



Forskellige kemiske analysemetoders værdi
som kvalitetskriterier for foderfedt
– belyst gennem forsøg med rotter

*Various methods of chemical analysis
as quality criterions of feeding grade fats
evaluated by experiments with rats*

With english summary and subtitles

Helle Gjærn og

Jens Oluf Andersen

2 1 NOV. 1991

696 Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg

Report from the National Institute of Animal Science, Denmark

Helle Gjærn og Jens Oluf Andersen
Afdelingen for Dyrefysiologi og Biokemi

Forskellige kemiske analysemetoders værdi som kvalitetskriterier for foderfedt – belyst gennem forsøg med rotter

*Various methods of chemical analysis
as quality criterions of feeding grade fats
evaluated by experiments with rats*

With english summary and subtitles

Indholdsfortegnelse

Forord	5
Sammendrag	6
Summary	7
Indledning	8
Materialer og metoder	10
Rotteforsøg	
Forsøg 1	
Forsøg 2	
Statistisk behandling	
Resultater og diskussion	14
Forsøg 1	
Forsøg 2	
Konklusion	31
Litteratur	32



Forord

Vurdering af fedtoxiationsprodukters og fedtnedbrydningsprodukters indvirkning på husdyrenes sundhed og deres evne til at udnytte foderets enkelte komponenter er vanskelig, fordi de kemiske analysemetoder, der normalt anvendes til at karakterisere foderfedtets kvalitet, ikke er tilstrækkeligt specifikke.

I nærværende beretning beskrives to forsøg, hvor resultater fra nye kemiske analysemetoder, organvægte og toksikologiske undersøgelser sammenholdes med resultater fra hidtil anvendte kemiske analysemetoder samt fordøjelighed af foderets energi og protein.

Forsøgene med rotter er udført under ledelse af dr. agro. B. O. Eggum. Obduktion, dissektion og histopatologiske undersøgelser af dyrene i forsøg 1 blev forestået af histopatolog Per Henriksen, Statens Veterinære Serumlaboratorium, Århus. Danske Slagterier og Dansk Andels Kødfoder- og Albuminfabrikker (DAKA) har ydet økonomisk støtte til projektets gennemførelse.

Statens Husdyrbrugsforsøg, Forskningscenter Foulum.
Marts 1991.

Arnold Just

Sammendrag

En metode til bestemmelse af dimere fedtsyrer i forsæbet fedt er udviklet. Denne og andre kemiske analysemetoder er afprøvet i 2 forsøgsserier med rotter for at vurdere metodernes anvendelighed som kvalitetskriterier for foderfedt. Kvaliteten blev via rotteforsøgene vurderet ud fra effekten på fodrets fordøjelighed, kvælstofomsætningen og supplerende undersøgelser til belysning af rotternes almentilstand. Indhold af polymerisationsprodukter bevirkede en lavere fordøjelighed af den samlede foderrations energi ud over, hvad der kunne tilskrives en lav fordøjelighed af polymerisationsprodukterne. Der fandtes en tydelig sammenhæng mellem fedtkildernes energiværdi og flere af de opnåede analysedata. Dog var indholdet af intakte fedtsyrer det bedste mål for foderfedtets energiværdi. Øvrige effekter af dårlig fedtkvalitet syntes ikke umiddelbart forudsigelige ud fra de udførte analytiske bestemmelser. Dog forekom der ved fodring med fedtprøver, der havde et forholdsvis lavt indhold af intakte fedtsyrer, spredte negative effekter, bl.a. stærk hæmning af ædelysten samt irritationer og blødninger i tarmslimhinderne. Desuden sås en negativ effekt på proteinudnyttelsen, som havde en vis korrelation med indholdet af intakte fedtsyrer i de anvendte fedtprøver. Peroxidtallet var i disse forsøg den dårligste kvalitetsparameter, men indholdet af peroxider var i alle prøver meget lavt.

Nøgleord: Dimere fedtsyrer, fedtsyrer, lipid peroxid, petroleumsæter-uopløselige stoffer, oxidationsprodukter, histopatologiske forandringer, proteinudnyttelse.

Summary

A new method for determination of dimeric fatty acids in saponified fat is developed. This method and other chemical methods for evaluation of fat quality was investigated in two experiments with rats for their usability in controlling feeding grade fats. In these feeding experiments the quality was evaluated according to effects on feed digestibility, nitrogen metabolism and according to their influence on the health and development of the rats. Polymerised lipids caused a decrease in energy digestibility of the total feed ration which could not exclusively be attributed to a low digestibility of the polymerised lipids themselves. There was a clear correlation between the energy values of the fat samples and some of the analytical data. The analytical results showing the best correlation with energy values, as determined in the rat experiments, was the determination of intact fatty acids. Negative effects of low quality fats did not seem to be fully predictable from the analytical data, although they occurred among the rats given fats with a relatively low content of intact fatty acids. The more unpredictable negative effects were: strongly depressed feed intake, irritated and bleeding intestinal mucosas. A negative effect on the net protein utilization was also found and showed some degree of correlation with the amount of intact fatty acids in the fats. The peroxide value showed the lowest degree of correlation with the qua-

lity-data from these rat experiments, but it must be mentioned that the peroxide values of all fat samples were very low.

Keywords: Dimeric fatty acids, fatty acids, lipid peroxide, petroleum Ether Insoluble compounds, oxidation products, histopathological changes, net protein utilization.

Indledning

Da fedt har et energiindhold, som pr. vægtenhed er ca. dobbelt så højt som energiindholdet i kulhydrat og protein (Lehninger, 1984) og samtidig har en yderst ringe vandbindingsevne, repræsenterer fedttilsætning til foder et koncentreret energitilskud. Da ydermere prisen på fedt ofte har været forholdsvis lav, er tilsætning af fedt til foderet til svin, kyllinger, kvæg og mink blevet almindelig.

I praksis har det undertiden vist sig, at de forventede produktionsresultater, f.eks. i svinebesætninger, ikke altid er opnået, hvilket menes at kunne tilskrives kvaliteten af de anvendte fedtparter.

Hartfiel og Sagredos (1989) har ved tildeling af destillationsrester til kyllinger fundet dårligere tilvækst og foderudnyttelse, sammenlignet med kyllinger fodret med "frisk" fedt.

Desuden kunne det vises (Sagredos og Hartfiel, 1990), at destillationsresterne havde en negativ indflydelse på E-vitamin status og på status af visse B-vitaminer. Andre negative effekter blev ikke påvist i deres forsøg.

Nærværende arbejde har derfor taget sigte på at belyse sammenhængen mellem fedtets kemiske sammensætning og dets energiværdi samt effekt på rotters kvælstofomsætning. Desuden er toksikologiske effekter undersøgt i begrænset omfang.

Der har dels været arbejdet med analyseudvikling og dels med rotteforsøg til belysning af forskellige analysemetoders værdi som kvalitetsanalyser for foderfedter. En fraktion af foderfedtet, som det er meget ønskeligt at kunne bestemme kvantitativt, er de polymere fedtstoffer. Polymere fedtstoffer er en fællesbetegnelse for store molekyler af fedtstoffer, dannet ved, at fedtkomponenter har bundet sig til hinanden – eksempelvis ved en binding mellem to fedtsyrer i hvert sit triglycerid.

Baggrunden for at påbegynde udvikling af en metode til bestemmelse af indholdet af polymere fedtstoffer i foderfedt er også, at man i flere år fra DAKO-FO's side har angivet en grænse for polymere forbindelser i fedt, uden at der har foreligget en specifik analysemetode til bestemmelse af disse polymere forbindelser. Dette problem er imidlertid ikke enkelt at løse, idet polymere fedtstoffer er en yderst heterogen stofgruppe, som består af to hovedgrupper nemlig:

- a) oligomere fedtstoffer, hvor nogle få ikke stærkt oxiderede komponenter er bundet sammen i et molekyle, og
- b) højere polymere stærkt omdannede forbindelser.

De oligomere fedtsyrer kan være forestrede til glycerol eller uforestrede. I den forestrede form kan der være dannet netværk mellem triglyceridmolekyler ved dimerisering mellem fedtsyrer

fra forskellige triglyceridmolekyler, men efter forsæbning foreligger fedtsyrer, der har indgået sådanne forbindelser, som oligomere fedtsyrer. De lader sig definere som dimere, trimere og eventuelle højere oligomere ud fra deres størrelse. De hyppigst forekommende af disse er dimere fedtsyrer. Dimere fedtsyrer er imidlertid også en heterogen stofgruppe, dels p.g.a. de mange kombinationsmuligheder mellem fedtsyrerne, dels p.g.a. de forskellige bindingstyper så som kulstof-kulstof bindinger, æter og peroxid bindinger og endelig forskellige muligheder for andre oxidativt indførte grupper, som f.eks. hydroperoxid og alkoholgrupper. På den anden side lader gruppen sig let afgrænse, og man har kendskab til en del af stoffernes struktur (Christopoulos, 1986).

