W. A. G. Veen

C.L.O.-Instituut voor de Veevoeding, 'de Schothorst', Hoogland

Voedingschemische en fysiologische aspecten van dierlijke en plantaardige vetten in kunstmelk voor mestkalveren

With summary
Chemical, nutritional and physiological aspects
of animal and vegetable fats in milk replacers for veal calves

Centrum voor landbouwpublikaties en landbouwdocumentatie

Wageningen - 1973

2062305

ISBN 90 220 0438 4

De auteur promoveerde op 17 april 1973 aan de Rijksuniversiteit te Utrecht op een gelijkluidend proefschrift tot doctor in de wiskunde en natuurwetenschappen.

© Centrum voor Landbouwpublikaties en Landbouwdocumentatie, Wageningen, 1973.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotocopie, microfilm of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgevers.
No part of this book may be reproduced or published in any form, by print, photoprint, microfilm or any other means without written permission from the publishers.

Abstract

Veen, W. A. G. (1973) Voedingschemische en fysiologische aspecten van dierlijke en plantaardige vetten in kunstmelk voor mestkalveren (Chemical, nutritional and physiological aspects of animal and vegetable fats in milk replacers for veal calves). Versl. landbouwk. Onderz. (Agric. Res. Rep.) 792, ISBN 90 220 0438 4, (iv) + 50 p., 8 tables, 3 figs, 97 refs, Eng. and Dutch summaries.
Also: Doctoral thesis, Utrecht.

Palm-kernel oil, beef tallow, lard, partially hydrogenated fish oil and mixtures of these fats were, *together with 1 – 2 % soya lecithin, at a level of 18 – 19 % incorporated in spray-dried* milk replacers for veal calves. The digestibilities of these fats were more than 94 %. Metabolic faecal fat excretion by calves and the faecal fatty acid pattern was determined. Several fatty tissues were analysed for their fat contents and their fatty acid patterns. A conclusion was drawn about the development of these tissues during growth. With regard to the fat metabolism, veal calves are monogastric animals. Medium-chain fatty acids are deposited in minute quantities in fatty tissues, but seem to have a protein-saving effect. Animal fats are most suitable as dietary fats for calves that are depositing fat. Total lipid contents and fatty acid patterns of musc. longissimus dorsi and some other muscles were determined. Total skin surface lipids and fatty acid patterns were also determined.

Inhoud

Voorwoord 1

1 Inleiding 2
2 De verteerbaarheid van vetten en vetzuren 6
3 Het vetzuurpatroon van de feces en de uitscheiding van metabolisch fecaal vet 11
4 Lipidengehalte en vetzuren in vetweefsels 15
5 Lipidengehalte en vetzuren in spierweefsels 27
6 Lipidenuitscheiding via de huid 32
7 Onderzoekresultaten gezien tegen de achtergrond van de praktijk van de kalvermesterij 36

Samenvatting 40
Summary 43
Literatuur 46

Voorwoord

Nadat reeds vanaf 1951 op het C.L.O.-Instituut voor de Veevoeding 'De Schothorst' door Grashuis, De Man en Van Koetsveld enig onderzoek was verricht over de voeding van mestkalveren en betreffende de chemische en fysisch-chemische eigenschappen van vet in zogenaamde kunstmelk, werd in 1963 door Bakker begonnen met een serie voederproeven waarin het thema 'vet' centraal stond. De waarnemingen die hierbij werden gedaan, beperkten zich tot de gewichtstoename van de proefdieren, de voederconversie, de frequentie van het optreden van diarree en de kwaliteit van het karkas na het slachten.

De resultaten van deze proeven waren de aanleiding tot het uitvoeren van een nader onderzoek van de vetstofwisseling van mestkalveren. Daarbij werd aanvankelijk met kleine aantallen mannelijke proefdieren gewerkt, die tijdelijk in zogenaamde stofwisselingskooien werden ondergebracht. Daarna ontvingen groepen kalveren uiteenlopende rantsoenen, terwijl ze nu op gebruikelijke wijze in houten boxen waren gehuisvest. Het doel van deze experimenten was meer kennis te vergaren over de ontwikkeling en chemische samenstelling van spier- en vetweefsel. Tevens werd gebruik gemaakt van gegevens afkomstig van diermateriaal uit voederproeven die op ons instituut met mestkalveren werden uitgevoerd. Het programma van het hier beschreven onderzoek werd dus mede bepaald door de uitkomsten van de voederproeven die op ons instituut waren uitgevoerd.

In deze publikatie worden de resultaten van mijn onderzoek samengevat en besproken. Voor de details betreffende de proefopzet en de analyses wordt de lezer verwezen naar de volgende artikelen.

W. A. G. Veen: Animal and vegetable fats in milk replacers for veal calves, gepubliceerd in Zeitschrift für Tierphysiologie, Tierernährung und Futtermittelkunde.

1. Digestibility coefficients of fat and nitrogen, metabolic faecal fat excretion and nitrogen retention. 26: 264 – 279 (1970a).
2. Fatty acid patterns in food and faeces. 26: 289 – 298 (1970b).
3. A comparison of two methods of extracting faecal fat; digestibility coefficients of fatty acids. 27: 193 – 203 (1971a).
4. Subjective assessment of the carcass and chemical examination of adipose tissues. 28: 199 – 218 (1971b).
5. Fatty acid patterns in various adipose tissues. 30: 1 – 19 (1972).
6. Chemical analysis of muscle tissues. 30: 289 – 304 (1973).
7. Skin surface lipids. 31: 29 – 37 (1973).

1 Inleiding

Mestkalveren zijn kalveren die voor de produktie van blank kalfsvlees op uitsluitend vloeibaar voedsel worden gemest tot een gewicht van ongeveer 150 kg. Over het algemeen gebruikt men hiervoor stierkalveren. De dieren ontvangen gedurende 1 à 3 dagen na de geboorte colostrum, dat in een emmer wordt toegediend. Op een leeftijd van 7 à 10 dagen worden ze aangekocht door de kalvermesters, die de dieren uitsluitend kunstmelk geven.

Deze kunstmelk heeft sedert het begin van de jaren '50 langzamerhand de volle melk vervangen, die niet meer op economisch verantwoorde wijze in de kalvermesterij kon worden gebruikt. De kunstmelk wordt in poedervorm in de handel gebracht. Zij wordt vlak voor het voeren met warm water gemengd en verder op volume gebracht met koud water tot een temperatuur van 35 à 40°C. De voedering geschiedt in het algemeen met emmers, terwijl de dieren individueel worden gehuisvest in boxen met roostervloeren. De concentratie van de kunstmelk wordt geleidelijk verhoogd, terwijl ook de verstrekte hoeveelheid kunstmelk tijdens de mestperiode toeneemt.

De voedering van een kalf met uitsluitend melk heeft belangrijke consequenties voor de processen in het spijsverteringskanaal. Alhoewel een kalf in principe een meer-magen stelsel heeft, is de pens-netmaag bij de geboorte nog slechts zeer gering ontwikkeld. De slokdarmsleuf maakt het mogelijk, dat melk rechtstreeks van de slokdarm in de lebmaag verdwijnt mits niet te grote hoeveelheden worden gegeven. De toegediende hoeveelheid melk per voedering, die gedurende de mestperiode steeds groter wordt, maakt dat de pens steeds meer een reservoir-functie krijgt, doordat de lebmaag niet meer alle melk kan bevatten. De pensflora bestaat daardoor ook vrijwel uitsluitend uit melkzuurbacteriën. Met elke nieuwe voedering komt met de verse melk ook wat in de pens aangezuurde melk mee en dit heeft een gunstige invloed op de pH van de lebmaag (Frens, 1961).

Kalveren die niet voor de produktie van blank vlees worden gehouden, krijgen naast vloeibaar voedsel al spoedig ook ruwvoer en krachtvoer, zodat ze na ca. vijf weken geheel buiten melkvoeding kunnen. Hooi en ander ruwvoer vergroten al spoedig sterk de opname-capaciteit van de pens en versterken de spierlaag. Onder invloed van het vaste voedsel ontwikkelt zich in de pens een gevarieerde microflora, die aanleiding geeft tot de produktie van o.a. vluchtige vetzuren. Van deze hebben boterzuur, propionzuur en azijnzuur in deze volgorde in een afnemende mate een belangrijke invloed op de ontwikkeling van de pensmucosa en de papillen. Zo ontwikkelt zich de pens tot het belangrijkste onderdeel van het voormagenstelsel

van de herkauwers. De vertering die daarin plaatsvindt, komt voor rekening van de micro-organismen. Daaronder zijn organismen die lipasen produceren om triglyceriden af te breken (Garton et al., 1958) en om fosfolipiden te hydrolyseren (Dawson, 1959). Veresterde vetzuren die aan microbiële hydrolyse ontsnappen, worden in de dunne darm afgesplitst onder invloed van darm- en pancreaslipasen. Een tweede belangrijk proces in de pens is de microbiële hydrogenering van onverzadigde vetzuren. Deze werd het eerst aangetoond in de pens van schapen door Reiser (1951), die de omzetting van linoleenzuur in linolzuur waarnam. Linolzuur kan echter verder worden gehydrogeneerd tot oliezuur en zelfs tot stearinezuur (Shorland et al., 1955, 1957). Deze microbiële processen in de pens hebben een belangrijke invloed op de totale vetstofwisseling van herkauwers.

De specifieke voeding van mestkalveren maakt echter, dat deze dieren feitelijk geen herkauwers zijn, maar overeenkomst vertonen met éénmagige dieren. Dit heeft als consequentie, dat het vet uit de voeding voornamelijk in de dunne darm wordt gehydrolyseerd onder invloed van pancreas- en darmlipasen en dat bacteriële hydrogeneringsprocessen beperkt blijven tot die processen, die optreden in caecum en colon, dus voorbij de belangrijkste absorptieplaatsen van het spijsverteringskanaal. Deze processen zijn zowel bij herkauwers (Hartman et al., 1958; Ward et al., 1964) als bij monogastriden, zoals mensen (Wiggins et al., 1969) en varkens (Carlson & Bayley, 1968) aangetoond. Het éénmagige karakter van de spijsvertering van mestkalveren maakt, dat de vetzuursamenstelling van de lipiden in vetweefsel en spierweefsel gemakkelijker kan worden beïnvloed door de vetzuursamenstelling van het rantsoen dan bij herkauwende dieren het geval is.

De basis van de kunstmelk is nog altijd ondermelkpoeder, alhoewel naarstig wordt gezocht naar melkeiwit-vervangende preparaten, zoals o.a. speciaal bereide soorten soja- of vismeel of soja-eiwit. De resultaten ten aanzien van de groei van de kalveren zijn zelfs bij gedeeltelijke vervanging van het melkeiwit door deze produkten minder gunstig dan met melkeiwit alleen. Een economisch verantwoorde vervanging van alle melkeiwit door andere eiwitten is voorlopig zeker nog niet mogelijk (Roy, 1970). Wel is het mogelijk gebleken een deel van het ondermelkpoeder te vervangen door weipoeder. Dit produkt is armer aan eiwit, maar rijker aan lactose (70 %). Dit is op zichzelf geen ongunstige factor, want de eiwit/zetmeelwaarde-verhouding in volle melk is veel ruimer (± 1:5) dan kan worden bereikt in een kunstmelkpreparaat zonder dat daarin zoveel vet moet worden verwerkt, dat dit op technologische, fysiologische en economische bezwaren stuit (Frens, 1961).

Het verruimen van de eiwit/zetmeelwaarde-verhouding door toevoeging van andere koolhydraten dan lactose biedt maar beperkte mogelijkheden. Een overzicht hiervan werd gegeven door Burt & Irvine (1970).

De voornaamste energiebron in kunstmelk is dus vet. Het oorspronkelijke onderzoek naar de mogelijkheden om een kunstmelkpreparaat te bereiden spitste zich dan ook toe op het zoeken naar een geschikte vervanger van het melkvet. Veel oliën en vetten werden in de loop der jaren in voederproeven en verteringsproeven

op hun waarde getest, zoals ruwe, geraffineerde of gehydrogeneerde soja-olie (Jacobson et al., 1949; Murley et al., 1949; Barker et al., 1952; De Man, 1951; Lambert et al., 1954), gehydrogeneerde en niet-gehydrogeneerde katoenzaadolie (Jarvis & Waugh, 1949; Kastelic et al., 1950), gehydrogeneerde en niet-gehydrogeneerde palmolie en palmpitvet (Raven & Robinson, 1958, 1959, 1960; Toullec & Mathieu, 1969), kokosvet (Toullec & Mathieu, 1969; Hopkins et al., 1959), maisolie (Erwin & Sterner, 1963), lijnzaadolie (Sirén, 1962), arachide-olie (Toullec & Mathieu, 1969), reuzel (Toullec & Mathieu, 1969), rundvet (Toullec & Mathieu, 1969; Hartfiel, 1967) en allerlei mengsels van plantaardige en dierlijke vetten, waaronder ook visolie (Hartfiel, 1967; Krippl et al., 1969; Amich-Galí & Rossi, 1965, 1967). Aanvankelijk resulteerden de proeven in de conclusie, dat hoog-onverzadigde plantaardige oliën slechte groeiresultaten gaven en bij de kalveren oorzaak waren van de vorming van een ruw en vettig haarkleed, haaruitval, diarree en hoge mortaliteit. Later bleek dat de fysische vorm van het vet in de kunstmelk een belangrijke rol speelde. De tot dan beschikbare literatuurgegevens werden door Roy et al. (1961) samengevat en aangevuld met hun eigen proefresultaten, waaruit bleek dat uitsluitend mechanische menging van een vet of olie in vloeibare ondermelk in een hoeveelheid van 2 – 3,5 % niet tot een goede vertering van het vet kan leiden.

Een goede verteerbaarheid van het vet hangt sterk af van de grootte van de vetbolletjes in de kunstmelk. Een fijnere verdeling van het vet kon worden bereikt door het bijmengen van een emulgator, waarvoor aanvankelijk soja-lecithine in aanmerking kwam, en door het vet in de kunstmelk te homogeniseren. Hoewel de vetbolletjes in koemelk variëren van 0,1 – 10 μm, met een gemiddelde van 3 – 4 μm, meenden Kastelic et al. (1950), dat in kunstmelk de vetbolletjes kleiner dan 2 μm moeten zijn.

Tegenwoordig wordt kunstmelk meestal bereid door gesmolten vet voorzien van een emulgator te homogeniseren met ondermelkpoeder, waaraan de noodzakelijke voederadditieven zijn toegevoegd. Producenten van kunstmelk, die verstuivingsinstallaties hebben om ondermelkpoeder te winnen uit vloeibare ondermelk, maken daarvan ook gebruik bij de bereiding van kunstmelk. Vet met een emulgator wordt dan in vloeibare ondermelk gehomogeniseerd, waarna het mengsel wordt verstoven en een droog poeder wordt gewonnen, waarin de vetconcentratie hoger is dan in het uiteindelijke kunstmelkpoeder. Dit laatste wordt bereid door het geconcentreerde produkt mechanisch te vermengen met meer ondermelkpoeder en/of weipoeder en de resterende ingrediënten, zoals zetmeel, glucose, het vitaminen/mineralenconcentraat, de antibiotica, eventueel andere groeistimulantia en het anti-oxydans.

Dammers (1965) vergeleek beide bereidingsmethoden en vond geen verschillen in groei, voederverbruik of slachteigenschappen van de proefkalveren. In het verstoven produkt waren de bolletjes ongeveer 3 μm, terwijl in het droog gemengde produkt, waaraan veel zorg was besteed, niettemin ook bolletjes van 10 à 12 μm voorkwamen. Tiews et al. (1972) vonden bij een recent onderzoek in aangemaakte kunstmelk, afhankelijk van de bereidingswijze, een gemiddelde diameter van de

vetbolletjes van resp. 3,3 en 4,3 μm. Bij de droge menging was de spreiding in de grootte van de vetbolletjes echter veel groter.

De betekenis van de technische bereidingswijze van kunstmelkpreparaten moet ook nog in een ander verband worden gezien. Van melk is bekend dat de vetbolletjes die bestaan uit glyceriden, worden omgeven door een membraanstructuur. Swope & Brunner (1970) gaven een overzicht van verschillende in de literatuur beschreven modellen voor deze membraanstructuur. Zij constateerden dat deze modellen nogal verschilden, maar zagen in de grote lijnen voldoende overeenkomst. Op grond van hun eigen onderzoekingen met behulp van ultracentrifugering van membraansubstantie, chemische analyses van de sedimentatie-fracties en electronenmicroscopische waarnemingen aan deze fracties kwamen zij tot de opvatting, dat het membraan van melkvetbolletjes, dat een kern van glyceriden omsluit, een heterogeen systeem is. Dit systeem bestaat uit een matrix van onoplosbaar eiwit, waar aan de buitenzijde lipidenrijke lipoproteinen-micellen zijn geabsorbeerd.

In kunstmelk-preparaten die volgens het verstuivingsproces worden bereid, zijn de vetbolletjes ook omgeven door een eiwitstructuur. Bij droge menging van ondermelkpoeder met gesmolten vet zal het vet zich in het algemeen als een dun filmpje om eiwitdeeltjes bevinden. Als bij de bereiding van een dergelijk produkt gebruik wordt gemaakt van een hoog onverzadigde olie is de kans op oxydatie van het vet groter dan wanneer het verstuivingsprocédé wordt toegepast. De oxydatie kan uiteraard sterk worden bedwongen door het gebruik van anti-oxydantia. Erwin & Sterner (1963) gebruikten met succes een kunstmelk met maisolie, waaraan zevenmaal de voor kunstmelk geadviseerde hoeveelheid natuurlijk anti-oxydans was toegevoegd. In het algemeen kan men stellen, dat de methode van droge menging meer emulgator en meer anti-oxydans vereist.

Bij alle door mij uitgevoerde experimenten werden kunstmelkpreparaten gebruikt, die waren bereid volgens het verstuivingsprocédé.

2 De verteerbaarheid van vetten en vetzuren

Voor de bepaling van verteringscoëfficiënten van nutriënten zijn twee technieken mogelijk, n.l. het zo nauwkeurig mogelijk registreren van de opgenomen hoeveelheid voeder en het kwantitatief opvangen van feces en urine of het gebruik maken van een indicator in het voeder, die volledig onverteerbaar en onopneembaar moet zijn. In het laatste geval wordt van de veronderstelling uitgegaan, dat de indicator (bijv. polyethyleenglycol (PEG) of Cr_2O_3) over het gehele spijsverteringskanaal homogeen gemengd is met de spijsbrij resp. darminhoud. Uit de concentratieverhoudingen van nutriënt tot indicator in het voeder en in de feces kan de verteringscoëfficiënt redelijk nauwkeurig worden bepaald. Het voordeel van deze methode is, dat niet alle feces kwantitatief behoeven te worden opgevangen.

Uit onderzoekingen met varkens, die op ons instituut werden uitgevoerd door Van Koetsveld (niet gepubliceerd), bleek echter dat de indicator Cr_2O_3 op zeer onregelmatige wijze werd uitgescheiden, zodat het gebruik van deze techniek toch dwingt tot het verzamelen en goed mengen van zoveel mogelijk van de uitgescheiden mest. De overwegingen, dat homogeen in kunstmelkpoeder verdeelde Cr_2O_3 na het aanmaken van de melk zou kunnen ontmengen en dat tijdens het proces van stremming in de lebmaag het Cr_2O_3 niet gemakkelijk homogeen over de vaste stof verdeeld kan blijven, maken de keuze van deze indicator bij kunstmelkvoeding minder voor de hand liggend. Carlson & Bayley (1968) constateerden bovendien, dat Cr_2O_3 de neiging had zich in het spijsverteringskanaal van vet af te scheiden.

