 \times \text{jodtal } 1 + \% \text{ syre } 2 \times \text{jodtal } 2 + \dots + \% \text{ syren } x^x) \\ \text{jodtal } n)$$

$$x) \text{ jodtal } n = \text{jodtal for syre } n.$$

Tabel A-3 Procentisk fedtsyresammensætning i olier, der findes i kraftfodermidler
(Altman & Dittmer 1972-74)

Fodermiddel	Fedtsyrefordeling i vægtprocent										Be- regnet iodtal
	<C 12	C 12:0	C 14:0	C 16:0	C 16:1	C 18:0	C 18:1	C 18:2	C 18:3	> C 18	
Kokosolie	14,6	45,4	18,0	10,5	0,4	2,3	7,5	0	0	0,4	7
Palmekerneolie	9,7	46,9	14,1	8,8	0	1,3	18,5	0,7	0	0	18
Palmeolie	0	0	1,4	40,1	0	5,5	42,7	10,3	0	0	57
Rapsolie	0	0	0	1,0	0	0	32,0	15,0	1,0	50,0 ^{x)}	96
Majsolie	0	0	1,4	10,2	1,5	3,0	49,6	34,3	0	0	108
Bomuldsfrøolie	0	0	1,4	23,4	2,0	1,1	22,9	47,8	0	1,3	109
Rapsolie dobb. ^{xxx)} lav	0	0,5	0,2	4,4	0,3	1,8	59,4	18,9	11,1	3,2 ^{xx)}	119
Sojaolie	0	0,2	0,1	9,8	0,4	2,4	28,9	50,7	6,5	1,0	136
Solsikkeolie	0	0	0	5,6	0	2,2	25,1	66,2	0	0,9	142
Hørfrøolie	0	0	0	6,3	0	2,5	19,0	24,1	47,4	0,7	191
Svinefedt	2,1	0	1,3	28,5	2,7	11,9	47,5	6,0	0	0	56
Oksetalg	0	0	6,3	27,4	0	14,1	49,6	2,5	0	0	49

^{x)} Erukasyre = C 22:1

^{xx)} heraf 0,8% erukasyre

^{xxx)} Personlig meddelelse, februar 1981; Herzog Møller, P.E., Århus Oliefabrik A/S.

Litteraturhenvisninger

- Altman, P.L. & Dittmer, D.S. ed. 1972-74. Fatty acid and sterol composition. Biology databook. 2 edition. Berthesda, Maryland: Federation of American Societies for Experimental Biology. Vol. 1: 350-351.
- Andersen, P. & Lykkeaa, J. 1963. Kløvergræsensilage - 1. contra 2. slæt. Landøkonomisk Forsøgslaboratoriums efterårsmøde, 27-29.
- Andersen, P. & Sørensen, M. 1963a. Roer og roetopensilage contra kløvergræsensilage. Landøkonomisk Forsøgslaboratoriums efterårsmøde, 11-16.
- Andersen, P. & Sørensen, M. 1963b. Ensilage contra kunsttørret foder. a. Kløvergræsensilage contra formalet, kunsttørret kløvergræs i pilleform. Landøkonomisk Forsøgslaboratoriums efterårsmøde, 19-23.
- Knudsen, J., 1970. Lipid- og fedtsyreindhold i græsmarksafgrøder og foderfedtets omsætning i drøvtyggernes formaver. Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, København, 79 pp.