Anderledes forholder det sig med de højere polymere forbindelser, d.v.s. forbindelser, som selv efter forsæbning har en molekylvægt på mere end ca. 1000 au (atommasse enheder). Disse synes at være stærkt omdannede, og strukturerne af disse stoffer er ikke kendte, men der er ingen tvivl om, at der er tale om meget komplekse stofblandinger. Man bør derfor ikke forvente egentlige strukturoptklaringsresultater for denne stofgruppe, da f.eks. massespektrometri kun vil kunne anvendes til de mindste molekyler inden for gruppen, og alle spektroskopiske

teknikker vil uden tvivl give så komplekse spektre, at tolkningsmulighederne begrænses stærkt.

Det er på denne baggrund klart, at enhver analyse af en så dårligt defineret og kompleks blanding vil være uspecifik, ligesom kvantiteringen er vanskelig gjort af det forhold, at forskellige kemiske forbindelser giver anledning til forskelligt respons/masse forhold i almindeligt anvendte detektionssystemer. Der blev derfor i stedet fokuseret på udvikling af en analysemetode til bestemmelse af dimere fedtsyrer, som kunne anvendes til forskellige typer af dimere og blandinger af disse. Metoden vil blive beskrevet i en selvstændig publikation, men principperne i metoden omtales under materialer og metoder.

Foruden bestemmelsen af dimere fedtsyrer blev en anden analysemetode (Arens et al, 1977) vurderet som fedtkvalitets-parameter til foderfedter. Det drejer sig om en uspecifik analyse for oxiderede fedtsyrer, som ikke lader sig opløse i petroleumsæter under de i analyseforskriften angivne betingelser. Analysen er beregnet til kvalitetsvurdering af stegefedt. Det formodedes, at den ville have en vis værdi også til foderfedt. En del foderfedtpartier synes nemlig at have været udsat for kraftig varmecpåvirkning, idet de er sortfarvede.

Materialer og metoder

Rotteforsøg

Der blev udført 2 forsøg med rotter. Et indledende forsøg (forsøg 1) med 15 rotter fordelt på 3 hold og et senere forsøg (forsøg 2) med 40 rotter fordelt på 8 hold.

Til begge forsøg blev anvendt Wistar hanrotter. Rotterne blev fordelt på holdene på en sådan måde, at alle hold opnåede næsten sammen gennemsnitsvægt (nær 70 g/dyr). For alle 11 hold blev der udført kvælstofbalancer efter metoden beskrevet af Eggum (1973).

Forsøg 1

Til forsøg 1 blev analysemetoden til bestemmelse af petroleumsæter-uopløselige oxiderede fedtsyrer (Arens et al, 1977) indarbejdet og derefter anvendt som fraktioneringsmetode til en foderfedtprøve, som var udtaget fra en gærdtank hos en svineproducent. Prøven var sort og formodes derfor at have været kraftigt varmepåvirket.

Den anvendte fedtprøve blev fodret til hold 1 med en andel på 5% af foderets

tørstof, d.v.s. 0,5 g/rotte/dag. Hold 2 fik tildelt en blanding af frisk oksetalg, svinefedt og palmeolie, således at fedtsyretildelingen i mængde og sammensætning svarede til tildelingen for hold 1, d.v.s. 0,36 g/rotte/dag. Hold 3 fik tildelt den samme blanding af de 3 typer "frisk" fedt og i samme mængde som hold 2 plus omtalte oxiderede fraktion fra den til hold 1 anvendte foderfedt i en mængde af 11,2 mg/rotte/dag, hvilket svarer til det hold 1 fik i den ufraktionerede fedt. Den resterende del af foderet var ens for alle 3 hold. Hvert dyr fik pr dag de første 8 døgn (forperiode + balance): Kasein + 1% methionin (ialt 150 mg N), vitaminblanding (160 mg), mineralblanding (400 mg) og N-fri blanding op til 9,50 g tørstof.

Den N-fri blanding havde på tørstofbasis følgende sammensætning: 9,41% rørsukker, 5,49% cellulosepulver og 85,10% kartoffelstivelse.

I tabel 1 ses en oversigt over forskellene mellem de 3 holds foder i for- og balanceperioden.

Tabel 1. Fodersammensætning til de 3 hold, angivet som vægtmængder pr. rotte pr. dag i for- og balanceperioden

Diet composition for the 3 groups, given as amounts per rat per day in the prebalance- and balance period

Hold 1	Hold 2	Hold 3
9,50 g grundfoder	9,50 g grundfoder	9,50 g grundfoder
0,5 g foderfedt	0,38 g »frisk« fedt	0,38 g »frisk« fedt
~ 0,36 g fedtsyrer	~ 0,36 g fedtsyrer	~ 0,36 g fedtsyrer
—	—	11,2 mg fedtfraktion

Efter balanceperiodens afslutning fortsattes fodringen i endnu 9 døgn med foder af samme sammensætning som i balanceperioden, men med forøget til-
deling efter følgende skema:

første 3 døgn 120% af mængden
i balancen
næste 3 døgn 150% af mængden
i balancen
sidste 3 døgn 180% af mængden
i balancen.

I den anvendte foderfedtprøve blev fedtsyreprocenten bestemt til 71,7%. Den "friske" fedtblanding havde en fedtsyreprocent på 94,3, og fedtsyresammensætningen af begge prøver ses i tabel 2. Det blev ved blandingen af den "friske" fedtprøve tilstræbt, at prøverne skulle have næsten samme fedtsyresammensætning. Det valgte blandingsforhold ses i tabel 3.

Den anvendte fraktioneringsmetode var den af Arens et al (1977) beskrevne analysemetode til bestemmelse af petroleumsæter-uopløselige oxiderede fedtsyrer. For at samle en tilstrækkelig mængde af denne fraktion blev der gen-

Tabel 2. Fedtsyresammensætning angivet som vægt-fordelingsprocenter for de 2 fedtprøver anvendt i forsøg 1

Fatty acid composition given as weight proportion for the 2 fat samples used in experiment 1

Fedtsyrer	»Frisk« fedt- blanding		Foderfedt
C-12	0,2		1,8
C-14	2,0		2,2
C-14:1	0,5		0,2
C-15	0,2		0,2
C-16	27,7		30,3
C-16:1	2,9		1,7
C-17	0,7		0,6
C-17:1	0,5		0,3
C-18	13,7		13,9
C-18:1	41,7		37,0
C-18:2	8,2		8,5
C-18:3ω3+C-20	1,0		1,3
C-20:1	0,6		0,8
C-22	0,1		0,3
C-22:1	—		0,3
C-24	—		0,6

Tabel 3. Sammensætning af den »friske« fedtprøve
Composition of the "good quality" fat blend

Fedttype	Oprindelse	Vægt andel	Fedtsyreprocent
Svinefedt	Fødevarekvalitet	45%	95,5
Oksetalg	Afsmeltet fra fedtvæv	32%	91,6
Palmeolie	Fødevarekvalitet	23%	95,8
Den færdige blanding			94,3

nemført 12 enkeltbestemmelser $\bar{x} = 2,24\%$ ($VC = 7,58\%$) $n=12$.

Da der i fedtprøven var så meget smuds tilstede, at analysearbejdet blev vanskeliggjort heraf, blev smudsdelen separeret fra ved en forudgående æter-ekstraktion, og smuds procenten blev bestemt i forbindelse med hver fraktionering. Denne fandtes at være $8,78\%$ ($CV = 3,34\%$) $n=12$. Alle analysetal er angivet som vægt % af den totale prøve.

De successivt samlede petroleumsæter-uopløselige fraktioner blev opbevaret i ætanol opløsning ved 5°C indtil de skulle tilsættes foderet.

En 1 mg/ml opløsning i tetrahydrofuran af dels den ufraktionerede forsæbede fedt og den petroleumsæter-uopløselige fraktion blev undersøgt under samme betingelser ved gel permeations chromatografi (GPC) på High Performance Liquid Chromatografi (HPLC). Den anvendte kolonne var en $250 \times 7\text{ mm}$ kolonne fra E. Merck, Darmstadt, pakket med LiChrogel^R PS4 ($5\text{ }\mu\text{m}$). Denne kolonne sorterede molekylerne efter størrelse op til ca. 5000 au . Eluenten var tetrahydrofuran, og HPLC-udstyret var fra Perkin Elmer. UV-detektion ved 234 nm blev benyttet og flowhastigheden var 1 ml/min .