Het gebruik van het wateroplosbare PEG ligt bij kunstmelkvoeding meer voor de hand, maar deze stof is het meest geschikt als indicator voor wateroplosbare nutriënten en dus ook minder voor vet. Dit laatste is in recente proeven met biggen op ons instituut bevestigd (niet gepubliceerd). Ik meen dan ook dat voor mijn vetverteringsproeven de meest betrouwbare techniek is gekozen, n.l. het kwantitatief verzamelen van de feces.

Voor de bepaling van het lipidengehalte van de feces werd een techniek gebruikt, die het mogelijk moest maken zowel vrije als aan eiwit gebonden lipiden en bovendien de als zouten aanwezige vetzuren te verkrijgen. Daartoe werden de feces van kalveren die blijkens onze waarnemingen vanaf een leeftijd van 4 weken een pH hadden, die varieerde van 7 – 9 (Veen, 1970a), eerst aangezuurd tot een pH = 2 en daarna uitgeschud met chloroform/methanol 2:1. Niettemin bleek later, dat hiermee nog niet alle lipiden volledig werden geëxtraheerd (Veen, 1971a). Door de feces te koken met zoutzuur en het mengsel daarna uit te schudden met tetrachloorkoolstof volgens het Nederlandse Normalisatievoorschrift NEN 3148 werd in het

algemeen nog iets meer vet geëxtraheerd en wel gemiddeld 6,6 % van de opbrengst die was verkregen na extractie met chloroform-methanol. Alhoewel dit verschil statistisch gezien zeer wezenlijk was ($P << 0{,}005$), resulteerde dit bij de verteringscoëfficiënten slechts in een gemiddeld verschil over 36 bepalingen van 0,2 % absoluut. Dit verschil bleek echter nog te vallen binnen de geschatte nauwkeurigheidsgrenzen waarmee de verteringscoëfficiënten konden worden bepaald. De gemiddelden van de schijnbare verteringscoëfficiënten voor de verschillende rantsoenvetten (vermeld in Veen, 1970a, 1971a), met weglating van de waarnemingen die zijn gedaan in gevallen van diarree, zijn samengevat in tabel 1.

Uit de cijfers blijkt duidelijk, dat er met deze kunstmelkpreparaten, die volgens het verstuivingsprocédé waren bereid, geen belangrijke verschillen in de verteringscoëfficiënten van vet van verschillende herkomst optraden. Ook is gebleken, dat het vet reeds vanaf de eerste week dat de kalveren kunstmelk kregen, op een leeftijd van 2 – 3 weken, even goed verteerbaar was als op latere leeftijd. De gevonden hoge verteringscoëfficiënten wijken in het algemeen weinig af van wat enkele andere onderzoekers hebben gevonden (Toullec & Mathieu, 1969; Roy, 1964; Raven & Robinson, 1964), behalve voor rundvet, waarvoor ze waarden van even onder de 90 vonden. Men zal geneigd zijn de lagere verteringscoëfficiënt voor rundvet toe te

Tabel 1. Gemiddelde schijnbare verteringscoëfficiënten voor totaal vet onder invloed van verschillende rantsoenvetten[1].

	Aantal waarnemingen	Schijnbare verteringscoëfficiënt
Palmpitvet / palm-kernel oil	33	96,6
Reuzel / lard	12	97,7
Rundvet / beef tallow	11	96,8
Rundvet/reuzel 1:1 beef tallow/lard 1:1	34	96,1
Palmpitvet/rundvet/reuzel 2:1:1 en 1:1:1 palm-kernel oil/beef tallow/lard 2:1:1 and 1:1:1	25	97,2
Palmpitvet/rundvet/reuzel (10 % vet) 2:1:1 palm-kernel oil/beef tallow/lard (10 % fat) 2:1:1	14	95,7
Gedeeltelijk geharde visolie (18 % + 2 % soja-lecithine) partially hydrogenated fish oil (18 % + 2 % soya lecithin)	6	94,7
	Number of determinations	Apparent digestibility coefficient

1. Tenzij anders vermeld: 20 % vet in de kunstmelkpoeder, waarvan 1,25 % soja-lecithine / Unless otherwise stated: 20 % fat in dry milk substitute, of which 1.25 % was soya lecithin.

Table 1. Average apparent digestibility coefficients of total fat influenced by different dietary fats[1].

schrijven aan het hoge percentage palmitine- en stearinezuur, welke vetzuren zich bovendien bij voorkeur op de 1- en 3-plaatsen van het triglyceride-molecuul bevinden. Toullec & Mathieu (1969) wezen er bovendien op, dat rundvet een relatief hoog percentage aan geheel verzadigde triglyceriden bevat, vergeleken met bijv. reuzel (27 % resp. 11 %). Deze auteurs vonden een verteringscoëfficiënt van 90 voor rundvet en van 96 voor reuzel. De door hen gebruikte kunstmelk-preparaten waren op dezelfde wijze bereid als de door mij gebruikte, en de resulterende vetbolletjes hadden een gemiddelde diameter van 2 μm.

In het licht van deze gegevens lijkt er voor de gevonden hoge verteringscoëfficiënt van rundvet geen duidelijke verklaring te zijn. Men mag echter niet voorbijgaan aan het feit, dat Toullec & Mathieu niet spreken over een toevoeging van soja-lecithine als emulgator. In mijn experimenten maakte soja-lecithine ca. 6 % van het totale toegevoegde vet uit, hetgeen het percentage linolzuur in het uiteindelijke vetmengsel niet onbelangrijk verhoogde, n.l. tot ca. 6 % van de gezamenlijke vetzuren, terwijl dit normaal voor rundvet 1 – 3 % is (Radostits & Bell, 1970; Cocks & Van Rede, 1966). Vrij linolzuur bevordert de micellaire oplosbaarheid van de lange verzadigde vetzuurketens in vitro (Freeman, 1969), zodat bij mijn experimenten de verteerbaarheid van stearine- en palmitinezuur uit rundvet extra begunstigd kan zijn. Dit kan dan weer van invloed zijn geweest op de totale verteerbaarheid van het vet. Uit de door mij gevonden verteringscoëfficiënten van de individuele vetzuren uit een rundvee/reuzel rantsoen bleek n.l. dat een verminderde verteerbaarheid van de totale vetzuren en dus van het totale vet uit de voeding vooral tot uiting kwam in een sterk gedaalde verteerbaarheid van stearinezuur en in iets mindere mate van palmitinezuur (Veen, 1971a). In een tegelijkertijd verschenen artikel van Brune et al. (1971) werd vermeld, dat een aanvulling met vrij linolzuur van een kunstmelk waarin zich 6 % kokosvet bevond, leidde tot een verhoogde verteerbaarheid van de verzadigde vetzuren. Werd echter meer dan 1,8 % linolzuur aan het rantsoen toegevoegd dan werd de verteerbaarheid van die vetzuren geremd. Bij eigen experimenten waren de gehaltes aan linolzuur voor het rantsoen met rundvet 1,2 %, voor het rantsoen met reuzel 1,8 % en voor de overige rantsoenen 1,0 – 1,1 % op de droge stof. Als we nu een vergelijking maken tussen de resultaten van enkele onderzoekers en de samenstelling van de door hen gebruikte kunstmelkpreparaten, dan is de veronderstelling gerechtvaardigd, dat de gevonden verteringscoëfficiënt van rundvet gunstig kan zijn beïnvloed door de toevoeging van linolzuur via soja-lecithine (zie tabel 2). Daarbij moet niet alleen gedacht worden aan het effect van linolzuur, maar ook aan dat van lyso-lecithine op de micellaire oplosbaarheid van bepaalde vetzuren.

In Veen (1971a) werd gesteld, dat mijn resultaten en die van Amich-Galí (1965) geen steun lijken te zijn voor de theorie dat laurinezuur en linolzuur de absorptie van lange vetzuren uit het darmkanaal bevorderen. Het valt nu echter te betwijfelen of deze uitspraak voldoende gefundeerd is. Op de eerste plaats moet er nadrukkelijk op worden gewezen, dat de door mij gevonden verteringscoëfficiënten voor de vetzuren over de gehele lijn hoog waren, overeenkomend met hoge verteringscoëfficiën-

Tabel 2. De verteerbaarheid van rundvet en van palmitine- en stearinezuur in samenhang met het percentage soja-lecithine en linolzuur in het kunstmelkpoeder.

	Vet in kunstmelkpoeder (%)			Geschat of opgegeven gehalte linolzuur (%)	Verteerbaarheid (%)	
	rundvet	soja-lecithine	reuzel		palmitine- en stearinezuur	vet
Raven & Robinson, 1964	23	0,7	–	0,9	.	87 (6)[1]
Roy, 1964	20	–	–	0,4	.	87
Toullec et al., 1968	20	–	–	0,4	.	88 (2)
Toullec & Mathieu, 1969	20	–	–	0,4	16:0 – 86 18:0 – 81	90 (2)
Veen, 1970a	19	1,25	–	1,2	.	96 (11)
Veen, 1971a	9,5	1,25	9,5	1,1	16:0 – 87–89 18:0 – 78–97	94 (10)
	beef tallow	soya lecithin	lard	Estimated or recorded content of linoleic acid (%)	palmitic and stearic acids	fat
	Fat in dry milk substitute (%)				Digestibility (%)	

1. Aantal waarnemingen / number of determinations.

Table 2. Digestibility of beef tallow and of palmitic and stearic acids in relation to the percentage of soya lecithin and linoleic acid in the dry milk substitute.

ten voor totaal vet, n.l. van 88 – 98, zodat er geen duidelijke conclusies zijn te trekken over de wederzijdse beïnvloeding van de vetzuren. Op de tweede plaats bevatten de drie door ons gebruikte rantsoenen vrijwel hetzelfde percentage linolzuur op de droge stof, n.l. 1,0 – 1,1 %, zodat alleen de invloed van de middellange vetzuurketens, met name laurinezuur, kon worden getest.

In het beschreven experiment (Veen, 1971a) was het rantsoen met 4 % laurinezuur op de droge stof voor 96 – 99 % (gem. 97,8 %) verteerbaar en het rantsoen met 2 % laurinezuur voor 95 – 99 % (gem. 97,6 %). Het rantsoen zonder laurinezuur was verteerbaar voor 88 – 98 % (gem. 93,9 %). Deze verschillen zijn te gering om te stellen, dat laurinezuur een duidelijk positieve invloed heeft op de vertering van de langere vetzuren. Bovendien blijkt uit de verzamelde resultaten van al mijn experimenten (tabel 1) geen enkele positieve invloed van rantsoenen met palmpitvet, dus met laurinezuur, op de verteerbaarheid van het totale vet. Het ligt voor de hand te veronderstellen, dat de bijmenging van soja-lecithine alle rantsoenen dermate goed verteerbaar heeft gemaakt, dat een eventuele invloed van middellange vetzuren geen rol meer kon spelen. De door mij gedane waarneming, dat stearinezuur bij eenzelfde verteerbaarheid van totaal vet beter verteerbaar was in een rantsoen met uitsluitend dierlijk vet (dus vrijwel zonder laurinezuur) dan in

een rantsoen waarin palmpitvet naast dierlijk vet aanwezig was (Veen, 1971a) zou verklaard kunnen worden uit een selectieve absorptie van vetzuren en monoglyceriden door de membranen van de mucosa-cellen in de dunne darm.

Tenslotte moet van het experiment van Amich-Galí (1965), waarop de eerdere uitspraak tevens was gefundeerd, worden gezegd, dat het ook geen duidelijke conclusies over de invloed van laurine- en linolzuur toelaat, omdat de verteerbaarheid van de vetzuren werd vergeleken tussen rantsoenen met 0,8 % linolzuur op de droge stof en geen laurinezuur en een rantsoen met 2,1 % linolzuur en 3,2 % laurinezuur. Volgens Brune et al. (1971) zou dit niveau aan linolzuur te hoog zijn, zodat de verteerbaarheid van de verzadigde vetzuren juist verlaagd zou worden.

Als belangrijkste conclusie kan gesteld worden, dat de verteerbaarheid van vetten van verschillende herkomst zeer hoog kan zijn en onderling weinig uiteenlopend, mits aan bepaalde voorwaarden bij de bereiding van de kunstmelk voldaan is. Deze voorwaarden betreffen de technische verwerking van het vet en het toevoegen van een optimale hoeveelheid soja-lecithine.

3 Het vetzuurpatroon van de feces en de uitscheiding van metabolisch fecaal vet

In het vorige hoofdstuk is steeds gesproken over de vertering van vetten en vetzuren in termen van schijnbare verteringscoëfficiënten, d.w.z. dat het met de feces uitgescheiden vet werd beschouwd als onverteerd voedingsvet. In het fecaal vet kan men echter ook lipiden verwachten, die afkomstig zijn uit gal, van de afbraak van darmepitheel, en bacteriële lipiden. Teneinde vast te stellen hoe groot de bijdrage van deze lipiden aan de totale fecale vetuitscheiding was, werden kalveren gevoederd met een kunstmelk zonder vettoevoeging.

De uitscheiding van metabolisch fecaal vet bleek vrij gering te zijn, n.l. variërend van 18 – 62 mg/kg lichaamsgewicht, met een gemiddelde van 35,5 (n = 29) (Veen, 1970a). Hoewel er vrij grote individuele verschillen voorkwamen en ook hetzelfde kalf op verschillende dagen enige variatie in de uitscheiding vertoonde, kon toch worden gesteld, dat deze geringe uitscheiding geen invloed van betekenis had op de verteringscoëfficiënten van de rantsoenvetten.

Ten tijde van mijn onderzoek waren alleen de beperkte gegevens bekend van Cunningham & Loosli (1954), die bij een drietal kalveren van resp. 3, 7 en 8 weken oud een metabolisch fecaal vet uitscheiding vonden van resp. 19, 26 en 29 mg per kg lichaamsgewicht. Ongeveer gelijktijdig met mijn publikatie (Veen, 1970a) verschenen er meer gegevens. Toullec & Mathieu (1969) vonden een uitscheiding die varieerde van 0,3 – 2,0 g absoluut per dag, en die niet afhankelijk was van de leeftijd noch van de opgenomen hoeveelheid voedsel. Wel bleek de uitscheiding significant te stijgen bij het optreden van diarree. De normale waarden kwamen overeen met 0,3 g per dag. Mijn eigen experimenten werden uitgevoerd met kalveren die in leeftijd varieerden van 4 – 13 weken en in gewicht van 40 – 96 kg. De indruk bestond dat de resultaten minder spreiding vertoonden als ze werden betrokken op het lichaamsgewicht. Ook Roy et al. (1970) berekenden de uitscheiding van metabolisch fecaal vet op het lichaamsgewicht en vonden voor zwartbonte kalveren op 4 weken leeftijd 31,7 ± 3,57 mg/kg en op 10 weken 29,0 ± 2,46 mg/kg. Walker & Stokes (1970) vonden bij met kunstmelk gevoerde lammeren 347 ± 39 mg per 24 uur.

Uit al deze resultaten blijkt, dat de uitscheiding van metabolisch fecaal vet bij met uitsluitend kunstmelk gevoerde kalveren en lammeren de resultaten van de bepaling van de verteringscoëfficiënten van vet nauwelijks kan beïnvloeden. Daarentegen kan het vetzuurpatroon van fecaal vet hierdoor wel worden beïnvloed, met name als de verteringscoëfficiënt van het rantsoenvet zeer hoog is, zoals is aangetoond in Veen, 1970b.

De resultaten van de vetzuuranalyses van metabolisch fecaal vet, zoals die zijn weergegeven in tabel 2 van het laatstgenoemde artikel, werden bereikt met een isothermische gaschromatografische analyse op een kolom met een hoog scheidend vermogen. Deze omstandigheden waren niet optimaal voor een goede scheiding tussen de pieken die vlak voor de piek van $C_{15:0}$ en voor die van $C_{17:0}$ verschenen, maar de retentietijd van deze pieken was goed te bepalen. Het ligt echter voor de hand, dat de gebruikte methode om de chromatogrammen kwantitatief te meten, voor elkaar gedeeltelijk overlappende pieken leidde tot iets hogere waarden dan zouden worden gevonden bij volledige scheiding van de pieken.

Niettemin kan worden gesteld dat deze vetzuren, waarvan met redelijke zekerheid kan worden aangenomen dat het $C_{15:0}$ iso en anti-iso, resp. $C_{17:0}$ iso en anti-iso waren, tezamen met de onvertakte C_{15}- en C_{17}-vetzuren zeer karakteristiek waren voor metabolisch fecaal vet. Dat deze vetzuren niet van exogene oorsprong waren, alhoewel ze in het restant vet (0,9 %) dat zich nog in het vetloze rantsoen bevond aanwezig waren, kon indirect worden aangetoond aan de hand van vetzuurpatronen van fecaal vet van kalveren die een kunstmelk met rundvet kregen. In het vetzuurmengsel uit dit rantsoenvet bevonden zich ook de vertakte en onvertakte C_{15}- en C_{17}-vetzuren in ongeveer gelijke percentages als in het restant vet van het 'vetloze' rantsoen. Naarmate dit rundvet echter beter verteerbaar was, steeg het percentage van de bewuste vetzuren in het fecaal vet. Het belangrijkste bewijs was echter dat het laatstgenoemde verschijnsel ook werd waargenomen als palmpitvet, waarin deze vetzuren niet voorkomen, het rantsoenvet was. Daaruit kon worden geconcludeerd, dat deze vetzuren niet uit het rantsoenvet afkomstig waren, maar een deel waren van het metabolisch fecaal vet dat, naarmate het rantsoenvet beter verteerbaar was, een groter deel van de totale fecale vetuitscheiding uitmaakte (Veen, 1970b). Het ligt voor de hand te veronderstellen, dat de vertakte en onvertakte vetzuren met 15 en 17 koolstofatomen via bacteriën in het metabolisch fecaal vet terecht komen.

Bij een experiment, waarvan ik de resultaten niet eerder heb gepubliceerd, werden bacteriën gekweekt in een vloeibare voedingsbodem, die was aangevuld met vetvrij gemaakte feces van een kalf dat het vetloze rantsoen had ontvangen. De vloeibare voedingsbodem kon slechts in de nauwe hals van de ronde kolf in contact komen met luchtzuurstof. Er werd geënt met enkele druppels van een mestsuspensie van een kalf op het vetloze rantsoen.

In het vetzuurmengsel dat was geëxtraheerd uit de totale lipiden van de gekweekte bacteriën, werd een groot aantal vetzuren waargenomen, waaronder gemiddeld 2,5 % $C_{15:0}$ anti-iso en 1 % $C_{17:0}$ anti-iso. Het zal echter duidelijk zijn, dat wij met deze kweek zeker niet alle bacteriën kregen die normaal in caecum en colon voorkomen, met name niet de strikt anaërobe. Enkele analyses van de inhoud van het spijsverteringskanaal van geslachte kalveren toonden aan, dat in het vetzuurmengsel uit pensinhoud 4 – 10 % vertakte C_{15}-vetzuren voorkwamen, terwijl ze in vetzuren van het ileum slechts voor 0,5 – 2 % aanwezig waren. In caecum en colon steeg het percentage van deze vetzuren weer (niet gepubliceerde resultaten). Ook dit wijst op bacteriële synthese, waarbij vooral moet worden gedacht aan lactobacillen, die

in de pens in overmaat aanwezig zullen zijn geweest.

Keeney et al. (1962) toonden een hoog gehalte oneven vertakte vetzuren aan in de polaire lipiden van bacteriën uit de pens van een lacterende koe en zij vonden deze vetzuren ook terug in het bloed, waaruit blijkt dat ze ook absorbeerbaar zijn. Akashi & Saito (1960) vonden een vertakt C_{15}-vetzuur in fosfolipiden van een Sarcina-stam en van enkele *Bacillus*-soorten.