Ved kvælstof- og energibalance forsøget i døgn 4-8 begge incl., hvor der var kvantitativ opsamling af fæces og urin, blev fedtets indflydelse på proteinkildens biologiske værdi og sande fordøjelighed undersøgt, ligesom energifordø-

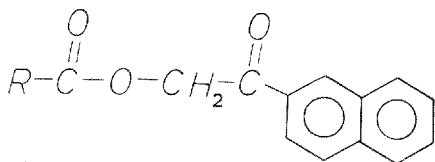
jeligheden blev bestemt. Foderresterne blev registreret gennem hele perioden, d.v.s. 17 døgn. Desuden blev rotternes vægtudvikling fulgt. Efter aflivning blev dyrene obduceret, og hjerte, lever og nyrer blev udtaget og vejede. Skjoldbruskkirtlen og et stykke af tyndtarmen blev ligeledes udtaget, og histologiske undersøgelser blev udført på alle 5 organer.

Forsøg 2

Til det andet forsøg med rotter blev valgt at arbejde med ufraktionerede fedtprøver. Prøverne blev fremskaffet via forskellige foderstoffirmaer i Danmark og 7 forskellige prøver udvalgt efter fedtsyreprocenten på basis af opgivne analysetal, således at variationen i denne parameter blev så stor som muligt.

For at være sikker på et ensartet vurderingsgrundlag med hensyn til prøvernes fedtsyreindhold, blev der foretaget ny kvantitativ bestemmelse af fedtsyreindholdet. Bestemmelsen blev foretaget ved gaschromatografi af methylestre.

Dimere fedtsyrer blev bestemt ved egen udarbejdede analysemetode: Ved prøveforberedelsen forsæbedes fedtet og estrificeredes på ny med α -bromacetonaphthon under dannelse af kraftigt UV-absorberende forbindelser. Strukturen af de dannede estre ses i fig. 1. Fordelen ved disse estre er den omstændighed, at det lader sig gøre udelukke at detektere den påsatte alkohol del med UV-detektion ved 254 nm , således at alle typer af dimere fedtsyrer vil give



Figur 1.

Strukturen af de til dimer-bestemmelsen anvendte derivater.

Structure of the derivatives used for the determination of dimeric fatty acids.

anledning til samme molmængde/respans-forhold uanset deres struktur. Separation af dimere fedtsyreestere blev foretaget ved GPC.

Desuden blev følgende analyseværdier bestemt: petroleumsæter-uopløselige oxiderede fedtsyrer (Arens et al, 1977), peroxidtal efter metoden oprindeligt beskrevet af Wheeler (1932), smuds (æter-uopløseligt), vand (Carl Fisher-titrering med apparatur fra Radiometer) og jodtal (AOAC, 1984).

De 7 hold rotter fik tildelt hver sin fedtprøve iblandet det øvrige foder i en mængde på 1,5 g dagligt pr. rotte, svarende til 15% af fodertørstoffet. Det øvrige foder bestod for hver rotte pr. dag af: kasein + 1% methionin (ialt 150 mg N), vitaminblanding (160 mg), mineralblanding (400 mg) og N-fri blanding op til 8,50 g tørstof. Den N-fri blanding havde samme sammensætning som i første forsøg.

Det 8. hold rotter (kontrol) fik ikke tildelt fedt, men fik i stedet N-fri blanding op til 10 g tørstof. Rotterne blev i dette forsøg kun fodret med forsøgsfoderet i 8 døgn, heraf 3 døgn forperiode og 5 døgn balanceperiode med registrering af foderrester og kvantitativ opsamling af fæces og urin. Som i det første forsøg blev de forskellige fedtprøvers effekt på proteinudnyttelsen og energiens fordøjelighed bestemt, og vægtudviklingen fulgt for hver enkelt rotte. Desuden blev fordøjeligheden af fedt, fedtsyrer og dimere fedtsyrer bestemt på grundlag af poolerede fæcesprøver (samme procentdel af total fæcesmængde for hver rotte). Det blev også forsøgt at bestemme fordøjeligheden af den petroleumsæter-uopløselige fraktion.

Statistisk behandling

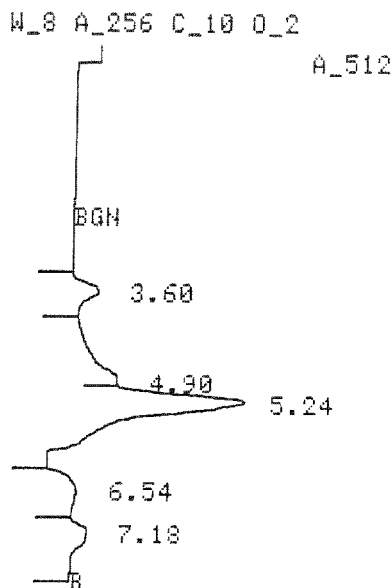
Alle data blev behandlet i SAS-systemet (PC-version). Efter at have testet for signifikans blev anvendt "Duncan-test" til sammenligning af hold og "general linear models" til regressionsanalyser.

For alle tabeller gælder, at værdier med samme bogstavering ikke udviser statistisk signifikante forskelle. N.S., *, ** og *** angiver, at modellen henholdsvis ikke er signifikant, signifikant på 5%-niveauet, 1%-niveauet eller på 0,1%-niveauet.

Resultater og diskussion

Forsøg 1

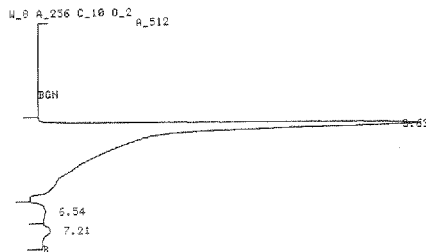
Det blev ved fremstilling af den petroleumsæter-uopløselige fraktion bemærket, at denne var langt mørkere i farven (sort) end den petroleumsæter-opløselige del (lysebrun farve). Chromatogram



Figur 2.

GPC-chromatogram af den i forsøg 1 anvendte foderfedt i hydrolyseret tilstand. Toppene ved 5,24, 4,90 og 3,60 min. repræsenterer henholdsvis monomere og dimere fedtsyrer samt højere polymerer.

GPC-chromatogram of the feeding fat used in experiment 1 in a hydrolysed condition. Peaks at 5.24, 4.90 and 3.60 min. represents monomeric and dimeric fatty acids and higher polymers respectively.



Figur 3.

GPC-chromatogram af den petroleumsæteruopløselige fraktion fra fedtprøven anvendt i forsøg 1 efter hydrolyse. Toppene ved 3,69 min. repræsenterer højere polymere forbindelser.

GPC-chromatogram of the petroleum ether insoluble fraction from the hydrolysed fat sample used in experiment 1. The peak at 3.69 min. represents higher polymeric compounds.

for den ufraktionerede forsæbede fedt ses på fig. 2, og tilsvarende chromatogram for den petroleumsæter-uopløselige fraktion ses på fig. 3. Af chromatogrammerne fremgår, at fraktioneringsproceduren medfører en kraftig opkoncentrering af polymerisationsprodukter i den petroleumsæter-uopløselige fraktion.

Resultaterne fra kvælstofbalanceforsøget er vist i tabel 4 som gennemsnit for hold $\pm$ spredning. Det ses, at kun den biologiske værdi udviser signifikante forskelle mellem hold. Overraskende nok er det de 2 hold, som har fået tildelt den "friske" fedtprøve, der har haft den laveste biologiske værdi af proteinkilden. Denne påvirkning af proteinom-

sætningen skyldes således ikke den petroleumssæter-uopløselige fraktion eller et nævneværdigt indhold af polymerisa-

tionsprodukter. En mulig forklaring kan derimod være reaktioner mellem aminosyrer og ustabile eller flygtige

Tabel 4. Fedttypernes indflydelse på proteinets fordøjelighed og udnyttelse
Influence of the fat samples on digestibility and utilization of the protein

	Hold 1	Hold 2	Hold 3
Fedttype	Foderfedt	»Frisk« fedt	»Frisk« fedt + fraktion
Sand fordøjelighed	94,0 ^a ± 3,6	95,1 ^a ± 3,0	93,0 ^a ± 0,9
Biologisk værdi	98,8 ^a ± 0,4	95,7 ^b ± 1,6	95,7 ^b ± 0,1
Netto proteinudnyttelse	92,9 ^a ± 3,5	91,0 ^a ± 3,9	88,9 ^a ± 0,8

Tabel 5. Vægtudvikling og foderoptagelse
Development in bodyweight and feed intake

Hold	1	2	3
Fedttype	Foderfedt	»Frisk« fedt	»Frisk« fedt + fraktion
Startvægt	65,73g ^a ± 2,63	66,42g ^a ± 3,98	65,92g ^a ± 4,08
Vægt efter 3 døgn	75,17g ^a ± 3,26	76,94g ^a ± 6,57	76,40g ^a ± 2,66
Vægt efter 8 døgn	88,63g ^a ± 3,43	89,35g ^a ± 5,40	86,01g ^a ± 2,29
Vægt efter 13 døgn	112,49g ^a ± 2,55	111,38g ^a ± 5,42	106,25g ^a ± 10,34
Vægt efter 17 døgn	138,33g ^a ± 7,52	138,45g ^a ± 4,79	133,80g ^a ± 7,66
Foderoptagelsen			
4. til 17. døgn	97,77% ^a ± 2,30	99,69% ^a ± 0,36	93,83% ^a ± 9,00
g tilv./g foder ts.			
4. til 17. døgn	0,35 ^a ± 0,02	0,34 ^a ± 0,02	0,33 ^a ± 0,03

Tabel 6. Organvægte i % af total kropsvægt
Weight of organs in percentage of the total body weight

Hold	1	2	3
Fedt	Foderfedt	»Frisk« fedt	»Frisk« fedt + fraktion
Hjerte	0,43% ^a ± 0,03	0,44% ^a ± 0,03	0,44% ^a ± 0,03
Lever	4,1% ^a ± 0,4	3,9% ^a ± 0,2	4,0% ^a ± 0,2
Nyrer	0,76% ^a ± 0,05	0,78% ^a ± 0,06	0,76% ^a ± 0,08

fedtnedbrydningsprodukter, som er opstået i begyndelsen af oxidationsforløbet. Der kunne f.eks. være tale om carbonylforbindelser.

Tabel 5 viser vægtudviklingen for de 3 hold samt foderoptagelsen i procent af tildelt foder. Der ses ingen signifikante forskelle. Endvidere er vist tilvækst i gram pr. gram fodertørstof. Heller ikke her er der signifikante forskelle. Der ses

dog såvel for proteinets sande fordøjelighed som for vægtudvikling, foderoptagelse og tilvækster i gram pr. gram fodertørstof en tendens til lavere værdier for hold 3. Disse forhold kan muligvis føres tilbage til en påvirkning fra selve fedtfraktioneringsprocessen.

Organvægte i procent af kropsvægt fremgår af tabel 6. Her fandtes ingen signifikante forskelle.

Tabel 7. Fordøjelighed af energi (tilsyneladende)
Digestibility of energy (apparent)

Hold	1	2	3
Feddtype	Foderfedt	»Frisk« fedt	»Frisk« fedt + fraktion
Energi fordøjelighed	85,8% ^a ± 1,1	88,0% ^b ± 0,9	85,8% ^a ± 0,9

($p < 0,01$).

Tabel 8. Beskrivelse af histopatologiske forandringer
Description of histopathological changes

<i>Hold 1</i>	
Rotte nr.	
1	<i>Lever:</i> enkelte mikrogranulomer spredt i parenkymet <i>Tyndtarm med pancreas:</i> udtalt ødem i kylusampullen, moderat infiltration med mononukleære celler i lamina propia samt let sammenvoksning af villi <i>Skjoldbruskekirtel:</i> enkelte follikler med højt cylinderepitel og sparsom follikellumen
3	<i>Tyndtarm med pancreas:</i> enkelte sammenvoksede villi
5	<i>Lever:</i> moderat periportal infiltration med lymfocytter <i>Skjoldbruskekirtel:</i> enkelte follikler har højt cylinderepitel med let vakuolisering

Hold 2

- 1 *Lever*: let periportal ansamling af lymfocytter og plasmaceller
Tyndtarm med pancreas: der ses ændringer af tarmvilli med sammenvoksninger og affladning af villi samt moderat infiltration med mononukleære celler i lamina propria. Pancreas er uden forandringer
- 2 *Tyndtarm med pancreas*: enkelte sammenvoksede villi men ingen affladning af villi
Skjoldbruskkirtel: flere follikler med højt cylinderepitel med delvis vakuolisering og sparsomt indhold i follikellumen
- 3 *Skjoldbruskkirtel*: enkelte follikler med højt cylinderepitel med let vakuolisering
- 4 *Lever*: enkelte mikrogranulomer spredt i parankymet
- 5 *Lever*: let periportal infiltration med lymfocytter
Nyrer: fokal cystedannelse i cortex
Tyndtarm med pancreas: udtalt dilation af kylusampullen i villi

Hold 3

- 1 *Tyndtarm med pancreas*: let dilatation af kylusampullen
Skjoldbruskkirtel: en del af folliklerne er beklædt med højt cylinderepitel og der ses kun sparsom follikellumen
- 2 *Lever*: enkelt mikrogranulom og minimal periportal infiltration med mononukleære celler
Tyndtarm med pancreas: moderat dilatation af kylusampullen samt let infiltration med mononukleære celler i lamina propria
- 3 *Tyndtarm med pancreas*: enkelte sammenvoksede villi
- 4 *Lever*: kraftig proliferation af Kupffercellerne i sinusoiderne
Hjerte: lille focus med akut muskeldegeneration i septum
Tyndtarm med pancreas: sammenvoksning af enkelte villi og moderat infiltration med mononukleære celler i lamina propria
- 5 *Lever*: let proliferation af Kupffercellerne i sinusoiderne. Endvidere ses let periportal infiltration med mononukleære celler
Tyndtarm med pancreas: sammenvoksning af enkelte villi

Tabel 9. Oversigt over antal rotter med histopatologiske forandringer
View of rats with histopatological changes

Forandringer	Foderfedt	»Frisk« fedt	»Frisk« fedt + fraktion
Tarmforandringer	2	3	5
Leverforandringer	2	3	3
Hjerteforandringer	0	0	1
Skjoldbruskkirtelforandringer	2	2	1
Nyreforandringer	0	1	0

I tabel 7 ses energiens fordøjelighed. Hold 2 havde en signifikant ($p < 0,01$) højere fordøjelighed af energien end de to andre hold, hvor den oxiderede fedtfraktion udgjorde 2% af foderfedtet. Den petroleumssæter-uopløselige fraktion har således haft en negativ indflydelse på energiens fordøjelighed.

Ved obduktionen af de 15 rotter kunne makroskopisk erkendelige forandringer

Tabel 10. Oversigt over analysedata og andre karakteristika for de i forsøg 2 anvendte fedtprøver

Hold	Fedtsyrer %	Dimere % fedtsyrer	Petræter uopløsl.ox. % fedtsyrer	Peroxid. (meq.perox. /kg fedt)	Smuds %	Vand %	Jodtal (g jod/100 g fedt)	Fedtype	Farve	I hand- len som foderf.
1	93,0	0,00	0,04	0,9	0,5	0,82	56,95	Animalsk fedt	Lyst gul, grøn	+
2	87,5	0,47	0,37	1,7	0,0	0,29	59,95	Bl. fedt	Brunt	+
3	85,8	1,33	0,50	0,4	0,0	0,08	75,60	Frit. fedt	Gult	?
4	83,3	1,48	1,39	1,2	0,0	0,31	59,50	Bl. fedt	Mørk.brun	+
5	61,3	4,97	8,06	6,3	0,0	0,23	68,40	Destl. rest	Sort	?
6	57,0	3,67	3,59	2,4	3,9	0,14	32,15	Bl. fedt	Sort	+
7	52,8	4,42	1,12	1,3	0,0	0,49	31,65	Destl. rest	Sort	?

ikke påvises. I tabel 8 er gengivet de observationer, som blev gjort ved den histopatologiske undersøgelse. Tabel 9 er en skematisk oversigt over de fundne forandringer. Der ses ikke væsentlige forskelle mellem holdene, dog er der en tendens til øget hyppighed af tarmforandringer for hold 3, som fik tildelt den

ekstraherede oxiderede fedtfraktionen. Dette kan enten være tilfældigt eller skyldes indflydelse fra fraktioneringsprocessen.