De bacteriële flora in de feces van mestkalveren werd door Gedek (1969) nader geanalyseerd en zij vond in alle onderzochte fecesmonsters in volgorde van concentratie *Escherichia coli*, enterococcen, lactobacillen, proteolyten, clostridiën en in een deel van de onderzochte monsters ook *Bifidus*-bacteriën. Allner et al. (1971) toonden aan, dat een *E. coli*-stam in staat is om o.a. $C_{15:0}$ (6 %), $C_{17:0}$ (7 %) en $C_{17:0}$ iso en anti-iso (15 %) te synthetiseren.[1]

Karakteristiek voor de vetzuurpatronen van de fecale lipiden waren behalve de vertakte vetzuren ook het relatief hoge percentage stearinezuur en het voorkomen van vetzuren met meer dan 20 koolstofatomen (Veen, 1971a; Walker & Stokes, 1970). Hoewel het hoge percentage stearinezuur, vergeleken met rantsoenvet voor het grootste gedeelte kan worden verklaard uit een relatief slechte absorptie van dit vetzuur, moet enige invloed van hydrogenerende werking van bacteriën op onverzadigde vetzuren, vooral oliezuur, niet worden uitgesloten. Hydrogenerende activiteit in het darmkanaal van herkauwers werd aangetoond door Hartman et al. (1958) en door Ward et al. (1964), en bij varkens door Carlson & Bayley (1968). Volgens Ward et al. (1964) kunnen onverzadigde vetzuren die in het ileum voorkomen, in caecum en colon worden gehydrogeneerd.

Aanwijzingen voor een dergelijke hydrogenering bij niet-herkauwende kalveren werden door mij gevonden bij de analyse van enkele lipidenmengsels uit darminhoud van geslachte kalveren, waarbij bleek, dat de relatieve hoeveelheid van alle C_{18}-vetzuren tezamen (vetzuren $C_{10:0}$ t/m $C_{22:1}$ tezamen op 100 % gesteld) in colon en rectum niet belangrijk verschilden, terwijl er wel belangrijke verschuivingen optraden van de onverzadigde C_{18}-vetzuren naar stearinezuur (niet gepubliceerde resultaten) (tabel 3).

Aangezien er in het traject van colon naar rectum geen absorptie van vetzuren meer is te verwachten, moeten deze verschuivingen aan bacteriële hydrogenering worden toegeschreven. De verschillen tussen het vetzuurpatroon van de lipiden uit

1. Een specifiek kenmerk voor *E. coli* is het voorkomen van $C_{17:0}$ cyclopropaan (methyleenhexadecaanzuur) (49,50) en $C_{19:0}$ cyclopropaan (Gedek, 1969). Blijkens gegevens van Blaschy & Zimmerman (1971) komen deze vetzuren op een polaire polyester-kolom vrijwel op de plaats van $C_{17:1}$ resp. $C_{19:1}$. Het is zeer waarschijnlijk, dat deze vetzuren ook in de lipiden van onze bacteriekweken aanwezig waren, waar wij eenmaal 6 % van het vetzuur op de plaats van $C_{17:1}$ vonden en 0,5 % van het vetzuur op de plaats van $C_{19:1}$. De pieken van deze vetzuren in het gaschromatogram verdwenen niet na hydrogenering van het monster vetzure methylesters. In het metabolisch fecaal vet werd gemiddeld 1,7 % van het C_{17}-vetzuur en 0,9 % van het C_{19}-vetzuur gevonden (Veen, 1970b). Dit is een aanwijzing voor de bijdrage van lipiden uit *E. coli* aan het metabolisch fecaal vet.

Tabel 3. Percentages C_{18}-vetzuren in de lipiden, geëxtraheerd uit de inhoud van colon en rectum.

Kalf nr.	Leeftijd	Rantsoenvet		C_{18}-vetzuren			
				18:0	18:1	18:2	18:3
30	18 weken	rundvet/reuzel/palmpitvet 1:1:1	colon	19,1	28,2	4,9	0,6
	weeks	beef tallow/lard/palm-kernel oil 1:1:1	rectum	29,3	17,5	4,4	1,2
38	12 weken	rundvet/reuzel 1:1	colon	46,9	10,7	1,6	0,5
	weeks	beef tallow/lard 1:1	rectum	50,9	5,8	0,7	–
				18:0	18:1	18:2	18:3
Calf no.	Age	Dietary fat		C_{18}-fatty acids			

Table 3. Percentages of C_{18}-fatty acids in the lipids extracted from colon and rectum contents.

het ileum en uit het colon waren moeilijker te interpreteren. In het ileum kwam, evenals in het jejunum, relatief veel linolzuur voor, dat waarschijnlijk afkomstig was van gallipiden. Het merendeel van dit linolzuur zal echter door absorptie uit het darmkanaal worden opgenomen. De vetzuren met meer dan 20 koolstofatomen die in de fecale lipiden voorkwamen, waren kennelijk ook bacterieel van oorsprong. In de vetzuurmengsels uit de bacteriekweken vond ik vetzuren die met behulp van de grafische methode van Woodford & Van Gent (1960) geïdentificeerd werden als $C_{20:0}$, $C_{21:0}$, $C_{22:0}$, $C_{23:0}$, $C_{24:0}$, $C_{25:0}$ en $C_{26:0}$, terwijl er aanwijzingen waren voor het voorkomen van nog enkele andere vetzuren, waarschijnlijk vertakte. In metabolisch fecaal vet werden deze vetzuren eveneens gevonden. Ze werden niet kwantitatief bepaald.

Samenvattend kan gesteld worden dat metabolisch fecaal vet in het verband van bepalingen van vetverteringscoëfficiënten geen bijdrage van betekenis aan de totale fecale vetuitscheiding levert, maar dat er bij een hoge verteerbaarheid van het voedingsvet een invloed van de aanwezigheid van metabolisch fecaal vet op het vetzuurpatroon van fecaal vet waarneembaar is. De karakteristieke vetzuren van metabolisch fecaal vet zijn van bacteriële oorsprong.

4 Lipidengehalte en vetzuren in vetweefsels

Teneinde na te gaan in hoeverre het soort rantsoenvet invloed heeft op de samenstelling van de vetweefsels van het kalf werden analyses uitgevoerd van de gehaltes extraheerbaar vet en van de vetzuurpatronen in de vetweefsels. Deze analyses waren van belang in relatie tot de kwaliteitsbeoordeling van het karkas (hoofdstuk 7) en om een inzicht te krijgen in het vetmetabolisme van niet-herkauwende kalveren.

De onderzochte vetweefsels vertoonden een sterk uiteenlopend vetgehalte (Veen, 1971b). Een samenvatting van de resultaten wordt gegeven in tabel 4, waarin de vetweefsels zijn gegroepeerd in volgorde van hoog naar laag vetgehalte. Mede aan

Tabel 4. De variatie in de percentages extraheerbaar vet in enkele vetweefsels van slachtrijpe kalveren.

Vetweefsel	Extraheerbaar vet	Gemiddelde
Niervet		
perirenal fat	82 – 95	90
Vet rond scrotum en in lieskanaal		
fat around scrotum and channel fat	70 – 86	81
Subcutaan stuitvet		
subcutaneous coccygeal fat	67 – 86	79
Dorsaal gelegen subcutaan vet[1,2]		
dorsal subcutaneous fat[1,2]	58 – 84	74
Vet aan binnenkant ribben[2]		
interior side of rib joint[2]	56 – 80	69
Intermusculair vet in ribstuk[2]		
intermuscular fat in rib joint[2]	59 – 75	67
Ventraal gelegen subcutaan vet[1,2]		
ventral subcutaneous fat[1,2]	45 – 78	60
Subcutaan vet op borstspier		
pectoral subcutaneous fat	24 – 60	48
Fatty tissue	Extractable fat	Average

1. De scheidingslijn van ventraal en dorsaal vetweefsel viel samen met de dorsale rand van de huidspier / The dividing-line between ventral en dorsal fatty tissue coincided with the dorsal edge of the skin muscle.
2. (7-8-9)-ribstuk / (7-8-9) rib joint.

Table 4. Variation in extractable fat contents in several fatty tissues of veal calves ready for slaughter.

de hand van wegingen van vlees-, vet- en beenderaandeel in het drie-ribstuk (bevattend de 7e t/m 9e rib over de gehele karkasdiepte) kon worden vastgesteld, dat er voor de subcutane vetweefsels een duidelijke positieve correlatie was tussen het percentage vet in die weefsels en het percentage van het vetweefsel in het beenloze ribstuk. De correlatiecoëfficiënt was zeer hoog voor de gegevens van 6 kalveren die na 11 weken werden geslacht en daardoor nog niet voldoende vet in hun lichaam hadden kunnen afzetten ($r = 0{,}90$ voor dorsaal, $r = 0{,}91$ voor ventraal vetweefsel). In het gewichtstraject waarin deze kalveren vielen (warm geslacht gewicht 41 – 72,5 kg) trad er een sterke stijging van het percentage vet in het vetweefsel op met een toenemend aandeel van vetweefsel in het beenloze ribstuk. In het gewichtstraject waarin de slachtrijpe kalveren vielen (78 – 109,5 kg), was de correlatie duidelijk minder ($r = 0{,}66$ resp. $r = 0{,}47$), maar nog wel significant ($P < 0{,}01$) (tabel 4 in Veen, 1971b).

Hieruit, en uit de waarneming dat enkele kalveren die werden geslacht na 11 weken, reeds een even hoog percentage vet of iets meer in de subcutane vetweefsels hadden dan de op 16 weken geslachte kalveren gemiddeld hadden, werd geconcludeerd dat deze vetweefsels vrij gauw hun maximale vulling bereiken, waarschijnlijk bij een warm karkasgewicht van 65 à 70 kg. De verdere ontwikkeling van deze vetweefsels gaat dan via geleidelijke groei van adipocytenweefsel, dat snel met vet wordt verzadigd. Dit wordt geïllustreerd door grafieken die het verband aangeven tussen het percentage vetweefsel en het percentage vetloos vetweefsel in het beenloze ribstuk (Veen, 1971b; fig. 1).

Ook voor het intermusculaire vetweefsel is er een duidelijke positieve correlatie tussen het percentage vetloos vetweefsel en het percentage totaal vetweefsel in het beenloze ribstuk. Er was echter geen enkele correlatie tussen het percentage extraheerbaar vet in het vetweefsel en het percentage van het vetweefsel in het beenloze ribstuk. Evenals het vetweefsel aan de binnenkant van de ribben ontwikkelt het intermusculaire weefsel zich op een onregelmatiger wijze, waarbij de maximale verzadiging met vet later wordt bereikt dan in de eerder genoemde weefsels. Het vetgehalte van intermusculair vetweefsel en het vetweefsel aan de binnenzijde van de ribben van 11-weeks kalveren was dan ook statistisch wezenlijk lager dan dat van 16-weeks kalveren. De vulling van de vetweefsels rond de nieren, rond het scrotum, de subcutane vetweefsels op de stuit en de borst was gemiddeld maar weinig minder bij 11-weeks kalveren dan bij 16-weeks kalveren, zodat kan worden geconcludeerd dat ook deze vetweefsels vrij snel hun maximale verzadigingspunt bereiken. De gegevens van één kalf (nr. 41), dat op 11 weken werd geslacht, werden bij deze berekeningen niet gebruikt, omdat dit kalf in groei sterk was achtergebleven (warm geslacht gewicht 41 kg) en op grond daarvan moest worden vergeleken met een normaal kalf, dat 3 weken jonger was. Bij dit kalf was de verzadigingsgraad van de vetweefsels duidelijk nog niet bereikt (fig. 1).

Voor waarnemingen over de invloed die de rantsoenvetten hadden op de vetaanzet van de kalveren, werd gebruik gemaakt van de gegevens over de samenstelling van de drie-ribstukken. De verhouding daarin van vlees, vet en beenderen

Fig. 1. De relatie tussen de groei van het vetvrije deel van enkele vetweefsels en van de volledige vetweefsels uit beenloze (7-8-9)-ribstukken (• = na 11 weken geslachte kalveren, x = na 16 weken geslachte kalveren, K41 = kalf nr. 41).

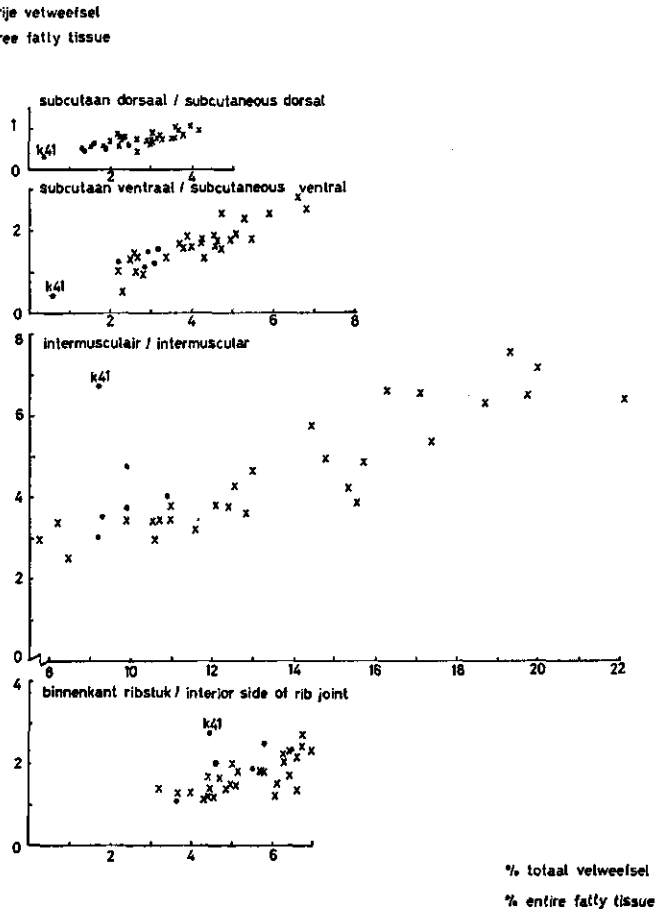

Fig. 1. Relationship between the growth of the fat-free part of several fatty tissues and the entire fatty tissues of boneless (7-8-9)-rib joints (• = calves slaughtered after 11 weeks, x = calves slaughtered after 16 weeks, K41 = calf no. 41).

geeft een goed beeld van die in een volledige karkashelft (Martin & Torreele, 1962). Figuur 1 t/m 5 in Veen (1971b) geven de verhouding spiermassa/vetmassa en het percentage subcutaan vetweefsel in de beenloze ribstukken en de percentages extraheerbaar vet in enkele vetweefsels, betrokken op de beenloze ribstukken (zie ook fig. 2). Hieruit bleek dat voedering met een kunstmelk met rundvet en reuzel (1:1) of reuzel alleen als vetbron aanleiding gaf tot een wat geringere vetaanzet dan wanneer een mengsel van palmpitvet, rundvet en reuzel als rantsoenvet werd gebruikt. Ook bleek rundvet/reuzel aanleiding te geven tot een wezenlijk geringer vetpercen-

Fig. 2. Het percentage uit subcutaan (dorsaal en ventraal) vetweefsel geëxtraheerd vet betrokken op het gewicht van de beenloze (7-8-9)-ribstukken onder invloed van verschillende rantsoenvetten.
A = 11 weken rundvet/reuzel 1:1, gevolgd door 5 weken palmpitvet; B = 16 weken palmpitvet/rundvet/reuzel 2:1:1; C = 16 weken palmpitvet/rundvet/reuzel 7:5:5; D = 16 weken palmpitvet/rundvet/reuzel 1:1:1; E = 16 weken palmpitvet/soja-olie 1:1; F = 16 weken rundvet/reuzel 1:1; G = 11 weken palmpitvet/rundvet/reuzel 1:1:1, gevolgd door 5 weken rundvet/reuzel 1:1; H = 16 weken reuzel; I = 16 weken gedeeltelijk geharde visolie; J = 16 weken gedeeltelijk geharde visolie/reuzel 1:1. De stippellijnen geven de gemiddelde waarden weer.

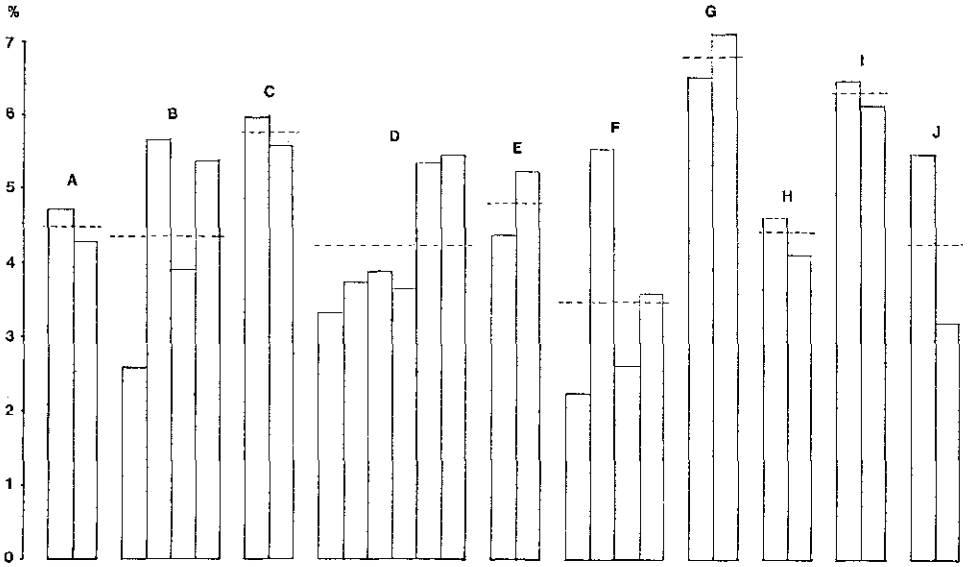

Fig. 2. The percentages of extractable fat from subcutaneous (dorsal and ventral) fatty tissues related to the weights of the boneless (7-8-9)-rib joints, under the influence of different dietary fats.
A = beef tallow/lard 1:1 for 11 weeks, followed by palm-kernel oil for 5 weeks; B = palm-kernel oil/beef tallow/lard 2:1:1 for 16 weeks; C = palm-kernel oil/beef tallow/lard 7:5:5 for 16 weeks; D = palm-kernel oil/beef tallow/lard 1:1:1 for 16 weeks; E = palm-kernel oil/soybean oil 1:1 for 16 weeks; F = beef tallow/lard 1:1 for 16 weeks; G = palm-kernel oil/beef tallow/lard 1:1:1 for 16 weeks, followed by beef tallow/lard 1:1 for 5 weeks; H = lard for 16 weeks; I = partially hydrogenated fish oil for 16 weeks; J = partially hydrogenated fish oil/lard for 16 weeks. The dotted lines represent average values.

tage in de vetweefsels. Dit is in overeenstemming met het eerder genoemde verband tussen het percentage vet in enkele vetweefsels en het percentage vetweefsel in beenloze ribstukken.

Opmerkelijk was echter dat bij twee kalveren die als rantsoenvet reuzel kregen, wel de ontwikkeling van de vetweefsels in het ribstuk achterbleef bij die van kalveren die een rantsoenvet kregen, waarin o.a. palmpitvet was verwerkt, maar niet de totale hoeveelheid extraheerbaar vet betrokken op het beenloze ribstuk. De vet-

Tabel 5. De hoeveelheid middellange vetzuren in depotvet in relatie tot de hoeveelheid in het rantsoenvet (vetzuren in % van totaal).