Forsøg 2

I tabel 10 ses en oversigt over analyse-data og andre karakteristika for de fedt-

Tabel 11. Fedtsyresammensætning og beregnet jodtal for de anvendte fedtprøver
Fatty acid composition and calculated iodine value of the used fat samples

Hold	1	2	3	4	5	6	7
C-8	—	0,3	—	1,2	—	—	—
C-10	—	0,3	—	0,8	—	—	—
C-12	0,2	1,5	0,3	6,1	0,2	0,0	0,1
C-14	2,2	2,1	1,9	3,0	1,2	0,6	1,0
C-14:1	0,4	0,1	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0
C-15	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2
C-16	25,1	40,9	25,2	35,0	19,6	10,0	14,1
C-16:1	3,5	1,3	2,4	1,1	2,1	0,5	0,4
C-17	0,8	0,4	0,4	0,4	0,8	0,6	0,9
C-17:1	0,6	0,2	0,2	0,1	0,4	0,1	0,1
C-18	16,4	8,9	7,6	7,6	19,3	58,7	51,0
C-18:1	41,2	31,7	41,7	32,1	42,0	14,5	7,4
C-18:2	7,0	8,1	15,1	9,2	8,0	2,9	0,9
C-18:3	0,8	0,5	1,8	0,3	0,6	6,5	0,0
C-20	0,2	0,7	0,6	0,6	0,9	—	6,5
C-20:1	0,9	0,6	1,2	0,4	1,6	—	—
C-22	—	—	—	—	0,5	3,3	14,5
C-22:1	—	0,5	0,4	0,4	1,8	—	—
C-20:4	0,3	—	0,8	—	—	—	—
C-20:5	—	0,9	—	0,7	—	0,6	—
C-24	—	—	0,2	—	0,7	1,6	3,1
C-22:5ω6	—	0,3	—	0,5	—	—	—
C-22:5ω3	0,1	0,1	—	0,1	—	—	—
C-22:6ω3	0,1	0,6	—	0,5	—	—	—
Beregnet jodtal	54,84	48,19	65,62	46,39	36,30	22,32	4,63

Tabel 12. Makroskopisk erkendelige forandringer fundet i forsøg 2 – angivet som antal dyr med given forandring/totalt antal dyr på holdet
Macroscopically cognizable changes in experiment 2, given as number of animals with changes/total number of animals in the group

Hold	Irriteret tarmslimhinde	Blødning fra tarmslimhinde	Leverpletter
1	0/5	0/5	0/5
2	0/5	0/5	0/5
3	0/5	0/5	0/5
4	1/5	0/5	0/5
5	5/5	1/5	0/5
6	5/5	0/5	1/5
8 (kontrol)	0/5	0/5	0/5

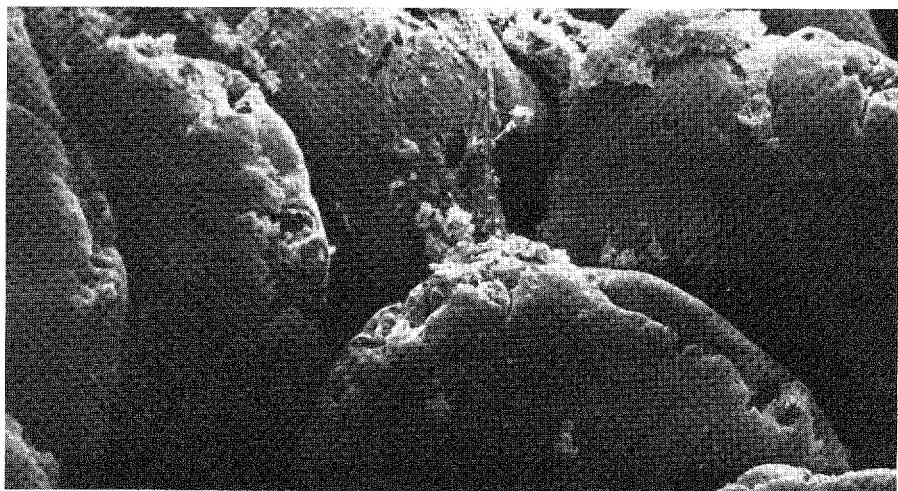
prøver, som blev tildelt de enkelte hold rotter. Alle analysedata er angivet som gennemsnit af dobbeltbestemmelser. I tabel 11 er fedtprøverne yderligere karakteriserede ved deres fedtsyresammensætning, og de ud fra fedtsyrebemmelserne beregnede jodtal. Det ses, at de beregnede jodtal er lavere end de direkte analytisk bestemte tal. Desuden ses forskellen mellem de 2 tal at stige med faldende fedtsyreprocent. Grunden hertil må være bidrag til jodtallet fra umættede forbindelser i andre fedtkomponenter end intakte fedtsyrer. Her er der sandsynligvis tale om oxidationsprodukter fra umættede fedtsyrer.

Rotterne på hold 7 måtte aflives inden forsøgets afslutning, idet de i gennemsnit havde tabt sig 16,3 g i løbet af 6 døgn og kun havde indtaget 7,3% af den tildelte fodration. Ved obduktion af dyrene fandtes 3 af de 5 rotter at have kraftige blødninger i tyndtarmen. På

baggrund af disse erfaringer, blev det besluttet også at obducere rotterne fra de øvrige hold umiddelbart efter aflivningen. Ved denne obduktion fandtes de i tabel 12 angivne makroskopisk erkendelige forandringer.

Der blev endvidere udtaget et stykke af jejunum umiddelbart efter duodenum fra alle rotter på hold 6, og 2 rotter fra hvert af holdene 1 og 8, disse tarmstykker blev undersøgt ved elektronmikroskopi. Der fandtes, at være en svagt øget tendens til afstødning af epitelceller fra spidserne af villi hos de 5 rotter fra hold 6 i forhold til de 4 andre rotter. Elektronmikroskopiske fotos ses på figurerne 4 til 7.

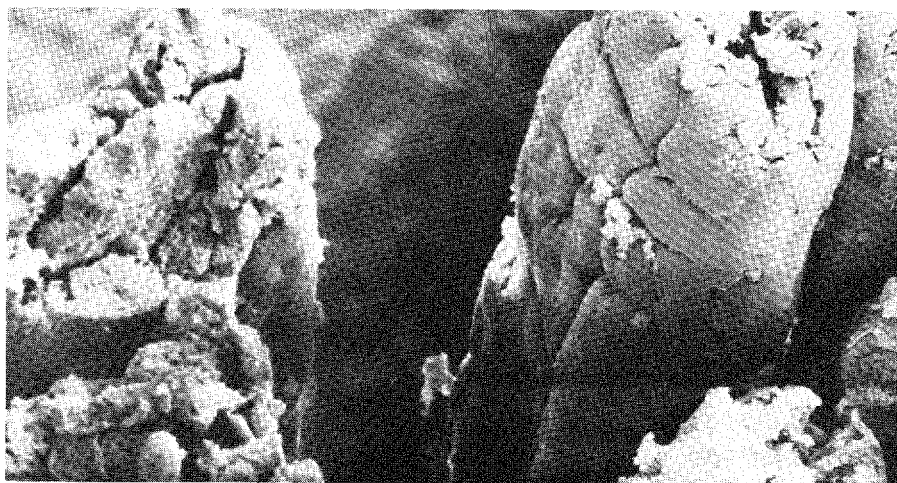
I tabel 13 ses resultaterne af de individuelt bestemte parametre fra rotteforsøgene, angivet med gennemsnit og spredning. På trods af, at fodringen var tilrettelagt, så den skulle være restrikt-



Figur 4.

Elektronmikroskopisk foto af tyndtarmsvilli fra rotte på hold 6.

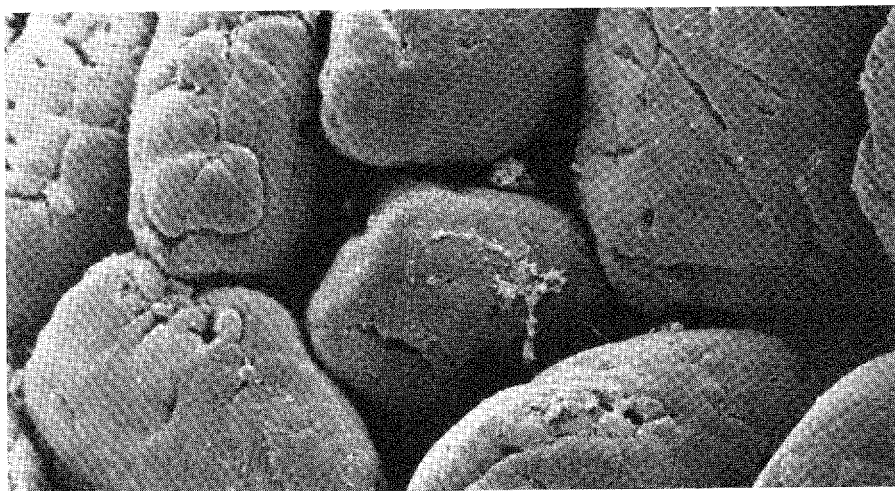
Scanning electron micrograph showing villi of the small intestine from a rat in group 6.



Figur 5.

Elektronmikroskopisk foto af tyndtarmsvilli fra rotte på hold 6.

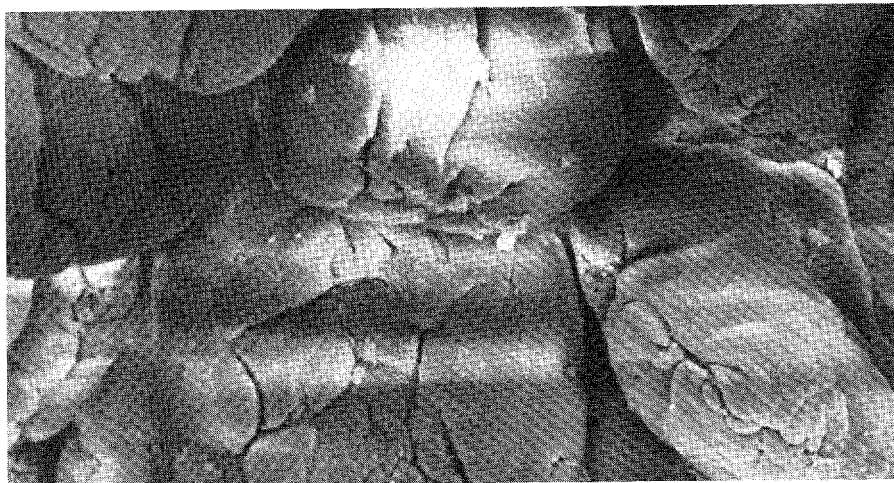
Scanning electron micrograph showing villi of the small intestine from a rat in group 6.



Figur 6.

Elektronmikroskopisk foto af tyndtarmsvilli fra rotte på hold 8 (kontrol).

Scanning electron micrograph showing villi of the small intestine from a rat in group 8 (control).



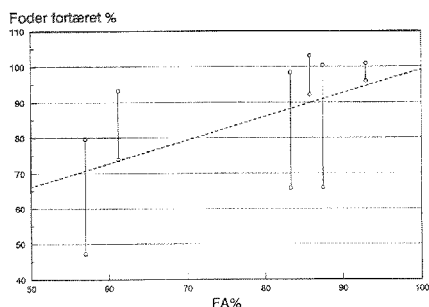
Figur 7.

Elektronmikroskopisk foto af tyndtarmsvilli fra rotte på hold 1.

Scanning electron micrograph showing villi of the small intestine from a rat in group 1.

Tabel 13. Foderoptagelse, proteinets fordøjelighed og -udnyttelse, energiens fordøjelighed samt tilvækst
Feed intake, protein digestibility and -utilization, energy digestibility and weight gain

Hold	1	2	3	4	5	6	8
% foder fortæret i balance- perioden	98,4 ^{ab} ± 2,5	83,1 ^{ab} ± 17,2	97,6 ^{ab} ± 5,5	82,0 ^b ± 16,2	83,5 ^{ab} ± 9,7	63,4 ^c ± 16,2	99,6 ^a ± 0,2
Sand fordøjelig- hed af protein %	100,1 ^a ± 2,0	100,7 ^a ± 0,7	99,8 ^{ab} ± 1,0	98,9 ^{ab} ± 1,9	97,6 ^{bc} ± 1,7	97,5 ^c ± 1,5	100,0 ^a ± 1,1
Biologisk værdi af protein %	93,2 ^a ± 3,9	92,5 ^a ± 2,2	91,4 ^a ± 2,0	89,4 ^a ± 3,4	90,5 ^a ± 1,5	84,1 ^b ± 3,6	90,7 ^a ± 1,3
Netto protein udnyttelse %	93,2 ^a ± 5,8	93,1 ^a ± 2,8	91,2 ^a ± 2,7	88,3 ^{ab} ± 2,9	88,3 ^{ab} ± 1,6	84,0 ^b ± 3,7	92,9 ^a ± 1,3
Energi fordøjelighed %	90,4 ^{ab} ± 1,8	90,0 ^{ab} ± 1,0	91,1 ^{ab} ± 1,0	87,4 ^b ± 2,3	82,5 ^c ± 1,6	74,5 ^d ± 8,9	93,0 ^a ± 0,9
Tilvækst i 8 døgn (g)	27,4 ^a ± 2,2	22,4 ^b ± 5,6	22,1 ^c ± 2,8	16,9 ^c ± 5,2	15,3 ^c ± 2,9	8,2 ^d ± 3,1	22,4 ^b ± 2,1



Figur 8.

Procent foder fortæret i relation til fedt-kildens fedtsyreprocent (FA%). Den fortærede del af foderrationen er angivet som gennemsnit for hold $\pm$ spredning.

Per cent diet consumed in relation to the percentage of fatty acids (FA%) in the fat supplement. Feed intake is given as mean for groups $\pm$ standard deviation.

tiv, forekom der under forsøget en del foderrester. Den procentdel af foderet, som blev fortæret i balanceperioden er derfor angivet, og der ses, at have været nedsat ædelyst for hold 6, ligesom hold 7, som tidligere nævnt, udviste en ekstrem ringe ædelyst. I fig. 8 er vist foderoptagelsen (gennemsnit $\pm$ spredning),

som funktion af fedtsyreprocenten i den tildelte fedtprøve. Der tegner sig en vis sammenhæng, men denne er ikke behandlet yderligere, da forsøget ikke var tilrettelagt med henblik på at undersøge en eventuel sammenhæng af denne art.

Alle de målte parametre var signifikant påvirkede af fedttype. Nettoproteinudnyttelsen ses at være påvirket i nogen udstrækning af det anvendte fedtparti. Proteinets sande fordøjelighed er jævnt faldende med det faldende fedtsyreindhold i fedtprøven, hvorimod kun hold 6 ses at skille sig ud med en signifikant dårligere biologisk værdi end de øvrige hold, som ikke adskiller sig væsentligt fra hinanden.

For såvel tilvækst som energiens fordøjelighed ses en markant indflydelse af det anvendte fedtparti.

I tabel 14 er vist resultater for fedtfordøjelighed bestemt på, inden for hold, poolede fæcesprøver. Såvel fordøjeligheden af hele fedtprøven, som fedtsyrernes fordøjelighed falder nogenlunde jævnt med faldende fedtsyreprocent. Dog synes jodtallet også at have en vis

Tabel 14. Fordøjelighed (FK) af fedt og fedtsyrer
Digestibility (FK) of fat and fatty acids

Hold	1	2	3	4	5	6
FK fedt	80,9%	77,4%	83,1%	68,8%	50,2%	28,2%
FK fedtsyrer	86,1%	84,7%	89,8%	79,5%	74,1%	49,1%
FK dimere fedtsyrer	—	29,6%	37,1%	22,6%	34,8%	14,5%

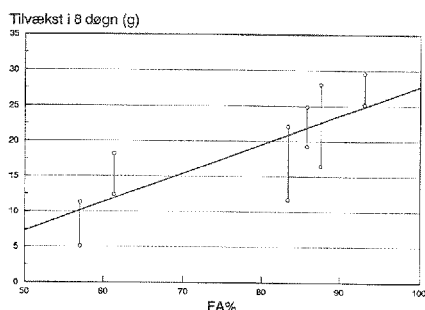
Tabel 15. Multiple korrelationskoefficienter (R^2) mellem kvalitetsparametre i for-
derfedt og resultater opnået i forsøg 2 med rotter. (FK. = fordøjelig-
hedskoefficient)

*Multiple correlation coefficients (R^2) between quality parameters of fat
and results obtained in experiment 2 with rats. (FK = digestibility coef-
ficient)*

R^2	Fedtsyrer	Dimere fedtsyrer	Petroleumsæter uopløselige oxi- derede fedtsyrer	Peroxidtal	Jodtal
Fk fedt	0,91**	0,67*	0,47 ^{N.S.}	0,32 ^{N.S.}	0,50 ^{N.S.}
FK fedtsyrer	0,74*	0,44 ^{N.S.}	0,25 ^{N.S.}	0,14 ^{N.S.}	0,71*
FK dimere fedtsyrer	0,17 ^{N.S.}	0,01 ^{N.S.}	0,00 ^{N.S.}	0,03 ^{N.S.}	0,89*
Netto protein udnyttelse	0,39***	0,29**	0,16*	0,07 ^{N.S.}	0,31**
Tilvækst i 8 døgn	0,63***	0,49***	0,29**	0,17*	0,26**
Fk energi	0,44***	0,27**	0,15*	0,08 ^{N.S.}	0,38***

indflydelse, hvilket ses af de forholdsvis høje fordøjeligheder for hold 3 og de lave fordøjeligheder for hold 6. Fordøjeligheden af dimere fedtsyrer er generelt meget lavere end af intakte fedtsyrer, men synes snarere at følge jodtallet end at følge fedtsyreprocenten eller andre af de fundne analysedata.