Rantsoenvet		Vetzuren in	
		rantsoenvet	vetweefsel rond de nieren
Palmpitvet/rundvet/reuzel 1:1:1	8:0	0,7	< 0,2
palm-kernel oil/beef tallow/lard 1:1:1	10:0	0,9	< 0,2
	12:0	12,3	0,8
Palmpitvet/rundvet/reuzel 2:1:1	8:0	1,0	< 0,2
palm-kernel oil/beef tallow/lard 2:1:1	10:0	1,7	< 0,2
	12:0	22,1	2,4
Palmpitvet	8:0	2,0	< 0,2
palm-kernel oil	10:0	4,1	0,2
	12:0	45,3	6,5
		dietary fat	perirenal fat
Dietary fat		Fatty acids in	

Table 5. Amount of medium chain fatty acids in adipose fat in relation to amount in dietary fat (fatty acids in % of total).

weefsels bij deze kalveren waren dan ook met een hoog percentage vet gevuld, wezenlijk hoger dan de vetweefsels van de kalveren die rundvet/reuzel 1:1 kregen ($P << 0{,}05$), of palmpitvet/rundvet/reuzel 1:1:1 ($P \approx 0{,}05$), of palmpitvet/rundvet/reuzel 2:1:1 ($P < 0{,}05$). Dit was het enige effect van rantsoenvet op de vulling van de vetweefsels, dat los stond van de totale ontwikkeling van het vetweefsel in het karkas. Voor deze waarneming heb ik geen verklaring. Hij is in lijnrechte tegenstelling met die van Toullec & Mathieu (1969), die bij één kalf dat reuzel als rantsoenvet had gekregen, in de vetweefsels gemiddeld slechts 43,3 % vet vonden tegen 86,9 % bij een kalf dat rundvet had gekregen.

De verklaring voor de betere vetaanzet van de kalveren die een rantsoenvet kregen, waarin naast dierlijk vet palmpitvet was verwerkt, moet worden gezocht in een snellere groei door een betere stikstofretentie in de eerste levensweken. Dit hangt samen met het specifieke vetzuurpatroon van palmpitvet, zoals hierna wordt uiteengezet.

Uit de eigen waarnemingen betreffende de vetzuurpatronen van de lipiden uit vetweefsels bleek duidelijk, dat de middellange vetzuren ($C_8 - C_{12}$) slechts in geringe mate in depotvet worden afgezet (tabellen in Veen, 1972).[2] In tabel 5 zijn

2. De tabellen in Veen (1972) geven slechts een deel van alle analyseresultaten weer. De niet gepubliceerde vetzuurpatronen zijn bij de auteur verkrijgbaar.

de belangrijkste resultaten van de analyses samengevat. Welke factoren bepalen waarom deze vetzuren zo weinig worden teruggevonden in depotvet, wordt uiteengezet in een uitvoerig overzichtsartikel van Bach & Métais (1970) over het metabolisme van korte en middellange vetzuren.

Naarmate de vetzuren in een triglyceridemolecuul korter zijn, worden ze sneller afgesplitst door pancreas lipase (Bach & Métais, 1970). Bovendien vindt dan ook sneller een isomeratie plaats van β-monoglyceriden naar α-monoglyceriden (Ailhaud et al., 1964), zodat de kortere vetzuren die zich op de β-plaats bevinden, ook gemakkelijker kunnen worden gehydrolyseerd. Omdat de kortere vetzuren beter in water oplosbaar zijn dan de langere kunnen ze vervolgens gemakkelijker als vrij vetzuur door de darm-mucosa worden geabsorbeerd. In de darm-mucosa kunnen de vetzuren met 10 of minder koolstofatomen voor een deel reeds tot CO_2 worden afgebroken, terwijl ook al enige ketenverlenging kan optreden. Voorzover de middellange vetzuren nog als monoglyceriden worden geabsorbeerd is de kans op hydrolyse in de epitheelcellen bijzonder groot door de activiteit van een lipase dat bij voorkeur vetzuren met 6 – 12 koolstofatomen afsplitst (Senior et al., 1963). Tenslotte is de kans op herverestering in de epitheelcellen voor de middellange vetzuren veel kleiner dan voor de lange vetzuren. Al deze factoren leiden er toe, dat de middellange vetzuren slechts in geringe mate na absorptie de weg via de lymfevaten naar het bloed volgen in de vorm van chylomicronen, maar vooral – voorzover ze niet reeds in de darmmucosa zijn gemetaboliseerd – via de poortader als vrije vetzuren naar de lever worden getransporteerd.

In de lever vindt een intensieve oxydatie plaats. Deze oxydatie treedt vooral op bij vetzuren met minder dan 12 koolstofatomen en is voor laurinezuur duidelijk sterker dan voor de langere vetzuren (Kirschner & Harris, 1961). De oxydatie van de vetzuren hoeft niet in zijn geheel tot CO_2 te verlopen, maar kan aanleiding geven tot de vorming van C_2-eenheden, die weer als uitgangspunt voor de synthese van vetzuren kunnen dienen (Brady & Gurin, 1950). Naast oxydatie treedt ook ketenverlenging van de middellange vetzuren op. Niesar (1963) stelde dit proces bij kalveren vast.

Nu toonde Aurousseau (1972) in een recente studie aan, dat caprylzuur en ook de middellange vetzuren uit kokosvet een positieve invloed uitoefenen op de eiwitsynthese en daardoor op de groei van jonge ratten. Tegelijkertijd zou de vetaanzet gematigd worden. Flatt (1970) constateerde dat in vetweefsel de omzetting van glucose in vet op cel-niveau een energie leverend proces is en wel meer naarmate meer reducerende equivalenten (NADPH) aan de pentose-cyclus worden ontleend. In de opvatting van Aurousseau zou op dezelfde manier in levercellen extra ATP kunnen worden geproduceerd via de pentose-cyclus tijdens de synthese van lange vetzuren uit de acetyl-eenheden die vrijkomen bij de afbraak van middellange vetzuren.[3] De extra vrijkomende energie zou dan de synthese van eiwitten bevorderen.

3. Aurousseau (1972) constateerde, dat een rantsoen rijk aan caprylzuur het lipidengehalte van

Dit is ook in overeenstemming met resultaten van Raven & Robinson (1958), die aantoonden dat voeding van mestkalveren met een vet met lange vetzuurketens (gehydrogeneerde palmolie) bij een ongeveer gelijke verteerbaarheid als melkvet aanleiding gaf tot een geringere stikstofretentie.

Wanneer we deze theorie toetsen aan resultaten van de eigen proeven, kan worden vastgesteld dat gedurende de eerste levensweken een betere stikstofretentie werd gevonden bij kalveren die als rantsoenvet uitsluitend palmpitvet kregen, dan bij kalveren die dierlijk vet kregen (Veen, 1970a). Enkele resultaten van voederproeven die op ons instituut werden uitgevoerd en die een steun zijn voor de theorie van de betere stikstofretentie, worden vermeld in hoofdstuk 7.

De betere groei in de vorm van eiwitaanzet in de eerste weken van de mestperiode moet tot uiting komen in een eerder bereiken van die fysiologische verhouding van spierweefsel tot beenderen, waarbij de vetaanzet de voornaamste factor in de groei wordt. Hier zou de verklaring kunnen liggen van het feit dat de kalveren op een gemengd vetrantsoen van palmpitvet en dierlijk vet aan het einde van de mestperiode een wat betere vetheid vertonen. Dit leidt echter tevens tot de overweging, dat het aanbeveling verdient om in het stadium van de vetaanzet van kalveren rantsoenvet aan te bieden, waarvan de vetzuren voor het grootste gedeelte onveranderd kunnen worden vastgelegd in het depotvet, omdat dan de matigende invloed van de middellange vetzuren op de vetaanzet (Aurousseau, 1972) juist een nadeel is. Als rantsoenvetten komen dan in aanmerking: rundvet, reuzel, gedeeltelijk geharde visolie en combinaties van deze vetten (Veen, 1972). De voornamelijk lange vetzuren waaruit deze vetten bestaan, worden na de inwerking van lipasen en galzuren op de triglyceriden in de darm teruggevonden in de vorm van gemengde micellen, bestaande uit monoglyceriden, vrije vetzuren en galzouten. Uitgaande van deze micellen worden de vrije vetzuren uiteindelijk passief geabsorbeerd door de mucosacellen, waarin een herverestering plaats vindt tot triglyceriden. Deze triglyceriden worden in de vorm van chylomicronen via lymfevaten naar de bloedbaan getransporteerd. Via het bloed kunnen de triglyceriden dan zowel de lever als de spier- en vetweefsels bereiken.

Twee van de proefkalveren kregen, om deze theorie te toetsen, gedurende 11 weken een kunstmelk met palmpitvet/rundvet/reuzel 1:1:1 en daarna gedurende 5 weken een kunstmelk met rundvet/reuzel 1:1. Ze bleken bij slachten een duidelijk betere aanzet van subcutaan vet te hebben dan twee kalveren van vergelijkbaar ge-

de lever van jonge ratten verhoogde. Nu heb ik in acht waarnemingen (niet gepubliceerde resultaten) aangetoond, dat het totaal lipidengehalte in perifeer bloedplasma van mestkalveren, die uitsluitend palmpitvet als rantsoenvet kregen, hoger was dan van kalveren, die rundvet kregen (statistisch wezenlijk) of reuzel (statistisch niet wezenlijk). Aangezien bovendien het vetzuurpatroon van de totale plasmalipiden met palmpitvet als rantsoenvet slechts een zeer gering percentage laurinezuur (3 %) bevatte zijn er aanwijzingen, dat bij voeding van deze snelgroeiende kalveren met palmpitvet een sterke afbraak van middellange vetzuren in de lever gevolgd wordt door een verhoogde vetsynthese.

wicht, die ook gedurende de laatste 5 weken de kunstmelk met palmpitvet/rundvet/reuzel 1:1:1 hadden opgenomen, en eveneens beter dan twee kalveren die gedurende de laatste 5 weken alleen palmpitvet hadden gekregen. De laatste dieren hadden echter wel een iets hoger percentage intermusculair vet in het ribstuk. De vetaanzet bij de eerstgenoemde kalveren was veel beter dan bij vier kalveren die gedurende de volledige mestperiode rundvet/reuzel 1:1 hadden gekregen.

Wat betreft de in het kort beschreven verschillen in absorptie en metabolisme van middellange en lange vetzuren neemt laurinezuur een middenpositie in. Volgens Bloom et al. (1951) varieert het percentage laurinezuur dat via de lymfe wordt getransporteerd van 15 – 55 % en volgens Davenport (1961) is dat percentage 50 %. Toullec (1968) vond bij twee niet-herkauwende kalveren, dat 86 % van het laurinezuur uit kokosvet via de lymfe werd getransporteerd. Gezien het relatief lage percentage laurinezuur dat bij de proefkalveren in de vetweefsels werd teruggevonden, is het zeer waarschijnlijk dat veel minder laurinezuur via de lymfevaten wordt getransporteerd dan door Toullec werd gevonden. Er moet echter ook op worden gewezen, dat andere weefsels dan de lever in staat zijn de kortere vetzuren te oxyderen (Bach & Métais, 1970).

Interessant is de eigen waarneming, dat een mengsel van palmpitvet/soja-olie 1:1 leidde tot een relatief hogere afzetting van laurinezuur in de vetweefsels dan mengsels van palmpitvet en dierlijk vet met hetzelfde percentage laurinezuur. De kalveren nr. 28, 29, 34 en 35 kregen een rantsoenvet van palmpitvet/rundvet/reuzel 2:1:1 met een laurinezuurgehalte van 22,1 % en in de 8 onderzochte vetweefsels per kalf werd gemiddeld resp. 0,96 %, 0,92 %, 0,96 % en 1,64 % laurinezuur gevonden. De kalveren nr. 383 en 406 kregen palmpitvet/soja-olie 1:1 als rantsoenvet. Het laurinezuurgehalte daarin was 23,9 % en in de vetweefsels werd resp. gevonden 2,27 en 2,14 %.

Nu toonden Lee et al. (1968) aan, dat na voedering van tripelargonine (tri-$C_{9:0}$) aan ratten slechts ca. 1 % van de toegediende hoeveelheid pelargonzuur in de triglyceriden van de lymfe kon worden teruggevonden, overeenkomend met de theorie dat dit vetzuur vooral door de poortader naar de lever wordt getransporteerd. Als de ratten echter tripelargonine kregen met een stijgend percentage saffloerolie bijgemengd, dan steeg het percentage van de toegediende pelargonzuur dat werd teruggevonden in de lymfe. Bij een verhouding tripelargonine/saffloerolie 1:1 werd reeds bijna 6 % teruggevonden. Lee et al. hebben het mechanisme dat hieraan ten grondslag ligt, niet opgelost. Mogelijk speelt linolzuur, dat in saffloerolie voor ca. 75 % voorkomt (Cocks & Van Rede, 1966), een rol bij de herverestering van laurinezuur in de darmmucosa. De gevonden sterkere inbouw van laurinezuur in depotvet wanneer palmpitvet samen met soja-olie (50 % linolzuur) als rantsoenvet werd gegeven, zou dan op hetzelfde verschijnsel zijn terug te voeren.

De eigen waarneming is ook in overeenstemming met die van Niesar (1965), die waarnam dat bij voeding van kalveren met trilaurine en een toevoeging van 1,5 % soja-olie het percentage laurinezuur in het depotvet sterk toenam vergeleken met een toevoeging van 0,3 % soja-olie, en met die van Kaunitz et al. (1961, 1968),

die vonden dat linolzuur de afzetting van vetzuren met 8 – 14 koolstofatomen in de depotvetten van ratten stimuleerde.

De rantsoenvetten die zonder belangrijke verschuivingen in het vetzuurpatroon in het depotvet van de kalveren werden afgezet, waren de dierlijke vetten en de gedeeltelijk geharde visolie. Deze vetten bevatten minder dan 2 % vetzuren korter dan $C_{14:0}$, zodat vrijwel alle vetzuren via lymfevaten in de bloedcirculatie konden komen. De beste overeenkomst met het vetzuurpatroon van rantsoenvet had steeds het depotvet rond de nieren. Op de verschillen in vetzuurpatroon tussen de verschillende vetweefsels komen we dadelijk terug.

Vergelijken we de relatief geringe verschillen tussen het vetzuurpatroon van niervet en rantsoenvet, dan blijkt het niervet vooral meer oliezuur te bevatten, terwijl linolzuur in hetzelfde of in een iets hoger percentage voorkomt dan in het rantsoenvet. De oorzaken van deze verschuivingen zijn uiteraard niet precies te achterhalen zonder uitvoerige studies met radioactief gemerkte vetzuren. Enkele factoren die invloed kunnen hebben, zijn de mate waarin de uit het rantsoen afkomstige vetzuren worden geoxydeerd en de mate waarin vetzuren de novo worden gesynthetiseerd, of uit andere vetzuren ontstaan.

Aan de hand van de gegevens van die kalveren, waarvan het rantsoenvet gedurende de mestperiode niet werd gewijzigd (30 stuks) werd de correlatie berekend tussen de percentages palmitine-, stearine-, olie- en linolzuur, en stearinezuur + oliezuur in het rantsoenvet enerzijds en in het niervet anderzijds, en tevens de bijbehorende regressievergelijkingen. De resultaten van deze berekeningen zijn weergegeven in tabel 6.

In tegenstelling met wat eerder werd verondersteld (Veen, 1972), was er dus toch een statistisch wezenlijke correlatie tussen het percentage palmitinezuur in het nier-

Tabel 6. De samenhang tussen de percentages van $C_{16:0}$ en de C_{18}-vetzuren in vetzuurmengsels uit rantsoenvet en niervet. x = % in rantsoenvet, y = % in niervet.

Vetzuren	Correlatiecoëfficiënt	Regressievergelijking
16:0	—0,52**	y = —0,23x + 26,21
18:0	0,80**	y = 0,40x + 11,66
18:1	0,83**	y = 0,83x + 13,38
18:2	0,96**	y = 0,89x + 2,40
18:0 + 18:1	0,93**	y = 0,68x + 25,49
Fatty acids	Correlation coefficient	Regression equation

** $P < 0{,}01$

Table 6. The connection between the percentages of $C_{16:0}$ and C_{18} fatty acids in fatty acid mixtures from dietary fat and perirenal fat. x = % in dietary fat, y = % in perirenal fat.

vet en in het rantsoenvet, zij het dat de correlatie gering en negatief was. Daarentegen was er een zeer sterke correlatie voor linolzuur. Niesar (1965) vermeldde reeds dat linolzuur bijzonder geschikt was om in depotvet te worden afgezet. Linolzuur wordt dan ook niet omgezet in vetzuren, die ook endogeen kunnen worden gevormd en het remt de synthese van endogene vetzuren (Bollinger & Reiser, 1965). Overigens kan dit vetzuur wel geheel worden afgebroken tot CO_2 en wel in sterkere mate dan oliezuur, zoals Bollinger & Reiser bij ratten vonden. Ook vonden ze dat oliezuur niet of nauwelijks wordt omgezet in endogene vetzuren, wat de door mij gevonden hoge correlatie tussen het percentage in het rantsoenvet en in het niervet verklaart. Hoewel er ook voor stearinezuur een hoge correlatie was, moet hier wel rekening worden gehouden met een omzettingsreactie, n.l. naar oliezuur. De mogelijkheid voor deze omzetting is reeds bij pasgeboren kalveren aanwezig (Molnar et al., 1970). Als we nu de som van stearine- en oliezuur nemen in het rantsoen en in het niervet, dan is er een veel hogere correlatie dan voor de afzonderlijke vetzuren, n.l. $r = 0{,}93$. Het ligt dus voor de hand te veronderstellen, dat een niet onbelangrijk deel van het exogene stearinezuur wordt omgezet in oliezuur.

Op grond van de beschreven relaties tussen de vetzuren in het rantsoen en in het depotvet komen we tot de volgende hypothese. De vetzuren stearine-, olie- en linolzuur worden na absorptie uit de dunne darm voor het grootste gedeelte in depotvet afgezet en bepalen daardoor in belangrijke mate het vetzuurpatroon daarvan. Palmitinezuur, dat op zich zeer geschikt is om in depotvet te worden afgezet, blijkt daarentegen binnen niet al te nauwe grenzen tamelijk constant te worden gehouden in de vetweefsels van de kalveren. Bij mijn experimenten varieerde het percentage in niervet van 17 – 25 %. Binnen deze grenzen liggen ook de waarden die door verschillende andere onderzoekers met uiteenlopende rantsoenvetten werden bereikt (Toullec & Mathieu, 1969; Hartfiel, 1967; Krippl et al., 1969) en die door Niesar (1964) werden gevonden bij kalveren die al hun vetzuren moesten synthetiseren omdat ze als rantsoenvet triacetine kregen. Uit proeven met ratten concludeerden Bollinger & Reiser (1965) dat het palmitinezuur uit het rantsoen alleen maar endogeen gevormd palmitinezuur vervangt, zodat er weinig invloed van het rantsoenvet is op het percentage palmitinezuur in het depotvet. Het endogene palmitinezuur kan via verschillende metabolische wegen worden omgezet, zoals oxydatie of omzetting in stearine- of oliezuur. Daarentegen wordt bij een voedering met een rantsoenvet met relatief veel middellange vetzuren (palmpitvet alleen, palmpitvet/soja-olie) de endogene de novo-synthese van vetzuren die voornamelijk tot palmitinezuur leidt waarschijnlijk minder sterk geremd (Reiser et al., 1963). Bovendien worden de middellange vetzuren zelf voor een belangrijk deel in palmitinezuur omgezet, zodat endogeen palmitinezuur in belangrijke mate in depotvet wordt afgezet, waaruit het minder wordt vervangen door het geringere aanbod van C_{18}-vetzuren. Dit is volgens mij de verklaring van het feit dat ik een zwakke negatieve correlatie vond tussen palmitinezuur in het rantsoenvet en de vetweefsels. De zeer geringe helling van de regressielijn is echter een aanwijzing, dat het organisme streeft naar een tamelijk constant percentage palmitinezuur in het depotvet.

De mogelijke omzetting van stearine- in oliezuur door een dehydrogeneringsreactie is reeds vermeld. Uit eigen resultaten (Veen, 1972) laat zich een dergelijke reactie concluderen voor myristine- en palmitinezuur. Bij de kalveren nr. 40 en 41, die een rantsoen kregen, waarvan het vet slechts sporen ($< 0{,}1$ %) van $C_{14:1}$ en $C_{16:1}$ bevatte, werd in het niervet gemiddeld 0,8 % $C_{14:1}$ en 1,6 % $C_{16:1}$ gevonden en in subcutaan borstvet zelfs resp. 2,9 % en 3,7 %. Bovendien bleek het percentage $C_{14:1}$ in hetzelfde vetweefsel van verschillende kalveren hoger te zijn naarmate de kalveren met het rantsoenvet meer myristinezuur opnamen, terwijl er geen of nauwelijks enig $C_{14:1}$ in het rantsoen aanwezig was.