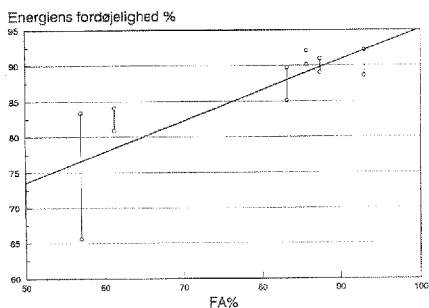
I tabel 15 ses en oversigt over korrelationerne (R^2) mellem fedtprøvernes analytiske data og resultater fundet ved rotteforsøget. Det ses, at bestemmelsen af procentdelen af intakte fedtsyrer i prøven har den bedste korrelation til alle de kvantitative data fra rotteforsøget bortset fra fordøjeligheden af de dimere fedtsyrer. Dog er der betydelige forskelle mellem de fundne multiple korrelationskoefficienter. Figureerne 9-15 vi-



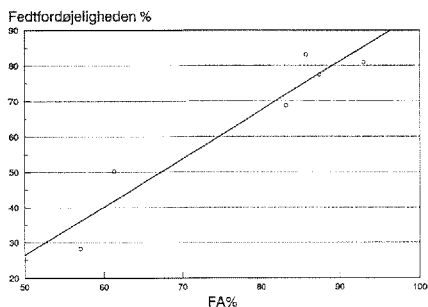
Figur 9.

Sammenhængen mellem tilvækst og fedtkildens fedtsyreprocent (FA%). Tilvæksten er angivet som gennemsnit for hold $\pm$ spredning.

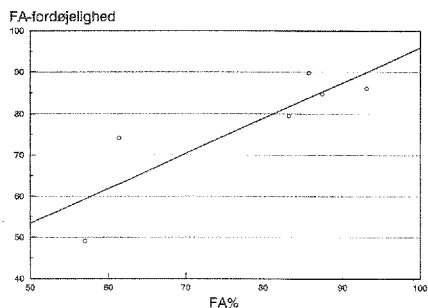
The relation between the bodyweight gain and the percentage of fatty acids (FA%) in the fat supplement. Increase of bodyweight is given as mean for groups $\pm$ standard deviation.



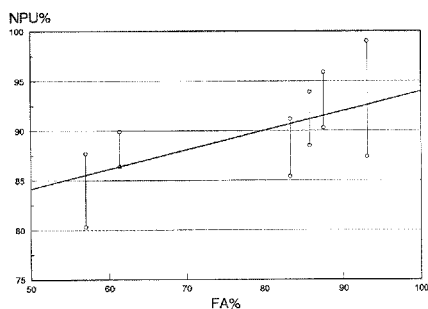
Figur 10.
Sammenhængen mellem energis fordøjelighed og fedtkildens fedtsyreprocent (FA%). Energis fordøjelighed er angivet som gennemsnit for hold $\pm$ spredning.
The relation between the digestibility of energy and the percentage of fatty acids (FA%) in the fat supplement. Digestibility of energy is given as mean for groups $\pm$ standard deviation.



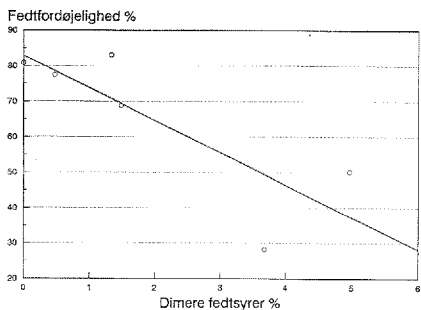
Figur 11.
Sammenhængen mellem fedtfordøjelighed og fedtkildens fedtsyreprocent (FA%).
The relation between the fat digestibility and percentage of fatty acids (FA%) in the fat supplement.



Figur 12.
Sammenhængen mellem fedtsyrefordøjelighed og fedtkildens fedtsyreprocent (FA%).
The relation between fatty acid digestibility and the percentage of fatty acids (FA%) in the fat supplement.



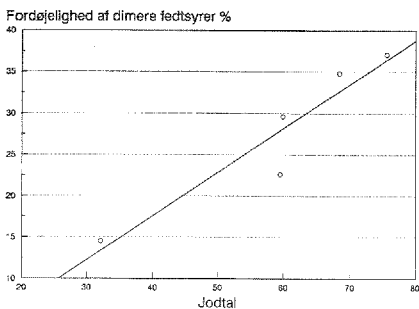
Figur 13.
Sammenhængen mellem netto proteinudnyttelsen (NPU%) og fedtkildens fedtsyreprocent (FA%).
The relation between the net protein utilization (NPU%) and the percentage of fatty acids (FA%) in the fat supplement.



Figur 14.

Sammenhængen mellem fedtfordøjelighed og fedtkildens indhold af dimere fedtsyrer.

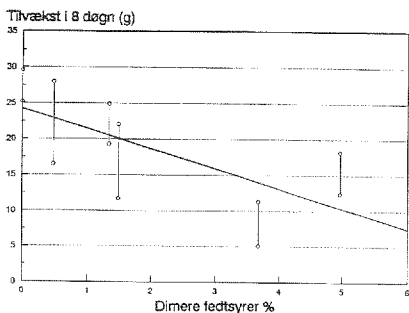
The relation between the fat digestibility and the percentage of fatty acid dimers in the fat supplement.



Figur 16.

Sammenhængen mellem fordøjelighed af dimere fedtsyrer og fedtkildens jodtal.

The relation between the digestibility of fatty acid dimers and the iodine value.



Figur 15.

Sammenhængen mellem tilvækst og fedtkildens indhold af dimere fedtsyrer.

The relation between the increase in bodyweight over 8 days and the percentage of fatty acid dimers in the fat supplement.

ser grafiske afbildninger af de bedst korrelerede parametre.

Det er tydeligt, at først og fremmest fordøjeligheden af fedtprøvernes energi har sammenhæng med fedtsyreprocenten. En lignende sammenhæng er også fundet bl.a. i forsøg med slagtesvin (Mortensen, 1986). Energiens fordøjelighed er også stærkt korreleret til jodtallet ($p < 0,01$), hvilket bl.a. skyldes, at jodtallet afspejler fedtets fedtsyreindhold og -sammensætning. Det procentiske indhold af dimere fedtsyrer synes også at kunne afsløre fedtpartier med en ringere energiværdi, men sammenhængen er ikke så sikker, som tilfældet er for fedtsyreprocenten.

Fordøjeligheden af dimere fedtsyrer har kunnet korreleres til jodtallet, men ikke

Tabel 16. Multiple korrelations koef-
ficienter (R^2) mellem nogle
kvalitetsparametre for fedt-
partierne anvendt i forsøg 2
*Multiple correlation coeffi-
cients (R^2) between some qua-
lity parameters from the fat
samples used in experiment 2*

0,52 ^{N.S.}	Fedtsyrer %	> 0,90**
	Dimere fedtsyrer %	> 0,91**
	Oxiderede fedtsyrer %	> 0,93**
	Peroxidtal	

til andre af de anvendte kvalitetsanalyser (se fig. 16). Nettoproteinudnyttelsen korrelerer til fedtsyreprocenten, men betragtes den biologiske værdi separat (se tabel 13) ses, at det pludselige dyk for hold 6 ikke kan forklares med et tilsvarende dyk i fedtsyreprocenten.

Sammenholdes dette med resultaterne fra forsøg 1, må man sige, at fedtkildens påvirkning af proteinets biologiske værdi ikke alene kan forklares ud fra fedtsyreprocenten eller andre af de her bestemte kvalitetsparametre. Det bør også bemærkes, at den pludselige voldsomme hæmning af ædelyst og tilvækst for hold 7's vedkommende heller ikke kan forklares ud fra den sammenhæng, der ses, med fedtsyreprocenten for de øvrige hold. Peroxidtallet har i dette forsøg været den dårligste kvalitetsparameter, men dette skal ses i lyset af, at ingen af

de anvendte fedtprøver havde peroxidtal over 7, så værdierne må i alle tilfælde betragtes som lave. Et lavt peroxidtal frikender således ikke en fedtprøve for at være af dårlig kvalitet. Derimod har andre undersøgelser vist negative effekter af fodringsmæssig anvendelse af oxideret fedt med højt peroxidtal (Spendel, 1988).

I tabel 16 ses en oversigt over korrelationskoefficienterne mellem de decidede kvalitetsanalyser. P.g.a. de stærke korrelationer mellem de forskellige kvalitetsparametre er det ikke muligt i dette forsøg, at forklare de negative effekter af de oxiderede fedtprøver bedre ud fra en kombination af 2 eller flere analyser end ud fra fedtsyrebestemmelsen alene.

Det kan selvfølgelig ikke ud fra det begrænsede materiale konstateres, om sådanne sammenhænge er generelle. Peroxidtallets korrelation til de øvrige kvalitetsanalyser kan dog ikke være generel, da peroxidtallet for det første når sit maximum ret tidligt i oxidationsforløbet og for det andet falder markant ved opvarmning af fedtprøven, hvorimod såvel polymerisations- som oxidationsprocesserne under sådanne forhold vil tiltage, og fedtsyreprocenten dermed også falde. For at underbygge ovenstående betragtninger analyseredes i laboratoriet en fedtprøve med et peroxidtal på ca. 200 for fedtsyreindhold, som viste sig at være 88,7%. Denne prøve fulgte således langt fra mønsteret for de til rotteforsøget anvendte foderfedtprøver.

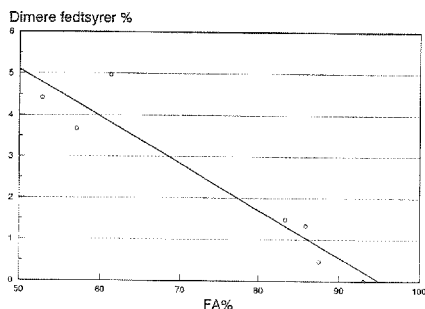
Med hensyn til den tætte sammenhæng mellem fedtsyreprocent, dimere fedtsyrer og oxiderede fedtsyrer er der muligvis tale om et generelt fænomen. Sammenhængen mellem fedtsyreprocent og dimere fedtsyrer er afbildet grafisk på fig. 17.

Jodtallet korrelerede derimod ikke med deciderede kvalitetsparametre, f.eks. var den multiple korrelationskoefficient mellem peroxidtallet og jodtallet, $R^2=0,001$ (N.S.)

Derfor var regressionsanalyser, hvori såvel fedtsyreprocent som jodtal indgik som uafhængige variable mere relevante, og de herved fundne korrelationskoefficienter ses i tabel 17.

Det ses, at kombination af de 2 sæt analysedata beskriver fedtprøvens energiværdi bedre end hver af analyserne gør enkeltvis. Men selvom såvel en høj procentdel af fedtsyrer som et højt jodtal har positiv indflydelse på den ener-

giværdi, fedtet vil have for dyrene, må det ikke glemmes, at det i en praktisk svineproduktion ikke er ønskeligt at jodtalsproduktet overstiger ca. 52 pr. FEs for den totale foderblanding (Mor-



Figur 17.

Sammenhængen mellem indhold af dimere fedtsyrer og fetsyreprocenten (FA%) i de til forsøg 2 anvendte fedtprøver.

The relation between the content of fatty acid dimers and the percentage of fatty acids (FA%) in the fat samples used in experiment 2.

Tabel 17. Multiple korrelationskoefficienter (R^2) mellem fedtsyreprocenten kombineret med jodtal og resultater fra forsøg 2 med rotter. (FK. = fordøjelighedskoefficient)

Multiple correlation coefficients (R^2) between percentage fatty acids combined with iodine value and results from experiment 2 with rats. (FK = digestibility coefficient)

R^2	Netto-protein udnyttelsen	Tilvækst i 8 døgn	Fk energi	Fk fedt	Fk fetsyre	Fk dimere fetsyrer
Fedtsyre % og jodtal	0,45***	0,66***	0,56***	1,00***	0,99***	0,92 ^{N.S.}

tensen, 1983). Dette skyldes hensynet til slagte kvaliteten. (Mortensen, 1983 og 1986).

Som nævnt blev det forsøgt at bestemme fordøjeligheden af fraktionen med petroleumsæter-uopløselige oxiderede fedtsyrer, men dette viste sig i praksis umuligt p.g.a. analysemetodens manglende specificitet. Der fandtes således i

fæces over 100% af foderets indhold af fraktionen. Ligeledes fandtes der en mindre mængde i hold 8's fæces, på trods af at dette hold slet ikke var blevet tildelt fedt. Det tyder på, at visse sekreter til fordøjelseskanaalen medbestemmes ved analyse af fæces fedtet. Der kunne f.eks. være tale om stoffer fra galden.

Konklusion

Fedtsyreprocenten har vist sig at være den af de her undersøgte kvalitetsanalyser, som bedst har kunnet beskrive fedts fodringsmæssige værdi. Det har dog primært været energiværdien, belyst ved fordøjeligheden af energi, fedt og fedtsyrer, som har kunnet korreleres til fedtsyreprocenten. Resultaterne fra forsøg 1 tyder imidlertid på, at fedt indeholdende polymerisationsprodukter hæmmer den samlede energiudnyttelse af foderet, ud over det der kan tilskrives en lav fordøjelighed af polymererne.

Negative påvirkninger, som nedsat pro-

teinudnyttelse, hæmning af ædelyst og tilvækst samt irritation af tarmslimhinder, synes kun i nogen grad at kunne forklares ud fra fedtsyreprocenten. Påvirkningerne optrådte ikke i fedtpartier med en høj fedtsyreprocent (>86), hvor eventuelle omdannelser kun har haft et mindre omfang. Ved partier med lavere fedtsyreprocent forekom påvirkningerne uden direkte sammenhæng med fedtsyreprocenten. Grunden hertil må søges i den mangfoldighed af nedbrydningsprodukter, som kan være dannet i disse fedtpartier.

Litteratur

- AOAC 1984. Official Methods of Analysis, Association of Official Agricultural Chemists, Inc. USA. p. 507.
- Arens, M. et al. 1977. Bestimmung des Gehaltes an petroläther-unlöslichen oxidierten Fettsäuren zur beurteilung von Brat- und Seidefetten. Fette Seifen Anstrichmittel. 79, nr. 8: 310-314.
- Christopoulou, C.N. 1986. Chemical and Chromatographic Studies on Dimeric Fatty Acids. Ph.D. Thesis, University of Illinois, Urbana, Il. 202 pp.
- Eggum, B.O. 1973. A study of certain factors influencing protein utilization in rats and pigs. 406. Beretning fra Forsøgslaboratoriet. Statens Husdyrbrugsforsøg.
- Hartfiel, W. und Sagredos, A. 1989. Prüfung verschiedener Rückstände aus der industriellen Fettsäuregewinnung an Broilern. Fat Sci. Technol. 91, nr. 4 p. 154-158.
- Lehninger, A.L. 1984. Principles of Biochemistry p. 757 Worth Publishers, Inc. New York.
- Mortensen, H.P., Madsen, A., Bejerholm, C. og Barton, P. 1983. Fedt og fedtsyrer til slagtesvin. 540. Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg, København, 48 pp.
- Mortensen, H.P. og Bejerholm, C. 1986. Kvalitetskriterier for fedt til slagtesvin. 611. Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg, København, 45 pp.
- Sagredos, A.N. und Hartfiel, W. 1990. Fettsäuren-Destillationsrückstände als Futterfette für Broiler und ihr einfluß auf den Status an Vitamin, Mineralstoffen, Spurenelementen und Fettsäuren. Fat Sci. Technol. 92, p. 521-528.
- Spendel, P. 1988. Untersuchungen zur endogenen Lipidperoxidation beim Ferkel: Einfluss der art der Fettzugabe und der Vitamin-E-supplementierung auf die Peroxidations rate in vivo und in vitro. Göttingen. 208 pp.
- Wheeler, D.H. 1932. Methode zur Bestimmung der Peroxidzahl: Pardun, H., Analyse der Nahrungsfette. Verlag Parey, Berlin, Hamburg. p. 226-227.

Godkendelsesprocedure

Indholdet i denne publikation fra Statens Husdyrbrugsforsøg er "gransket" og kommenteret af to forskere ved Statens Husdyrbrugsforsøg.

Statens Husdyrbrugsforsøg har indført den regel, at alle publikationer, der udgives af Statens Husdyrbrugsforsøg, skal være reviewet eller "gransket" af mindst to forskere, der ikke er ansat ved samme afdeling som forfatterne.

Reviewerne er anonyme for forfatterne. Hvis det er muligt, udpeges forskere udenfor Statens Husdyrbrugsforsøg som reviewere, helst mindst én med særlig faglig ekspertise i emnet og én med særlig statistisk indsigt.

Afdelingens forstander er ansvarlig for udpegningen, og har ansvaret for udgivelsen, hvis forfattere og reviewere ikke kan blive enige.