Vetzuren met een oneven aantal koolstofatomen, n.l. $C_{15:0}$, $C_{17:0}$ en $C_{17:1}$, konden in alle vetweefsels worden aangetoond. Deze vetzuren moeten in belangrijke mate van exogene oorsprong zijn geweest, getuige het feit, dat de kalveren die uitsluitend palmpitvet kregen, duidelijk minder $C_{17:0}$ en $C_{17:1}$ in het depotvet hadden dan kalveren die naast palmpitvet ook dierlijk vet kregen. Het is echter ook mogelijk dat bacteriële lipiden met oneven vetzuren vanuit de dikke darm geabsorbeerd worden, welk proces door Kaufmann & Dransfeld (1960) bij konijnen en mensen werd aangetoond. Tenslotte toonden Molnar et al. (1970) aan dat kalveren oneven vetzuren ook zelf kunnen synthetiseren. Uit verzadigde oneven vetzuren kunnen ook endogeen de monoëenzuren ontstaan (Niesar, 1963).

Tot nu toe heb ik het meest gesproken over het depotvet rond de nieren. Gezien de grootte van dit vetweefsel en de gemakkelijke bereikbaarheid na het slachten ligt het voor de hand, dat dit vetweefsel veelal wordt geanalyseerd om de relatie met het vetzuurpatroon van het rantsoenvet na te gaan. Bij de consumptie van blank kalfsvlees zal echter subcutaan en intermusculair vet een belangrijkere rol spelen. Het is daarom zinvol ook aan het vetzuurpatroon van andere vetweefsels aandacht te besteden.

Opvallend is dan dat in de buikholte gelegen vetweefsels (niervet, scheilvet rond de darmen, omentaal vet en vet in het lieskanaal) een hoger percentage stearinezuur en een lager percentage monoëenzuren bevatten dan de subcutane vetweefsels. Een dergelijke weefselpecificiteit is ook aangetoond bij schapen (Duncan & Garton, 1967; Marchello et al., 1969) en bij varkens (Sink et al., 1964; Leat et al., 1964), maar bij laatstgenoemde diersoort komt ook linolzuur in sterkere mate voor in subcutaan vet dan in inwendig vet (Leat et al., 1964). Bij kalveren blijkt echter, dat linolzuur in hetzelfde percentage of zelfs in een iets hoger percentage voorkomt in de inwendige vetweefsels, zoals uit eigen gegevens (Veen, 1972) en die van anderen blijkt (Hartfiel, 1967; Kaufmann & Mankel, 1966; Garton & Duncan, 1969).

Deze gegevens zijn van belang in het licht van de publikaties van Callow. Uit analyses van volledige karkassen van volwassen runderen (Callow & Searle, 1957) en van lammeren (Callow, 1958) kwam hij tot het opstellen van een algemene regressievergelijking voor het totale vetweefsel, waaruit bleek, dat het joodadditiegetal van het vet verminderde als het vetgehalte in het vetweefsel toenam. In de regressievergelijking kwamen het individu en de plaats van het vetweefsel in het

karkas als variabelen voor.

Als we nu per kalf kijken naar het verband tussen het percentage vet in de geanalyseerde vetweefsels en de in het vet voorkomende vetzuren, dan blijkt in het algemeen het percentage monoëenzuren te stijgen en het percentage stearinezuur te dalen naarmate het vetweefsel minder met vet is gevuld. De volgorde waarin de vetweefsels volgens een stijgend percentage monoëenzuren en een dalend percentage stearinezuur konden worden gegroepeerd was: niervet, vet uit lieskanaal en rond scrotum, vet tegen de binnenkant van de ribben, intermusculair vet, stuitvet, dorsaal subcutaan vet, ventraal subcutaan vet en subcutaan borstvet. Deze volgorde was niet helemaal dezelfde als die van een afnemend gehalte vet in de vetweefsels, maar kwam er wel in grote lijnen mee overeen (fig. 1 en 2 in Veen, 1972). Gezien het feit dat Callow volledige karkassen onderzocht en deze in verschillende secties uitsneed en analyseerde, waarbij ook de plaats van de sectie in het totale karkas als variabele in de uiteindelijke opgestelde regressievergelijking verscheen, zijn onze resultaten niet met Callow's gegevens in strijd. De door ons onderzochte vetweefsels waren immers vrij willekeurig over het karkas verdeeld. Bovendien vond Callow (1958) bij lammeren dat in alle onderzochte secties het gemiddelde percentage vet in de subcutane weefsels hoger lag dan in intermusculair vet, terwijl niettemin het joodadditiegetal ook hoger was. Dit is in overeenstemming met de eigen resultaten.

Wel kan een nadere precisering van Callow's resultaten worden gegeven, n.l. dat er primair een verband is tussen het percentage monoëenzuren en het vetgehalte van het vetweefsel en niet tussen het joodadditiegetal en het vetgehalte. Zowel linol- en linoleenzuur als de meervoudig onverzadigde C_{20}- en C_{22}-vetzuren uit gedeeltelijk geharde visolie kwamen in alle vetweefsels in ongeveer gelijke percentages voor of zelfs in een iets hoger percentage in de vetweefsels met het hoogste vetgehalte (tabellen in addendum van Veen, 1972). Callow onderzocht echter alleen herkauwende dieren, waarbij weinig meervoudig onverzadigde vetzuren in het depotvet terecht kunnen komen.

De belangrijkste conclusies, die wij uit dit deel van ons onderzoek kunnen trekken zijn de volgende.

Het mestkalf blijkt ten aanzien van de vetstofwisseling een éénmagig dier te zijn. Dit impliceert, dat het vetzuurpatroon van het depotvet sterk beïnvloed kan worden door dat van het rantsoenvet. Het gebruik van een rantsoenvet met middellange vetzuren zal echter leiden tot de aanzet van vet, waarin langere vetzuren de belangrijkste componenten zijn.

Het niervet kan gebruikt worden als een geschikt vetweefsel om het effect van een bepaald rantsoenvet op de samenstelling van depotvet na te gaan, maar daarbij moet niet uit het oog verloren worden, dat andere vetweefsels een afwijkende vetzuursamenstelling kunnen hebben, samenhangend met het percentage extraheerbaar vet in die vetweefsels.

5 Lipidengehalte en vetzuren in spierweefsels

Vanuit het oogpunt van de consumptie van kalfsvlees door de mens is de chemische samenstelling van spierweefsel van meer belang dan die van vetweefsel. Aan het tussen de spiervezels gelegen vet, het zogenaamde marmoreringsvet, wordt vaak een bepaalde kwaliteitswaarde toegekend. Het was daarom van belang ook spierweefsels op het lipidengehalte te onderzoeken en tevens een studie te maken van het vetzuurpatroon van spierlipiden.

De geanalyseerde spierweefsels waren het deel van de *musculus longissimus dorsi* dat behoort bij het drie-ribstuk, benevens de overige spieren uit dit ribstuk tezamen genomen. Veruit het grootste deel van deze groep spieren bestond uit de tussenribspieren. Van twee kalveren werden bovendien een aantal spieren afzonderlijk geanalyseerd.

Analyse-uitkomsten betreffende het eiwit- en vochtgehalte van de spieren worden gegeven in Veen (1973a), maar ze zijn niet relevant voor deze publikatie.

De verschillen in vetgehalte tussen enerzijds de *m. longissimus dorsi* en anderzijds de overige spieren uit het ribstuk waren aanzienlijk. De spreiding binnen deze groepen was ook verschillend. Varieerde het vetgehalte in de *m. longissimus dorsi* van 16-weeks kalveren van 1,44 % tot 2,58 %, bij de overige spieren liep het gehalte uiteen van 4,66 % tot 9,29 %. Voor de 11-weeks kalveren waren deze variaties resp. van 1,08 % tot 1,82 % en van 3,37 % tot 6,84 % (tabel 2 in Veen, 1973a). Analyses van enkele anatomisch uitgesneden spieren, die voor de menselijke consumptie van belang zijn, toonden aan dat het vetgehalte in al deze spieren betrekkelijk laag was en varieerde van 1,17 % tot 2,15 % met een gemiddelde van 1,65 %. Daarbij was er geen enkel belangrijk verschil tussen een kalf dat was geslacht na 8 weken en een kalf dat was geslacht na 16 weken (tabel 4 in Veen, 1973a).

Uit deze gegevens blijkt, dat een toenemende vetaanzet, die vooral na ± 10 weken goed op gang komt, niet zozeer in de voor consumptie belangrijke spieren tot uiting komt, maar wel in o.a. de tussenribspieren. Toetsing van deze resultaten aan ons bekende gegevens uit de literatuur leert, dat bij varkens spieren met een losse organisatie van de bundels meer intramusculair ('interfasciculair') vet afzetten dan spieren met steviger gebonden spierbundels. Bovendien is de tendens om met toenemende volwassenheid meer vet in de spieren af te zetten, veel sterker bij de los-gestructureerde spieren (Kaufmann & Safanie, 1967). Het is zeker zo, dat de tussenribspieren een 'lossere' structuur hebben dan de belangrijkste spieren voor de consumptie.

Het percentage vet in de tussenribspieren en de *m. longissimus dorsi* was duidelijk positief gecorreleerd met het totale percentage extraheerbaar vet uit de vetweefsels in het beenloze ribstuk, maar het percentage vet in de *m. longissimus dorsi* steeg maar zeer langzaam met toenemend percentage vet in de vetweefsels (fig. 3). We moeten daarom aannemen dat sterke verschillen in aanzet van vetweefsels onder invloed van uiteenlopende rantsoenen ook tot uiting zullen komen in hogere vetgehaltes van de spierweefsels, maar dan toch vooral van de 'los'-gestructureerde spieren. De hoogste vetgehaltes in de groep 'overige spieren' vonden wij bij de twee kalveren die reuzel als rantsoenvet kregen, en die ook het hoogste gemiddelde percentage vet in de vetweefsels hadden.

De vetzuurpatronen van de totale uit spieren geëxtraheerde lipiden kenmerkten zich door een relatief hoog percentage meervoudig onverzadigde vetzuren, vergeleken met vetweefsels. Met betrekking tot linolzuur werd dat ook gevonden door

Fig. 3. De relatie tussen de totale hoeveelheid extraheerbaar vet uit vetweefsels als percentage van het beenloze (7-8-9)-ribstuk en het uit de spieren van het ribstuk extraheerbare vet (—— = *m. longissimus dorsi*, – – – = overige spieren).

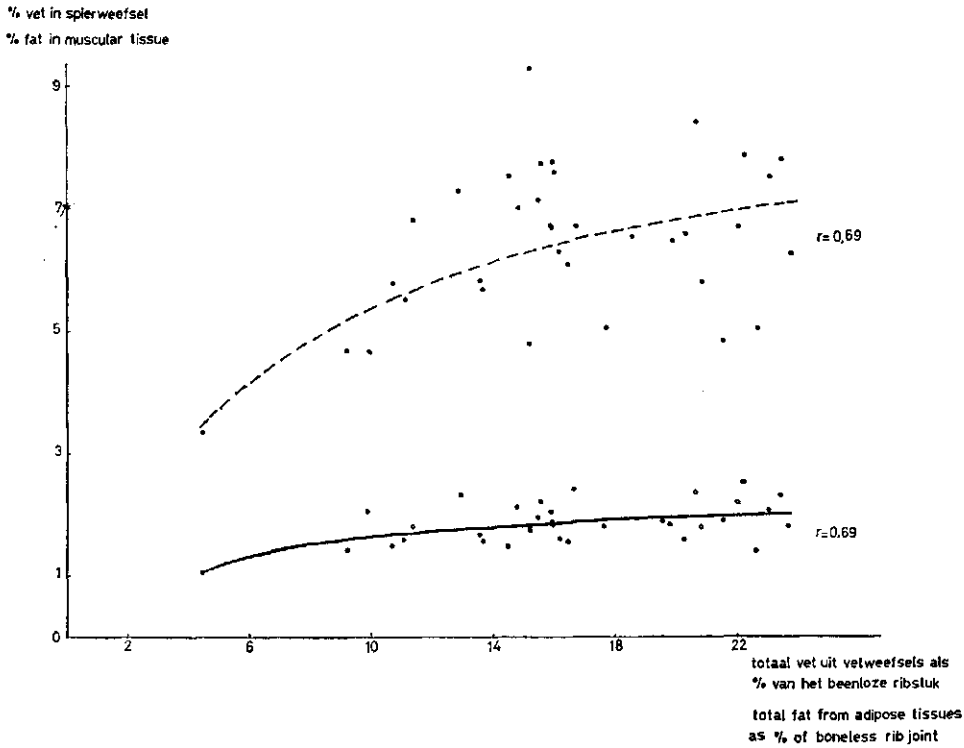

Fig. 3. Relationship between the total amount of extractable fat from fatty tissues as percentage of the boneless (7-8-9)-rib joint and the fat extracted from the muscles of the rib joint (—— = *m. longissimus dorsi*, – – – = remaining muscles).

Hartfiel (1967) en Toullec & Mathieu (1969), maar deze auteurs strekten hun vetzuuranalyses niet uit tot de meervoudig onverzadigde vetzuren met 20 en 22 koolstofatomen.

Uit een vergelijking van de vetzuurpatronen van de lipiden uit de *m. longissimus dorsi* enerzijds en de overige spieren uit het ribstuk anderzijds kon worden geconcludeerd, dat de meervoudig onverzadigde vetzuren in een veel lager percentage voorkwamen in de spieren met het hogere vetgehalte, onafhankelijk van de aard van het rantsoenvet (tabellen in addendum van Veen, 1973a). Daarom werden van een drietal anatomisch uitgesneden spieren, n.l. *m. quadriceps femoris*, *m. gastrocnemius* en *m. gluteobiceps femoris*, de lipiden geïsoleerd en vervolgens gescheiden in een fractie polaire en een fractie neutrale lipiden. De gescheiden fracties werden gecontroleerd op zuiverheid. De fractie neutrale lipiden bleek bij kwalitatieve analyse vrijwel volledig uit triglyceriden te bestaan. De polaire lipidenfractie werd niet verder geanalyseerd. Tot deze lipiden hoorden alle componenten, die zich bij dunnelaagchromatografie met als loopmiddel hexaan/ether/ijsazijn 85:15:1 niet van de oorsprong verplaatsten. De spieren waren afkomstig van kalveren die als rantsoenvet rundvet/reuzel 1:1 hadden gekregen. Uit het vetzuurpatroon van de neutrale lipidenfractie bleek toen, dat dit sterke overeenkomst vertoonde met dat van vetweefsels van het zelfde kalf. Er werd een vergelijking gemaakt met de vetzuurpatronen van 5 monsters intermusculair vet uit de omgeving van de 3 geanalyseerde spieren, welke vetzuurpatronen onderling slechts weinig verschilden. De resultaten (tabel 6 in Veen 1973a) zijn vereenvoudigd weergegeven in tabel 7.

Hoewel de vetdepots in en rond de spieren vrijwel op elkaar aansluiten, kan men toch nog wel van een scheiding spreken tussen intermusculair vet en intramusculair vet, omdat het laatste zich bevindt in het perimysium, dat een aftakking is van het epimysium, dat elke spier omgeeft. Toch is het in het licht van de geringe verschillen in vetzuurpatronen van ver uit elkaar liggende intermusculaire vetweefsels opmerkelijk, dat de vetzuurpatronen van intramusculair vet daarvan wezenlijk afwijken. Gelet op de percentages stearine- en oliezuur is het vetzuurpatroon van intramusculair vet het best te vergelijken met een vetweefsel met een geringe vetvulling (bijv. subcutaan borstvet). Opmerkelijk is echter vooral dat palmitinezuur niet op hetzelfde niveau ligt als in de vetweefsels die, zoals wij in hoofdstuk 4 hebben gezien, geen weefselspecificiteit voor dit vetzuur vertonen.

De vraag werpt zich op, of in het spierweefsel de de novo-vetzuursynthese wellicht minder wordt geremd dan in de vetweefsels, of dat palmitinezuur minder wordt verbruikt in metabolische reacties, zodat de vervanging door exogene C_{18}-vetzuren langzamer verloopt. Het is uit tabel 7 duidelijk, dat de specifieke kenmerken van de vetzuurpatronen van de totale lipiden uit spierweefsels werden veroorzaakt door de fractie polaire lipiden, dat zijn de structurele lipiden uit de celmembranen. Het vetzuurpatroon van deze lipiden kenmerkte zich door een hoog percentage meervoudig onverzadigde vetzuren met 18, 20 en 22 koolstofatomen. Enige relatie met het vetzuurpatroon uit het rantsoenvet was er niet. De meervoudig onverzadigde vetzuren met 20 en 22 koolstofatomen moeten dus ontstaan uit de exogene onver-

Tabel 7. Gemiddelde vetzuurpatronen van polaire en neutrale lipiden uit drie spieren, vergeleken met die van intermusculair en subcutaan vet en niervet (vetzuren in % van totaal).

Vetzuren	Rantsoen[1]	Lipidenfracties uit drie spieren (gem.)		Intermusculair vet van vijf plaatsen in de omgeving van de spieren (gem.)	Subcutaan vet	Niervet
		polaire	neutrale			
< 14:0	1,9	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1
14:0 iso	< 0,1	0,5	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
14:0	2,8	1,2	2,4	2,0	2,5	1,9
14:1 + 15:0 anti iso	0,4	0,8	0,7	0,5	0,7	0,5
15:0	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2
15:1 + 16:0 iso	< 0,1	1,6	0,6	0,1	0,1	0,1
16:0	23,8	13,5	19,6	16,9	17,8	16,9
16:1	2,8	3,7	5,6	5,2	6,1	5,1
17:0 anti iso	0,6	–	0,3	0,2	0,3	0,2
17:0	0,8	0,3	0,6	0,8	0,7	0,9
17:1	0,4	0,4	0,6	0,7	0,7	0,6
18:0 iso	0,1	0,3	0,2	< 0,1	–	–
18:0	16,2	8,5	10,3	15,9	12,8	17,0
18:1	35,2	28,5	46,5	43,5	44,5	42,1
18:2	10,6	23,9	9,4	11,0	10,6	11,9
onbekend / unknown	0,3	0,5	0,4	0,6	0,5	0,5
18:3	1,4	1,5	1,1	1,2	1,3	1,0
20:0	0,4	0,2	0,3	0,3	0,3	0,1
20:1	0,7	0,3	0,6	0,5	0,6	0,5
onbekend / unknown	0,3	0,2	0,1	–	–	–
20:2	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1
resterende meervoudig onverzadigde / remaining unsaturated fatty acids	0,5[2]	13,3	0,2	< 0,1	–	< 0,1
		polar	neutral			
Fatty acids	Diet[1]	Muscle fractions from three muscles (av.)		Intermuscular fat from five places near the muscles	Subcutaneous fat	Perirenal fat

1. rundvet/reuzel 1:1 / beef tallow/lard 1:1.
2. Dit zijn vrijwel geen meervoudig onverzadigde vetzuren, maar vooral $C_{22:0}$ iso, $C_{22:0}$ en $C_{22:1}$ / These are not polyunsaturated fatty acids but mainly $C_{22:0}$ iso, $C_{22:0}$ and $C_{22:1}$.

Table 7. Average fatty acid patterns of polar and neutral lipids from three muscles compared with those of intermuscular, subcutaneous and perirenal fat.

zadigde C_{18}-vetzuren. Ook bij volwassen runderen, die slechts zeer weinig linol- en linoleenzuur uit de darm absorberen, komen de meervoudig onverzadigde vetzuren in de polaire lipiden van spierweefsel voor (Terrell & Bray, 1969; Link et al.,

1970). Opmerkelijk was het voorkomen van de iso-vertakte vetzuren met 14 en 16 koolstofatomen. Weliswaar bleek na microhydrogenering van de methylesters van de geïsoleerde vetzuren, dat aan de oppervlakte van de $C_{16:0}$ iso-piek ook werd bijgedragen door het vetzuur $C_{15:1}$, maar de iso-vertakte vetzuren waren toch duidelijk in een hoger percentage aanwezig in de polaire dan in de neutrale lipiden. In dit verband moet er op worden gewezen, dat de vertakte vetzuren uit bacteriën ook vooral voorkomen in de polaire lipiden. De identificatie van de meervoudig onverzadigde vetzuren kon slechts onder voorbehoud worden gegeven, zoals $C_{20:3}$, $C_{20:4}$, $C_{20:5}$, $C_{22:4}$, $C_{22:5}$ en $C_{22:6}$. Een op mijn verzoek elders uitgevoerde, meer gedetailleerde analyse[4] van een stukje *m. longissimus dorsi* leverde de volgende waarschijnlijke identificaties op: $C_{20:3}$, $C_{20:4}$, $C_{20:5}$ (alle n-3), $C_{20:3}$ (n-9), $C_{20:4}$ (n-6), $C_{22:5}$ (n-6) en $C_{22:6}$ (n-3), die in totaal 14,4 % van het vetzuurmengsel uitmaakten. Op grond van het gemiddelde percentage van de totale meervoudig onverzadigde vetzuren vanaf $C_{20:2}$ in totale lipiden van spierweefsel en in de afzonderlijke fracties polaire en neutrale lipiden kon worden berekend, dat de polaire lipiden ca. 25 % van alle lipiden uitmaakten in de voor consumptie belangrijke spieren, die gemiddeld 1,65 % totaal vet bevatten.

Als conclusie kan worden gesteld, dat om de invloed van het rantsoenvet op het vetzuurpatroon van lipiden uit spierweefsel na te gaan, een scheiding moet worden gemaakt tussen de polaire lipiden, die niet of weinig door het rantsoenvet worden beïnvloed en de neutrale lipiden, die daar wel door worden beïnvloed en als het eigenlijke intramusculaire vet moeten worden beschouwd.

4. Ik ben Dr. U. M. T. Houtsmuller van het Unilever Research Laboratorium in Vlaardingen zeer erkentelijk voor zijn bereidheid deze analyse uit te voeren.

6 Lipidenuitscheiding via de huid

In oudere publikaties werd nog wel eens vermeld, dat voedering van kunstmelk die was bereid door toevoeging van hoog-onverzadigde plantaardige oliën aan vloeibare ondermelk, leidde tot uitscheiding van vet via de huid of tot de vorming van een ruwe haarbedekking (Barker et al., 1952; De Man, 1951), of alopecia (Van Koetsveld, pers. meded.). Het is wel duidelijk geworden, dat de primaire oorzaak van de moeilijkheden de wijze was, waarop het vet in de ondermelk was verwerkt. Naarmate het vet fijner in de kunstmelk wordt verdeeld, daalt de vetuitscheiding via de huid van de kalveren (Van Koetsveld, pers. meded.).

De twee kalveren uit mijn experimenten, die een kunstmelk kregen waarin de helft van het toegevoegde vet, dat is dus 10 % van het gewicht van het poeder, bestond uit soja-olie, vertoonden gedurende de gehele mestperiode van 16 weken geen uiterlijke afwijkingen aan het haarkleed, zodat er in ieder geval niet kon worden gesproken van een zichtbare vergroting van de vetuitscheiding door de huid. Amich-Galí (1965) meende dat bij voedering van een vet met middellange vetzuurketens energieverlies optrad door uitscheiding van een deel van deze vetzuren door de huid, maar hij toonde de middellange vetzuren ook aan in een etherextract van haren van kalveren die waren gevoederd met dierlijk vet. Mijn eigen experimenten waren er op gericht te onderzoeken, of enkele van de veel gebruikte vetten voor kunstmelk, n.l. rundvet, reuzel, palmpitvet en kokosvet, enige invloed hadden op de hoeveelheid en de samenstelling van de lipiden die met ether uit afgeschoren haren konden worden geëxtraheerd (Veen, 1973b). Deze lipiden kunnen representatief worden geacht voor het totaal aan door de huid uitgescheiden lipiden (sebum) (Pan, 1970).

In de eerste groep kalveren werden over de gehele romp haren verzameld op een leeftijd van 9 – 11 weken en van 16 – 18 weken, welke beide monsters werden gemengd. Hier konden wij geen verschillen vinden in de vetuitscheiding onder invloed van verschillen in de rantsoenvetten. Binnen een tweede groep kalveren, waarvan op een leeftijd van ongeveer 7 weken haren uit de nek werden verzameld, konden wij evenmin verschillen aantonen, maar in de groep als geheel was de vetuitscheiding wezenlijk minder dan in de eerste groep ($P < 0{,}025$). Deze resultaten zijn weergegeven in tabel 8.

Het is het meest waarschijnlijk dat het verschil tussen de groepen 1 en 2 werd veroorzaakt door het verschil in leeftijd, waarop de haarmonsters werden verzameld. De vetzuurpatronen van de huidoppervlakte-lipiden bleken nauwelijks te worden beïnvloed door de aard van de rantsoenvetten. Myristinezuur was in alle gevallen

Tabel 8. Gemiddelde percentages van de uit haren geëxtraheerde lipiden, betrokken op het gewicht van niet-gedroogde haren.

Rantsoenvet	Aantal waarnemingen	Lipiden $\bar{x}$	s
Eerste groep / first group			
(bemonstering over de hele romp, op 9 – 11 en 16 – 18 weken leeftijd / sampling all over the trunk 9 – 11 and 16 – 18 weeks of age)			
Palmpitvet/rundvet/reuzel 2:1:1			
palm-kernel oil/beef tallow/lard 2:1:1	4	3,02 ± 0,44	
Palmpitvet/rundvet/reuzel 1:1:1			
palm-kernel oil/beef tallow/lard 1:1:1	4	3,41 ± 0,96	
Rundvet/reuzel 1:1			
beef tallow/lard 1:1	4	2,96 ± 0,96	
Tweede groep / second group			
(bemonstering in de nek, op 7 weken leeftijd / sampling in the neck, 7 weeks of age)			
Rundvet/reuzel 1:1			
beef tallow/lard 1:1	8	2,64 ± 0,66	
Palmpitvet			
palm-kernel oil	8	2,51 ± 0,53	
Dietary fat	Number of determinations	$\bar{x}$ Lipids	s

Table 8. Average percentages of lipids extracted from hairs, related to the weight of fresh hairs.

het belangrijkste vetzuur en vormde bij de eerste groep kalveren gemiddeld 42 % van alle vetzuren. De kortere vetzuren ($C_{8:0} - C_{13:0}$) maakten bij de kalveren die dierlijk vet en palmpitvet tezamen kregen, gemiddeld ca. 21 % van alle vetzuren uit, en bij de kalveren die alleen rundvet en reuzel kregen, 17 %. Het verschil werd gecompenseerd door de C_{18}-vetzuren. Bij alle kalveren kwamen de vetzuren $C_{20:0}$, $C_{22:0}$ en $C_{24:0}$ voor, resp. voor 0,9 %, 1,2 % en 3,3 %. In de meeste gevallen kon ook $C_{26:0}$ worden aangetoond, welk vetzuur niet kwantitatief werd bepaald.

De vetzuurpatronen van de huidoppervlakte-lipiden uit de tweede groep kalveren vertoonden in grote lijnen hetzelfde beeld, maar het percentage myristinezuur was duidelijk lager, n.l. gemiddeld 31,7 %. Dit werd gecompenseerd door een hoger percentage olie-, linol- en linoleenzuur. Het totale percentage van de vetzuren korter dan myristinezuur was bij de kalveren op een palmpitvet-rantsoen 20 % en bij de kalveren op een rundvet/reuzel-rantsoen 15,5 %. Uit deze gegevens bleek, dat palmpitvet in het rantsoen leidde tot een iets hoger percentage van de middellange vetzuren in de door de huid uitgescheiden lipiden, maar de verschillen waren bijzonder klein vergeleken bij de grote verschillen in de vetzuurpatronen van de rantsoenlipiden.

De genoemde resultaten suggereerden ook een effect van de leeftijd op het vetzuurpatroon van de huidoppervlakte-lipiden. Bij een derde groep kalveren werden daarom haarmonsters verzameld op een leeftijd van 4 à 5 weken en van 7 à 8 weken. Deze kalveren kregen als rantsoenvet een mengsel van rundvet/reuzel/kokosvet/geacetyleerde lecithine 40:40:15:5. Het vetzuurpatroon op 7 à 8 weken kwam goed overeen met dat van de kalveren uit de tweede groep, waarvan de haren ook op 7 à 8 weken leeftijd waren verzameld, behalve dat het percentage oliezuur wat hoger lag. Op een leeftijd van 4 à 5 weken werd nog minder myristinezuur gevonden (21 %) en meer oliezuur, linolzuur en linoleenzuur. Aan de hand van de beschikbare gegevens kon dus worden vastgesteld, dat er een leeftijdsinvloed was op de vetzuursamenstelling van het sebum. Deze leeftijdsinvloed laat zich als volgt samenvatten.

Het percentage myristinezuur neemt sterk toe, van 21 % op een leeftijd van 4 à 5 tot 42 % op een leeftijd van minstens 10 weken. Oliezuur neemt af van 20 % tot 5 %, linolzuur van 7 % tot 2 % en linoleenzuur van 1,5 % tot 0 %.

Om een indruk te krijgen of deze verschuivingen in het vetzuurpatroon samenhangen met verschuivingen in het relatieve aandeel van de diverse lipidenfracties in de totale lipiden, of dat ook binnen deze fracties de vetzuurpercentages zich met de leeftijd wijzigen, werden enkele monsters huidoppervlakte-lipiden kwalitatief en kwantitatief met behulp van dunnelaag-chromatografie gescheiden. De belangrijkste lipidenfractie van het sebum bleek de fractie van de wassen (esters van lange vetzuren en hogere alcoholen) te zijn. Daarnaast konden op het dunnelaag-chromatogram duidelijke vlekken worden waargenomen op de plaatsen van hogere alcoholen, vrij cholesterol en vrije vetzuren. Naast deze fracties waren nog geringe hoeveelheden van niet nader geïdentificeerde fracties aanwezig, terwijl triglyceriden niet of in zeer geringe hoeveelheden aanwezig waren. Uit analyses van de vetzuurpatronen bleek, dat de karakteristieke eigenschappen van het vetzuurpatroon van totaal sebum vooral werden veroorzaakt door de wassen. Kalf C had op 4 weken leeftijd in deze fractie 37,0 % myristinezuur en 17,7 % kortere vetzuren en op 7 weken leeftijd 47,1 % myristinezuur en 28,2 % kortere vetzuren. Bij kalf D werden soortgelijke cijfers gevonden, zij het dat de resultaten van de analyses op 4 weken en op 7 weken net andersom waren. Bij deze kalveren bevatte de fractie van de vrije vetzuren veel minder myristinezuur, n.l. van gemiddeld 7 % op 4 weken tot 9,5 % op 7 weken en ook veel minder kortere vetzuren, n.l. gemiddeld 3,5 % resp. 7 %. In deze fractie waren olie-, palmitine- en stearinezuur de belangrijkste vetzuren. Van 4 tot 7 weken leeftijd daalde het percentage oliezuur sterk, n.l. van gemiddeld 34,0 % tot 24,7 % terwijl de percentages linolzuur en linoleenzuur enigszins stegen. De lange vetzuren tot $C_{26:0}$ kwamen zowel in de fractie wassen als in de vrije vetzuren voor.

Hoewel mijn gegevens zeer beperkt zijn, ligt het voor de hand te veronderstellen, dat de voornaamste oorzaak van de verschuivingen tussen de vetzuren onderling in het totale sebum onder invloed van de leeftijd van de kalveren werd veroorzaakt door een relatieve toename van de fractie wassen in het sebum, alhoewel verschui-

vingen in de vetzuursamenstelling binnen de lipidenfracties niet kunnen worden uitgesloten.

Uit de verzamelde gegevens kunnen tenslotte de volgende drie conclusies worden getrokken.

De vetuitscheiding via de huid wordt niet beïnvloed door de aard van het rantsoenvet als kunstmelkpreparaten worden verstrekt, die volgens het sproei-droogproces zijn bereid.

Er is geen samenhang tussen de vetzuursamenstelling van de belangrijkste fracties van de huidoppervlakte-lipiden en het subcutaan depotvet.

Het sebum van niet-herkauwende kalveren heeft, net als bij andere diersoorten, een specifieke samenstelling, zoals bijv. vergelijking met de vetzuurpatronen van het sebum van ratten (Nikkari & Haahti, 1964; Wheatley & James, 1957) en van cavia's, muizen en konijnen (Wheatley & James, 1957) leren.

7 Onderzoekresultaten gezien tegen de achtergrond van de praktijk van de kalvermesterij

In de voorafgaande hoofdstukken is o.a. gesproken over de uiterst geringe verschillen in verteringscoëfficiënten voor de diverse rantsoenvetten en over de invloed van deze vetten op de chemische samenstelling van de karkassen. Wat is hiervan de praktische betekenis? Bij het gebruik van kunstmelkpreparaten, bereid volgens het sproeidroog-procédé, zou op grond van de verteerbaarheid verwacht kunnen worden, dat er geen grote verschillen in groei en voederconversie zullen optreden wanneer alleen dierlijk vet wordt gebruikt, vergeleken met mengsels van dierlijk vet en een plantaardig vet met veel middellange vetzuren (palmpitvet, kokosvet).

Zoals ik echter heb betoogd is er een belangrijk verschil in het metabolisme van de verteerbare vetzuren. In de eerste weken van de mestperiode is de vetaanzet bij de kalveren nog minimaal. Wordt dan een vet aangeboden, dat een eiwitsparend effect heeft, dan kan dit resulteren in een snellere groei door een verhoogde vorming van spierweefsel. Als daardoor eerder die fysiologische verhouding van spierweefsel tot beenderstelsel is bereikt, waarbij de vetaanzet een rol van betekenis gaat spelen, dan kan het uiteindelijke resultaat ook een wat vetter kalf zijn. Het laatste effect zal theoretisch groter zijn als in de periode van vetaanzet uitsluitend dierlijk vet wordt verstrekt. Het rendement van vetten met dezelfde verteerbaarheid hoeft dus niet even groot te zijn. Bij de op ons instituut uitgevoerde voederproeven bleken rantsoenen waarin het vet voor 25 % of 50 % uit palmpitvet bestond een betere groei en voederconversie te geven hetzij alleen gedurende de eerste vier weken hetzij over de gehele mestperiode.

Bij de vergelijking van het effect van dierlijk vet, resp. palmpitvet, werden de vetten op gewichtsbasis vervangen. In wezen verstrekt men dan echter niet dezelfde bruto calorische energie want deze is voor palmpitvet ruim 0,5 kcal/g lager dan voor rundvet of reuzel (Prabucki & Schürch, 1967). Het rendement van palmpitvet is dus eigenlijk nog iets groter dan uit de voederproeven bleek. Als men een rantsoen met dierlijk vet op iso-calorische basis wil vergelijken met een rantsoen met palmpitvet, dan krijgt men de volgende verschuivingen in de samenstelling. Stel een kunstmelkpoeder bevat 20 % vet, waarvan 18 % rundvet/reuzel 1:1 en 2 % soja-lecithine en daarnaast o.a. 6 % zetmeel (vochtgehalte ± 13 %). Als het dierlijk vet wordt vervangen door palmpitvet dan moet het rantsoen naast 2 % soja-lecithine 19,6 % palmpitvet en 4,4 % zetmeel bevatten om iso-calorisch te zijn met het eerstgenoemde rantsoen. Als men omgekeerd uitgaat van een rantsoen met 18 % palmpitvet, 2 % soja-lecithine en 6 % zetmeel, dan verkrijgt men een iso-calorische vervanging door 16,5 % dierlijk vet en 7,5 % zetmeel te verwerken. Bij

gebruik van kokosvet gelden dezelfde overwegingen.

De overgang van een rantsoen met palmpitvet of kokosvet naar een rantsoen met uitsluitend dierlijk vet zou moeten plaatsvinden op een leeftijd van 6 – 8 weken omdat dan de groei van spierweefsel gaat verminderen en van vetweefsel gaat toenemen. Aangezien de leeftijd waarop de kalveren worden opgezet voor de mesterij ongeveer 6 – 14 dagen is, zou als norm voor het tijdstip waarop van rantsoenvet moet worden veranderd, 6 à 7 weken na het opzetten van de kalveren kunnen worden genomen.

Zoals wij hebben aangetoond, kan het gebruik van een gemengd rantsoenvet van rundvet, reuzel en palmpitvet over de gehele mestperiode ook in een betere vetaanzet resulteren dan het gebruik van dierlijk vet alleen over de gehele mestperiode. Theoretisch is het echter wenselijk om dezelfde hoeveelheid palmpitvet die de kalveren met een gemengd vetrantsoen opnemen in een volledige mestperiode, apart te geven in de eerste weken. Op basis van voederopnamegegevens uit één van mijn proeven heb ik berekend dat, uitgaande van een rantsoen waarin zich 6 % palmpitvet naast 6 % rundvet, 6 % reuzel en 2 % lecithine bevindt, de kalveren over de gehele mestperiode van 16 weken 10,1 kg palmpitvet opnemen. Dezelfde hoeveelheid zouden ze met een rantsoen met 18 % palmpitvet en 2 % soja-lecithine opnemen in 8½ week. Zou dit laatste rantsoen echter alleen de eerste 6 of 7 weken worden verstrekt, dan zouden de kalveren resp. slechts 5,2 en 7,4 kg palmpitvet opnemen.

Uiteraard speelt behalve de prijs van de vetten nog een tweede economische factor een rol, n.l. in hoeverre de kosten stijgen als twee kalvermelkpoeders moeten worden geproduceerd, met twee soorten vet. Een bespreking van dit aspect valt uiteraard buiten het kader van deze publikatie.

Tenslotte moeten we nog aandacht besteden aan de beoordeling van de kwaliteit van de geslachte kalveren. Om een duidelijk inzicht te krijgen in de onderlinge verhoudingen van vlees, vet en beenderen in de karkassen heb ik analyses verricht aan de drie-ribstukken van de kalveren, hetgeen in de praktijk uiteraard onmogelijk is. Het was daarom zinvol ook de subjectieve beoordeling van enkele kwaliteitsaspecten van de karkassen in het onderzoek te betrekken en in verband te brengen met de resultaten van het chemisch onderzoek (Veen, 1971b).

De cijfermatige beoordeling van de vetheid van het gehele karkas was positief en statistisch wezenlijk gecorreleerd met het totale percentage vetweefsel in de ribstukken (r = 0,65), met het totale percentage vetweefsel in de beenloze ribstukken (r = 0,68) en met het totale percentage extraheerbaar vet (chemisch vet) in de beenloze ribstukken (r = 0,76) en negatief gecorreleerd met de verhouding spierweefsel/vetweefsel in de ribstukken (r = —0,74). De beoordeling van de vetbedekking was positief gecorreleerd met het percentage subcutaan vetweefsel in de ribstukken (r = 0,69) en in de beenloze ribstukken (r = 0,70) en met het percentage extraheerbaar subcutaan vet in de beenloze ribstukken (r = 0,73).

Aangezien de verhoudingen van vlees, vet en beenderen in de drie-ribstukken (7e tot 9e rib) van kalveren een goede maatstaf zijn voor de verhoudingen in een

heel karkas (Martin & Torreelle, 1962) kunnen we stellen, dat de subjectieve beoordeling van de vetheid van karkassen van mestkalveren een goede indicatie is voor de werkelijke relatieve hoeveelheid vet in het karkas. Hierbij moeten we echter een aantal kritische opmerkingen maken. In de eerste plaats bleek uit grafieken waarin de cijfermatige beoordeling van de vetheid van de karkassen was uitgezet tegen de verhouding spierweefsel/vetweefsel resp. het percentage subcutaan vet in de ribstukken, dat de grootste afwijkingen van de regressielijn juist voorkwamen in het gebied van 8—, 9— (te weinig vet), 10 (optimaal vet), 9+, 8+ (te veel vet), d.w.z. in een gebied waarin een groot deel van de beoordelingen vallen. Het is denkbaar dat de positieve effecten van palmpitvet op de uiteindelijke vetheid van het karkas wel tot uiting zullen komen bij een statistische vergelijking van een groot aantal karkassen, maar dat het effect voor de individuele kalvermesterij niet evident is.

In de tweede plaats is het belangrijkste punt in de vetbedekking van het karkas, dat het vet gelijkmatig is verdeeld over het gehele karkas. Dit bepaalt n.l. mede de indruk van blankheid, wat een belangrijk kwaliteitskenmerk van het geslachte kalf is (Bergström, 1965). Dat daarbij het bedekkend vetweefsel eventueel een betrekkelijk laag percentage extraheerbaar vet zou bevatten is van minder betekenis, aangezien de consistentie van het vetweefsel bij mestkalveren geen rol speelt.

Tenslotte moet er nog op worden gewezen, dat men de vetheid van het karkas beoordeelt aan zowel de vetbedekking als aan het aanwezige inwendige vet ('nier- en slotvet'). Dat inwendige vet heeft voor de menselijke consumptie geen enkele betekenis, maar het wordt gebruikt als een aanwijzing voor de mate waarin het spierweefsel 'gemarmoreerd' zal zijn, d.w.z. de mate waarin intramusculair vet is afgezet. Deze marmorering van het spierweefsel wordt vaak in verband gebracht met de malsheid van het vlees maar de correlatie is in het algemeen zwak (Romans et al., 1965; Pearson, 1966; Guruva Reddy et al., 1970).

Een hogere correlatie is gevonden met het kenmerk sappigheid van het vlees (Pearson, 1966), maar deze gegevens berusten alle op oudere en vettere runderen. Het ligt echter wel voor de hand dat een zekere mate van vetafzet in het vlees de smakelijkheid daarvan verhoogt.

Nu heb ik aangetoond, dat er een positief niet-lineair verband bestaat tussen de aanzet van totaal extraheerbaar vet uit de vetweefsels als percentage van het beenloze ribstuk en het percentage vet in de spieren (fig. 3). Uit de grafiek kan men echter zien dat de sterkste stijging in vetgehalte van de spieren optreedt bij de tussenribspieren, terwijl het vetgehalte van de *m. longissimus dorsi* slechts zeer langzaam stijgt met een toenemend gehalte uit vetweefsel extraheerbaar vet. Bovendien bleek dat de variatie in het percentage vet in de *m. longissimus dorsi* bijzonder klein was tegenover de grote variatie in extraheerbaar vet uit vetweefsel (Veen, 1973a). Dit gevoegd bij het feit dat alle voor de consumptie belangrijke spieren eenzelfde laag percentage vet bleken te bevatten als de *m. longissimus dorsi*, en dat er wat deze percentages betreft geen wezenlijke verschillen waren tussen een na 8 weken en een na 16 weken geslacht kalf, leidt ons tot de conclusie dat de mate

van vetheid van een slachtrijp kalf geen rechtstreekse invloed heeft op de smakelijkheid van het vlees. De mate van vetheid van het karkas geeft natuurlijk wel een indicatie voor de slachtrijpheid van het kalf en aangezien bij eigen onderzoek is gevonden dat na 16 weken de voor consumptie belangrijke spieren wel een iets hoger eiwitgehalte hebben dan na 8 of 11 weken (Veen, 1973a), kan men verwachten, dat de kwaliteit van het vlees bij een kalf met geringe vetaanzet wat minder is dan bij een kalf dat door een goede vetaanzet toont volledig slachtrijp te zijn.

Samenvatting

De belangrijkste energiebron in het voeder voor mestkalveren is het vet. Aangezien het reeds lang niet meer rendabel is om kalveren te mesten met volle melk zijn er kunstmelkpreparaten ontwikkeld. Het belangrijkste eiwit daarin is nog steeds melkeiwit, maar voor de vervanging van het melkvet komen verschillende vetten van dierlijke en plantaardige oorsprong in aanmerking.

Uit de literatuur blijkt dat bij voeder- en verteringsproeven met hoog onverzadigde plantaardige oliën aanvankelijk slechte resultaten werden behaald. Door het gebruik van emulgatoren en door een verbeterde technische bereidingswijze van de kunstmelkpreparaten kon een fijnere verdeling van het vet in de aangemaakte kunstmelk bereikt worden.

Hoofdstuk 2 behandelt de verteerbaarheid van rundvet, reuzel, palmpitvet, gedeeltelijk gehydrogeneerde visolie en enkele mengsels van vetten in kunstmelkpreparaten, die volgens het sproeidroog-proces bereid waren en 18 à 19 % vet en 1 à 2 % soja-lecithine bevatten. Alle vetten bleken even goed verteerbaar te zijn. De voor rundvet gevonden verteringscoëfficiënt was hoger dan door enkele andere onderzoekers werd gevonden. Een verklaring hiervoor werd gezocht in de verwerking van soja-lecithine en het daardoor relatief hoge gehalte linolzuur in de proefvoeders. Hierdoor kon ook niet een eventuele positieve invloed van laurinezuur op de verteerbaarheid van lange vetzuren worden waargenomen. Stearinezuur bleek zelfs in een rantsoen met dierlijk vet beter verteerbaar te zijn dan in een rantsoen met dierlijk vet en palmpitvet. Dit kan mogelijk het gevolg zijn geweest van een selectieve absorptie van vetzuren en monoglyceriden door de membranen van de mucosacellen van de darm.

De uitscheiding van metabolisch fecaal vet varieerde van 18 – 62 mg/kg lichaamsgewicht (gemiddeld 35,5, n = 29) (hoofdstuk 3). Deze geringe uitscheiding had geen invloed van betekenis op de bepaling van de verteringscoëfficiënten van de vetten. Bij een hoge verteringscoëfficiënt van het rantsoenvet was er een duidelijke invloed van het vetzuurpatroon van metabolisch fecaal vet op dat van het totale fecale vet. Karakteristiek voor metabolisch fecaal vet waren de vertakte en onvertakte vetzuren met 15 en 17 koolstofatomen en rechte vetzuurketens met 20 t/m 26 koolstofatomen.

Het metabolisch fecaal vet bestond voor een belangrijk deel uit bacteriële lipiden. Aanwijzingen hiervoor werden gevonden in de resultaten van vetzuuranalyses van lipiden uit de inhoud van het spijsverteringskanaal (pens, caecum, colon) en uit bacteriën, die gekweekt waren na enting van een vloeibare voedingsbodem met een

fecessuspensie. De bacteriën uit het darmkanaal vertoonden een hydrogenerende werking, waardoor mede het hoge percentage stearinezuur in fecale lipiden verklaard kan worden.

Het vetgehalte van de door ons onderzochte vetweefsels liep sterk uiteen (hoofdstuk 4). Het vetweefsel rond de nieren bevatte het meeste extraheerbaar vet en het subcutaan vetweefsel op de borstspier het minste.

Er bleek een duidelijke positieve correlatie tussen het percentage extraheerbaar vet in de subcutane vetweefsels en het procentuele aandeel van deze vetweefsels in de beenloze drie-ribstukken (7e t/m 9e rib). Op grond van de percentages extraheerbaar vet in de vetweefsels van kalveren, die na 11 of na 16 weken werden geslacht werd een conclusie getrokken over de wijze waarop de vetweefsels zich ontwikkelen.

Het soort vet in de kunstmelk had geen invloed op de vulling van de vetweefsels met extraheerbaar vet, behalve in het geval van reuzel, dat aanleiding gaf tot een relatief hoge vulling van de vetweefsels. Kalveren die rantsoenvetten kregen waarin palmpitvet was verwerkt vertoonden op slachtrijpe leeftijd een iets betere vetaanzet dan kalveren, die uitsluitend dierlijk vet kregen.

Ter verklaring van deze waarneming werd een theorie opgesteld, waarbij werd overwogen, dat de middellange vetzuren uit palmpitvet door een eiwitsparend effect de aanzet van spierweefsel in de eerste levensweken zou bevorderen waardoor de kalveren eerder vet zouden kunnen gaan aanzetten. Dierlijke vetten bleken het meest geschikt als rantsoenvet voor kalveren, die in een periode van sterke vetweefselontwikkeling verkeerden. De middellange vetzuren, karakteristiek voor palmpitvet, werden slechts in zeer geringe mate in vetweefsels afgezet. Stearine-, olie- en linolzuur uit het rantsoenvet bleken echter zeer geschikt om in depotvet te worden afgezet. Er bleek een negatieve correlatie tussen het percentage palmitinezuur in het rantsoenvet en in het vet rond de nieren. Er werden aanwijzingen gevonden, dat het organisme van een kalf de mogelijkheid bezit om verzadigde vetzuren om te zetten in éénvoudig onverzadigde vetzuren.

In het algemeen bevatte een vetweefsel met een lager percentage extraheerbaar vet een hoger percentage monoëenzuren en een lager percentage stearinezuur in de vetzuren.

Het totale lipidengehalte van de *musculus longissimus dorsi* varieerde bij de slachtrijpe kalveren van 1,44 – 2,58 %, het lipidengehalte van de tussenribspieren van het drie-ribstuk van 4,66 – 9,29 % (hoofdstuk 5). Van kalveren, die na 11 weken werden geslacht waren deze cijfers resp. 1,08 – 1,82 % en 3,37 – 6,84 %. De toenemende vetaanzet in het karkas van kalveren vanaf ca. 10 weken kwam maar in geringe mate tot uiting in de voor de consumptie belangrijke spieren, maar in sterkere mate in de tussenribspieren. Het vetzuurpatroon van de totale spierlipiden kenmerkte zich door een relatief hoog percentage meervoudig onverzadigde vetzuren. Deze vetzuren bleken zich in de polaire lipidenfractie te bevinden. Het vetzuurpatroon van de neutrale lipidenfractie (intramusculair vet) was sterk verwant aan die van intermusculair vet maar vertoonde toch nog belangrijke verschillen ten

aanzien van palmitine-, stearine- en oliezuur.

De aard van het rantsoenvet had geen invloed op de vetuitscheiding via de huid, berekend als percentage van het gewicht van de niet-gedroogde haren (hoofdstuk 6). Het vetzuurpatroon van de huidoppervlakte lipiden werd nauwelijks door dat van het rantsoenvet beïnvloed. Karakteristiek voor de huidoppervlakte lipiden waren de hoge percentages myristinezuur en middellange vetzuren. Het percentage myristinezuur nam sterk toe met de leeftijd, terwijl het aandeel van olie-, linol- en linoleenzuur in het vetzuurmengsel sterk daalde. De belangrijkste lipidenfractie in het sebum bleek die van de wassen te zijn. Deze fractie bleek voornamelijk verantwoordelijk voor het hoge percentage myristinezuur en middellange vetzuren in de totale lipiden.

In hoofdstuk 7 worden suggesties gedaan voor de toepassing van de onderzoekresultaten in de praktijk. Tot een leeftijd van 6 – 8 weken zou aan de mestkalveren een kunstmelk met uitsluitend kokos- of palmpitvet verstrekt moeten worden en daarna één met uitsluitend dierlijk vet, in beide gevallen met een aanvulling van soja-lecithine.

Alhoewel het gebruik van een gemengd rantsoenvet van rundvet, reuzel en palmpitvet ook aanleiding kan geven tot een wat vetter karkas dan het gebruik van alleen dierlijk vet, kan men een groter rendement verwachten van minder palmpit- of kokosvet als men dat als enig vet gedurende de eerste 6 à 7 weken van de mestperiode gebruikt. Aangezien de bruto calorische waarde van palmpit- en kokosvet 0,5 kcal/g lager is dan van dierlijk vet en er geen verschillen zijn in verteerbaarheid van deze vetten, is het rendement van eerstgenoemde vetten nog groter dan in eerste instantie uit de proefresultaten bleek, omdat bij alle rantsoenen uitgegaan werd van een onderlinge vervanging van de vetten op gewichtsbasis.

De beoordeling van de kwaliteit van een geslacht kalf berust op subjectieve waarnemingen. De beoordeling van de kwaliteit van onze proefkalveren ten aanzien van de vetaanzet was goed gecorreleerd met de resultaten van het laboratoriumonderzoek. Het is echter denkbaar, dat bij het laboratoriumonderzoek gevonden wezenlijke verschillen tussen kalveren met een gematigde vetaanzet niet tot uiting komen in verschillen volgens subjectieve beoordelingsmaatstaven. Een goede ontwikkeling van de vetweefsels in de buikholte wordt als maatstaf genomen voor de totale vetaanzet in het kalf en dus ook voor de mate waarin het vlees gemarmoreerd zal zijn. Er bleek echter maar een geringe variatie te kunnen optreden in het totale lipidengehalte van de voor de consumptie belangrijke spieren. Het is daarom niet te verwachten, dat de mate van vetaanzet in een karkas via de aanzet van marmoreringsvet in het vlees een belangrijke invloed heeft op de smakelijkheid van dat vlees.

Summary

Chemical, nutritional and physiological aspects of animal and vegetable fats in milk replacers for veal calves

Fat is the most important source of energy in food of veal calves. For a long time it has not been profitable to fatten calves with whole milk so that milk replacers have been developed. Milk protein is still the most important protein in these milk replacers, but for the replacement of milk fat, various fats from animal and vegetable sources are suitable.

Published data show that highly unsaturated vegetable oils gave bad results initially in feeding and metabolic trials. But the use of emulsifying agents and better techniques of production have allowed a finer distribution of the fat in the reconstituted milk.

Chapter 2 deals with the digestibility of beef tallow, lard, palm-kernel oil, partially hydrogenated fish oil and mixtures of fats in an amount of 18 to 19 % together with 1 to 2 % soya lecithin in milk replacers prepared according to the spray-drying procedure. The results are summarized in Table 1. All of the fats proved equally digestible. The digestibility coefficient of beef tallow was higher than that found by some other scientists. The reason for this difference may lie in the supplementation of the diets with soya lecithin which caused a relatively high percentage of linoleic acid (Table 2). For this reason, too, it was not possible to determine whether lauric acid had a positive influence on the digestibility of long-chain fatty acids. Stearic acid even proved more digestible in a diet containing animal fat than in one containing animal fat and palm-kernel oil. This was possibly because of a selective absorption of fatty acids and monoglycerides by the membranes of the mucosa cells of the intestines.

The excretion of metabolic faecal fat ranged from 18 to 62 mg per kg of liveweight (average 35.5, n = 29) (Chapter 3). This slight excretion had no significant effect on the digestibility coefficients of the fats. When the digestibility coefficient of the dietary fat was high, the fatty acid pattern of metabolic faecal fat had a definite effect on that of total faecal fat. Branched and straight-chain fatty acids with 15 and 17 carbon atoms and straight-chain fatty acids with 20 to 26 carbon atoms were characteristic of metabolic faecal fat.

A considerable proportion of the metabolic faecal fat consisted of bacterial lipids. This was shown by the results of fatty acid analysis of lipids taken from the contents of the digestive tract (rumen, caecum, colon) and from bacteria which were raised after grafting a faecal suspension onto a culture medium. The bacteria from the intestinal tract had a hydrogenating effect that also helps to explain the high percentage of stearic acid in faecal lipids (Table 3).

The fat content of the fatty tissues, which I tested, varied sharply (Chapter 4). The perinephric fat contained the most extractable fat and the subcutaneous fatty tissue on the pectoral muscle the least (Table 4).

There was a positive correlation between the percentage of extractable fat in the subcutaneous tissues and the percentage share of these fatty tissues in the boneless (7-8-9) rib joints. On the basis of the percentages of extractable fat in the fatty tissues of calves slaughtered after 11 or after 16 weeks, a conclusion is drawn about the way in which fatty tissues develop.

The type of fat in the dry milk substitute had no influence on the amount of extractable fat in the fatty tissues, except in the case of lard, which produced a relatively high percentage of extractable fat in the fatty tissues. Calves receiving a diet containing palm-kernel oil showed at slaughtering age a somewhat better fat deposition than calves receiving animal fat only (Fig. 2).

In an attempt to explain this phenomenon, a theory is developed which is based on the assumption that the medium-chain fatty acids from palm-kernel oil, by a protein-saving effect, stimulate the deposition of muscle tissue during the first weeks of life, so that the calves can start depositing fat earlier. Animal fats proved to be the most suitable dietary fat for calves going through a period of heightened fatty tissue development.

The medium chain fatty acids characteristic of palm-kernel oil were deposited only to a very slight extent in the fatty tissues (Table 5). Stearic, oleic and linoleic acid from the dietary fat, however, proved to be extremely suited for deposition in adipose tissue (Table 6). There was a negative correlation between the percentage of palmitic acid in the dietary fat and in the perinephric fat (Table 6). There were indications that the calf has the ability to transform saturated fatty acids into monounsaturated fatty acids.

In general, adipose tissue with a lower percentage of extractable fat contained a higher percentage of monoenoic acids and a lower percentage of stearic acid in the fatty acids.

The total lipid content of the *musculus longissimus dorsi* varied in calves of slaughtering age from 1.44 to 2.58 %, and the lipid content of the intercostal muscles from 4.66 to 9.29 % (Chapter 5). The figures for calves slaughtered after 11 weeks were 1.08 to 1.82 % and 3.37 to 6.84 %, respectively. The increasing fat deposition in the carcass of calves from 10 weeks onward was reflected only very slightly in those muscles which are important for consumption purposes, but to a greater degree in the intercostal muscles.

The fatty acid pattern of the total muscle lipid was characterized by a relatively high percentage of polyunsaturated fatty acids. These fatty acids were found in the polar lipid fraction. The fatty acid pattern of the neutral lipid fraction (intramuscular fat) was closely related to that of intermuscular fat, but did differ considerable with respect to palmitic, stearic and oleic acid (Table 7).

The nature of the dietary fat had no effect on the fat excretion through the skin, calculated as a percentage of the weight of the undried hairs (Table 8) (Chapter 6).

The fatty acid pattern of the skin surface lipids was scarcely influenced by that of the ration fat. High percentages of myristic acid and medium-chain fatty acids were characteristic for the skin surface lipids. The percentage of myristic acid increased sharply with age, while the percentage of oleic, linoleic and linolenic acid in the fatty acid mixture decreased markedly. The most important lipid fraction in the sebum was that of the waxes. This fraction was chiefly responsible for the high percentage of myristic acid and medium-chain fatty acids in the total lipids.

In Chapter 7 some suggestions are given for practical applications of the results of the investigation. Up to the age of 6 – 8 weeks the veal calves could be given a dry milk substitute with coconut or palm-kernel oil and after that one with animal fat only, in both cases supplemented with soya lecithin.

Although the use of a mixed diet of beef tallow, lard and palm-kernel oil can produce a somewhat fatter carcass than the use of animal fat only, a greater yield can be expected from less palm-kernel oil or coconut oil, if one is using this as the sole fat during the first 6 to 7 weeks of the fattening period. Since the gross caloric value of palm-kernel oil and coconut oil is 0,5 kcal/g lower than that of animal fat, and there is no difference in digestibility, the yield from the former fats is even greater than originally indicated by the results of the experiments, since in all the diets the fats were interchanged on a weight basis.

The assessment of the quality of a slaughtered calf is based on subjective observations. The assessment of the quality of my test calves with respect to fatness was in close agreement with the results of the laboratory investigations. It is, however, possible, that differences between calves of moderate fatness, as shown by the laboratory investigations, are not evident in findings obtained using subjective standards of assessment. The development of fatty tissues in the abdominal cavity is used as a standard for the total fat deposition in the calf, and thus also for the degree to which the meat is marbled. However, only a slight variation in marbling fat was apparent in the total lipid content of the muscles which are important for consumption purposes. For this reason, it is unlikely that the degree of fatness in a carcass, as shown by the marbling, has any substantial influence on the tastiness of that meat.

Literatuur

Ailhaud, G., D. Samuel, M. Lazdunski & P. Desnuelle, 1964. Quelques observations sur le mode d'action de la monoglycéride transacylase et de la diglycéride transacylase de la muqueuse intestinale. Biochim. biophys. Acta 84: 643 – 664.

Akashi, S. & K. Saito, 1960. A branched saturated C_{15} acid (sarcinic acid) from *Sarcina* phospholipids and a similar acid from several microbial lipids. J. Biochem., Tokyo 47: 222 – 229.

Allner, R., U. Hoerger & R. E. Bader, 1971. Vergleichende Untersuchungen über den Gehalt an langkettigen, verzweigten und nicht verzweigten Fettsäuren von *Bdellovibrio* bacteriovirus, einer saprophytischen Mutante und *Escherichia coli*. Zentbl. Bakt. ParasitKde, Abt. I, Orig. A 218: 87 – 92.

Amich-Galí, J. & J. Rossi, 1965. Research on the value of animal fats and sugar glycerides in the diets of calves. Publication No. E-107, National Renderers Association, European Office, Rome, Italy.

Amich-Galí, J. & J. Rossi, 1967. Research on the productive energy of animal and vegetable fats in milk replacers. Publication No. E-108, National Renderers Association, European Office, Rome, Italy.

Aurousseau, B., 1972. Utilisation énergétique et azotée de régimes comportant des acides caprylique, laurique et myristique par le rat en croissance. Influence du niveau d'alimentation. Annls Biol. anim. Biochim. Biophys. 12: 263 – 280.

Bach, A. & P. Métais, 1970. Graisses à chaines courtes et moyennes. Aspects physiologiques, biochimiques, nutritionnels et thérapeutiques. Annls Nutr. Aliment. 24: 75 – 144.

Barker, H. B., G. H. Wise & N. L. Jacobson, 1952. Filled milk for dairy calves. 3. Comparative value of soybean oils and butter oil in a practical dietary regime. J. Dairy Sci. 35: 507 – 514.

Bergström, P. L., 1965. De slachtkwaliteit bij vette kalveren. Veeteelt-Zuivelber. 8: 169 – 172.

Blaschy, H. & W. Zimmermann, 1971. Gaschromatografische Untersuchungen von Fettsäuren verschiedener Bakterienarten. Zentbl. Bakt. ParasitKde, Abt. I, Orig. A 218: 468 – 477.

Bloom, B., I. L. Chaikoff & W. O. Reinhardt, 1951. Intestinal lymph as pathway for transport of absorbed fatty acids of different chain lengths. Am. J. Physiol. 166: 451 – 455.

Bollinger, J. N. & R. Reiser, 1965. The metabolic fate of fatty acids derived from dietary triglycerides. J. Am. Oil Chem. Soc. 42: 1130 – 1133.

Brady, R. O. & S. Gurin, 1950. The biosynthesis of radioactive fatty acids and cholesterol. J. biol. Chem. 186: 461 – 469.

Brune, H., H. Büchsenschütz & E. A. Helali, 1971. Zum Fettstoffwechsel des Kalbes. Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelk. 27: 215.

Burt, A. W. A. & S. M. Irvine, 1970. Carbohydrates in milk replacers for calves. J. Sci. Fd Agric. 21: 342 – 346.

Callow, E. H., 1958. Comparative studies of meat. 6. Factors affecting the iodine number of fat from the fatty and muscular tissues of lambs. J. agric. Sci., Camb. 51: 361 – 369.

Callow, E. H. & S. R. Searle, 1957. Comparative studies of meat. 5. Factors affecting the iodine number of the fat from the fatty and muscular tissues of cattle. J. agric. Sci., Camb. 48: 61 – 69.

Carlson, W. E. & H. S. Bayley, 1968. Utilization of fat by young pigs: fatty acid composition

of ingesta in different regions of the digestive tract and apparent and corrected digestibilities of corn oil, lard and tallow. Can. J. Anim. Sci. 48: 315 – 322.

Cocks, L. V. & C. van Rede, 1966. Laboratory handbook for oil and fat analysts, Academic Press, London and New York.

Cunningham, H. M. & J. K. Loosli, 1954. The effect of fat free diets on young dairy calves with observations on metabolic faecal fat and digestion coefficients for lard and hydrogenated coconut oil. J. Dairy Sci. 37: 453 – 461.

Dammers, J., 1965. Voeding van mestkalveren. Veeteelt-Zuivelber. 8: 262 – 268.

Davenport, H. W., 1961. Physiology of the digestive tract, Year book Medical Publishers Inc. Chicago.

Dawson, R. M. C., 1959. Hydrolysis of lecithin and lysolecithin by rumen micro-organisms of the sheep. Nature, Lond. 183: 1822 – 1823.

Duncan, W. R. H. & G. A. Garton, 1967. The fatty acid composition and intramolecular structure of triglycerides derived from different sites in the body of the sheep. J. Sci. Fd Agric. 18: 99 – 102.

Erwin, E. S. & W. Sterner, 1963. Dietary lipids and fatty acid deposition in various calf tissues. Am. J. Physiol. 205: 1151 – 1153.

Flatt, J. P., 1970. Conversion of carbohydrate to fat in adipose tissue an energy yielding and therefore self limiting process. J. Lipid Res. 110: 131 – 142.

Freeman, C. P., 1969. Properties of fatty acids in dispersions of emulsified lipid and bile salt and the significance of these properties in fat absorption in the pig and the sheep. Br. J. Nutr. 23: 249 – 263.

Frens, A. M., 1961. Voedingsfysiologische aspecten bij het mesten van jonge kalveren met uitsluitend vloeibare rantsoenen. Tijdschr. Diergeneesk. 86: 1636 – 1647.

Garton, G. A. & W. R. H. Duncan, 1969. Effect of diet and rumen development on the composition of adipose tissue triglycerides of the calf. Br. J. Nutr. 23: 421 – 427.

Garton, G. A., P. N. Hobson & A. K. Lough, 1958. Lipolysis in the rumen. Nature, Lond. 182: 1511 – 1512.

Gedek, B., 1969. Bakteriologische Faecesanalysen bei mit Milchaustauschern ernährten Kälbern. Zentbl. Bakt. ParasitKde, Abt. I, Orig. 209: 244 – 261.

Guruva Reddy, B., H. J. Tuma, D. L. Grant & R. C. Covington, 1970. Relationship of intramuscular fat and the vascular system to bovine tenderness. J. Anim. Sci. 31: 837 – 842.

Hartfiel, W., 1967. Die Fettsäurenverteilung in Fleisch und Depotfetten von Mastkälbern und -bullen im Hinblick auf eine Qualitätsbeurteilung. Fleischwirtschaft 47: 487 – 491.

Hartman, L., F. B. Shorland & B. Cleverley, 1958. Occurrence of trans-unsaturated acids in the faecal lipids of ruminants and non-ruminants. Biochem. J. 69: 1 – 5.

Hopkins, D. T., R. G. Warner & J. K. Loosli, 1959. Fat digestibility by dairy calves. J. Dairy Sci. 42: 1815 – 1820.

Jacobson, N. L., C. Y. Cannon & B. H. Thomas, 1949. Filled milks for dairy calves. 1. Soybean oil versus milk fat. J. Dairy Sci. 32: 429 – 434.

Jarvis, R. N. & R. K. Waugh, 1949. Cottonseed oils in purified and skim milk diets for calves. J. Dairy Sci. 32: 665 – 670.

Kastelic, J., O. G. Bentley & P. H. Phillips, 1950. Studies on growth and survival of calves fed semi-synthetic milks from birth. J. Dairy Sci. 33: 725 – 736.

Kauffman, R. G. & A. H. Safanie, 1967. Influences of porcine muscle structure on its lipid accumulation during growth. J. Fd Sci. 32: 283 – 286.

Kaufmann, H. P. & H. Dransfeld, 1960. Zur Biologie der Fette. XI. Resorptionsversuche mit Konjuenölen. Fette Seifen AnstrMittel 62: 265 – 271.

Kaufmann, H. P. & A. Mankel, 1966. Lipoide tierischer Organ- und Depotfette in Abhängigkeit von der Fütterung. III. Gas-chromatographische Analyse von Kälberfetten nach definierter Fütterung. Fette Seifen AnstrMittel 68: 645 – 650.

Kaunitz, H., R. E. Johnson & C. Belton, 1968. Relation of tissue triglycerides to dietary saturated medium- and long-chain triglycerides and linoleic acid level. J. Nutr. 94: 383 – 390.

Kaunitz, H., C. A. Slanetz, R. E. Johnson & V. K. Babayan, 1961. The regulation of depot fat by linoleic acid. J. Nutr. 73: 386 – 390.

Keeney, M., I. Katz & M. J. Allison, 1962. On the probable origin of some milk fat acids in rumen microbial lipids. J. Am. Oil Chem. Soc. 39: 198 – 201.

Kirschner, S. L. & R. S. Harris, 1961. The effect of chain length on the metabolism of saturated fatty acids by the rat. J. Nutr. 73: 397 – 402.

Krippl, J., G. Burgstaller & M. Kirchgessner, 1969. Zur Kälbermast mit Milchaustauschfutter unterschiedlicher Fettzusammensetzung. Bayer. landw. Jb. 46: 923 – 930.

Lambert, M. R., N. L. Jacobson, R. S. Allen & J. H. Zaletel, 1954. Lipid deficiency in the calf. J. Nutr. 52: 259 – 272.

Leat, W. M. F., A. Cuthbertson, A. N. Howard & G. A. Gresham, 1964. Studies on pigs reared on semi-synthetic diets containing no fat, beef tallow and maize oil: composition of carcass and fatty acid composition of various depot fats. J. Agric. Sci. 63: 311 – 317.

Lee, D. S., S. A. Hashim & Th. B. van Itallie, 1968. Effect of long chain triglyceride on chylous transport of medium chain fatty acids. Am. J. Physiol. 214: 294 – 297.

Link, B. A., R. W. Bray, R. G. Cassens & R. G. Kauffman, 1970. Fatty acid composition of bovine skeletal muscle lipids during growth. J. Anim. Sci. 30: 726 – 731.

Man, Th. J. de, 1951. Kalveropfokproef met gehydreerde soja-olie. Tijdschr. Diergeneesk. 76: 175 – 178.

Marchello, M. J., J. P. Fontenot & R. F. Kelley, 1969. Effect of pre- and post-ruminal administration of corn oil on ovine fat. J. Anim. Sci. 29: 874 – 881.

Martin, J. & G. Torreelle, 1962. L'appréciation de la qualité des carcasses bovines par la découpe du morceau tricostal 7, 8, 9. Annls Zootech. 11: 217 – 224.

Molnar, S., U. ter Meulen & H. Neumann, 1970. Untersuchungen zum Fettstoffwechsel des neugeborenen Kalbes mit ^{14}C-markierten Substanzen. 2. Mitteilung. Tracerstudien zum intermediären Fettstoffwechsel des neugeborenen Kalbes. Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelk. 26: 229 – 235.

Murley, W. R., N. L. Jacobson, G. H. Wise & R. S. Allen, 1949. Filled milks for dairy calves. 2. Comparative effects of various types of soybean oils and of butter oil on health, growth and certain blood constituents. J. Dairy Sci. 32: 609 – 619.

Niesar, K. H., 1963. Die 'Kettenverlängerung' exogener Caprin- und Laurinsäure im Organismus landwirtschaftlicher Nutztiere. Naturwissenschaften 50: 646 – 647.

Niesar, K. H., 1964. Futterfette und Fettsäurestoffwechsel als qualitätsbeeinflussende Faktoren tierischer Lebensmittel. Landw. Forsch. XVII, 18. Sonderheft: 128 – 138.

Niesar, K. H., 1965. Linoleic acid accumulation in relation to the type of fat in the diet. Fette Seifen AnstrMitttel 67: 340 – 343.

Nikkari, T. & E. Haahti, 1964. The composition of rat skin surface lipids. Analysis of the saponifiable and non-saponifiable fractions. Acta chem. scand. 18: 671 – 680.

Pan, Y. S., 1970. Breed and seasonal differences in quantities of lipids of skin surface and hair in cattle. J. agric. Sci., Camb. 75: 41 – 46.

Pearson, A. M., 1966. Desirability of beef – its characteristics and their measurement. J. Anim. Sci. 25: 843 – 854.

Prabucki, A. L. & A. Schürch, 1967. Zur energetischen Bewertung des Futterfettes. Landw. Forsch. XX, 21. Sonderheft: 109 – 113.

Radostits, O. M. & J. M. Bell, 1970. Nutrition of the pre-ruminant dairy calf with special reference to the digestion and absorption of nutrients: a review. Can. J. Anim. Sci. 50: 405 – 452.

Raven, A. M. & K. L. Robinson, 1958. Studies of the nutrition of the young calf. 1. A comparison of starch, lactose, and hydrogenated palm oil, with butterfat, in milk diets. Br. J.

Nutr. 12: 469 – 482.
Raven, A. M. & K. L. Robinson, 1959. Studies of the nutrition of the young calf. 2. The nutritive value of unhydrogenated palm oil, unhydrogenated palm-kernel oil and butterfat, as additions to a milk diet. Br. J. Nutr. 13: 178 – 190.
Raven, A. M. & K. L. Robinson, 1960. Studies of the nutrition of the young calf. 3. A comparison of unhydrogenated palm-kernel oil, hydrogenated palm-kernel oil, and butterfat, as constituents of a milk diet. Br. J. Nutr. 14: 135 – 146.
Raven, A. M. & K. L. Robinson, 1964. Factors affecting the nutritive value of fat for calves. 1. The mode of incorporation into milk diets. J. Sci. Fd Agric. 15: 214 – 219.
Reiser, R., 1951. Hydrogenation of polyunsaturated fatty acids by the ruminant. Fedn Proc. Fedn Am. Socs exp. Biol. 10: 236.
Reiser, R., M. C. Williams, M. F. Sorrels & N. L. Murty, 1963. Biosynthesis of fatty acids and cholesterol as related to diet fat. Archs Biochem. Biophys. 102: 276 – 285.
Romans, J. R., H. J. Tuma & W. L. Tucker, 1965. Influence of carcass maturity and marbling on the physical and chemical characteristics of beef. 1. Palatability, fiber diameter and proximate analysis. J. Anim. Sci. 24: 681 – 685.
Roy, J. H. B., 1964. The nutrition of intensively-reared calves. Vet. Rec. 76: 511 – 526.
Roy, J. H. B., 1970. Protein in milk replacers for calves. J. Sci. Fd Agric. 21: 346 – 351.
Roy, J. H. B., K. W. G. Shillam, S. Y. Thompson & D. A. Dawson, 1961. The effect of emulsification of a milk-substitute diet by mechanical homogenization and by the addition of soy bean lecithin on plasma lipid and vitamin A levels and on the growth of the newborn calf. Br. J. Nutr. 15: 541 – 554.
Roy, J. H. B., I. J. F. Stobo & H. J. Gaston, 1970. The nutrition of the veal calf. 3. A comparison of liquid skim milk with a diet of reconstituted spray-dried skim-milk powder containing 20 % margarine fat. Br. J. Nutr. 24: 459 – 475.
Senior, J. R., K. J. Isselbacher & D. M. Budz, 1963. Demonstration of an intestinal monoglyceride lipase: an enzyme with a possible role in the intracellular completion of fat digestion. J. clin. Invest. 42: 187 – 195.
Shorland, F. B., R. Q. Weenink & A. F. Johns, 1955. Effect of rumen on dietary fat. Nature, Lond. 175: 1129 – 1130.
Shorland, F. B., R. Q. Weenink, A. F. Johns & I. R. C. McDonald, 1957. The effect of sheep rumen contents on unsaturated fatty acids. Biochem. J. 67: 328 – 333.
Sirén, M. J., 1962. Effects of polyunsaturated fatty acids on the depot fats of young calves. Life Sci. 12: 717 – 720.
Sink, J. D., J. L. Watkins, J. H. Ziegler & R. C. Miller, 1964. Analysis of fat deposition in swine by gas-liquid chromatography. J. Anim. Sci. 23: 121 – 125.
Swope, F. C. & J. R. Brunner, 1970. Characteristics of the fat globule membrane of cow's milk. J. Dairy Sci. 53: 691 – 699.
Terrell, R. N. & R. W. Bray, 1969. Influence of sex, liveweight and anatomical location on bovine lipids. III. Fatty acid composition of the neutral and phospholipid fractions from three muscles. J. Anim. Sci. 29: 288 – 293.
Tiews, J., J. Amich-Galí & J. Gropp, 1972. The feasibility of using beef tallow as sole source of fat in milk replacers for veal calves. Publication No. E-114, National Renderers Association, European Office, Brussels, Belgium.
Toullec, R., 1968. Absorption des matières grasses par la voie lymphatique chez le veau préruminant. Annls Biol. anim. Biochim. Biophys. 8: 445 – 447.
Toullec, R., J. Flanzy & J. Rigaud, 1968. Dosage des lipides des fèces. Extraction séparée, importance et composition en acides gras des lipides non saponifiés et de ceux des complexes insolubles. Annls Biol. anim. Biochim. Biophys. 8: 281 – 289.
Toullec, R. & C. M. Mathieu, 1969. Utilisation digestive des matières grasses et de leurs principaux acides gras par le veau préruminant à l'engrais. Influence sur la composition

Digestibility coefficients of fat and nitrogen, metabolic faecal fat excretion and nitrogen retention. Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelk. 26: 264 – 279.

Veen, W. A. G., 1970b. Animal and vegetable fats in milk replacers for veal calves. 2. Fatty acid patterns of food and faeces. Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelk. 26: 289 – 298.

Veen, W. A. G., 1971a. Animal and vegetable fats in milk replacers for veal calves. 3. A comparison of two methods of extracting faecal fat; digestibility coefficients of fatty acids. Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelk. 27: 193 – 203.

Veen, W. A. G., 1971b. Animal and vegetable fats in milk replacers for veal calves. 4. Subjective assessment of the carcass and chemical examination of adipose tissues. Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelk. 28: 199 – 218.

Veen, W. A. G., 1972. Animal and vegetable fats in milk replacers for veal calves. 5. Fatty acid patterns in various adipose tissues. Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelk. 30: 1 – 19.

Veen, W. A. G., 1973a. Animal and vegetable fats in milk replacers for veal calves. 6. Chemical analysis of muscle tissues. Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelk. 30: 289 – 304.

Veen, W. A. G., 1973b. Animal and vegetable fats in milk replacers for veal calves. 7. Skin surface lipids. Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelk. 31: 29 – 37.

Walker, D. M. & G. B. Stokes, 1970. The nutritive value of fat in the diet of the milk-fed lamb. 1. The apparent and corrected digestibilities of different dietary fats and of their constituent fatty acids. Br. J. Nutr. 24: 425 – 433.

Ward, P. F. W., T. W. Scott & R. M. C. Dawson, 1964. The hydrogenation of unsaturated fatty acids in the ovine digestive tract. Biochem. J. 92: 60 – 68.

Wheatley, V. R. & A. T. James, 1957. Studies of sebum. 7. The composition of the sebum of some common rodents. Biochem. J. 65: 36 – 42.

Wiggins, H. S., K. E. Howell, T. D. Kellock & J. Stalder, 1969. The origin of faecal fat. Gut 10: 400 – 403.

Woodford, F. P. & C. M. van Gent, 1960. Gas-liquid chromatography of fatty acid methyl esters: the 'carbon-number' as a parameter for comparison of columns. J. Lipid Res. 1: 188 – 190.