

G. Jahreis
H. Steinhart
A. Pfalzgraf
G. Flachowsky
F. Schöne

Zur Wirkung von Rapsölfütterung an Milchkühe auf das Fettsäurenspektrum des Butterfettes

Effect of rapeseed oil feeding to dairy cows on fatty acid composition of butterfat

Zusammenfassung Butter weist einen hohen Anteil an Laurin-, Myristin- und Palmitinsäure auf, die als hypercholesterämisch gelten. Ein Austausch des üblichen Nahrungsfettes durch Rapsöl bewirkt

Eingegangen: 10. Juni 1995
Akzeptiert: 7. Februar 1996

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Forschungsauftrag 93 HS 025

Dr. G. Jahreis (✉) · F. Schöne
Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft
Naumburger Straße 98
07743 Jena

H. Steinhart · A. Pfalzgraf
Institut für Biochemie und Lebensmittelchemie
der Universität Hamburg
Grindelallee 117
20146 Hamburg

G. Flachowsky
Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft
Braunschweig-Völkerode
Institut für Tierernährung
Bundesallee 50
38116 Braunschweig

beim Menschen einen Abfall des Serumcholesterols.

Durch Verfütterung verschiedener Mengen von Vollfettraps und ölreichem Rapskuchen an Milchkühe sollte geprüft werden, inwieweit das Fettsäurenspektrum der Milch qualitativ zu verbessern ist. Die Ergebnisse zeigen einen signifikanten Anstieg der Jodzahl und damit der Streichfähigkeit des Butterfettes. Die Anteile an Laurin-, Myristin- und Palmitinsäure (LMP) verminderten sich um etwa 18 % der Gesamtfettsäuren. Signifikante Anstiege ergaben sich besonders für die Stearin- und Ölsäure, aber auch für die *trans*-Vaccensäure.

Es kann gefolgert werden, daß durch den erhöhten Anteil an cholesterolsenkenden Fettsäuren (C18 und C18:1) sowie die Abnahme der cholesterolerhöhenden Fettsäuren (LMP) eine Butter mit verbesserten ernährungsphysiologischen Eigenschaften zur Verfügung steht.

Summary Butter is rich in lauric, myristic, and palmitic acids which are assumed to be hypercholesterolemic. The replacement of usual dietary fat by rapeseed oil induces a serum cholesterol decrease.

The objective of the study consisted in measuring the influence of feeding different amounts of full-fat rapeseed or oil-rich rapeseed cake to dairy cows to improve the fatty acid composition of milk fat.

The results demonstrate a significant increase of iodine number and spreadability of butter. The percentage of lauric+myristic+palmitic acid (LMP) decreased by about 18 % of whole fatty acids. Stearic and oleic acid increased significantly but the percentage of *trans* octadecenoic acid increased too.

It can be concluded that the special butter has a nutritionally improved fat characterized by an increase of cholesterol-lowering fatty acids (C18 and C18:1) and a decline of cholesterol-elevating fatty acids (LMP).

Schlüsselwörter Butterfett – Rapsöl – *trans*-Fettsäuren – Laurin-, Myristin- und Palmitinsäure – Stearin- und Ölsäure

Key words Butterfat – rapeseed oil – *trans* fatty acids – lauric, myristic and palmitic acid – stearic and oleic acid

Einleitung

Die Deutschen werden mit 6,8 kg Butter im jährlichen Pro-Kopf-Verbrauch nur von Frankreich und Belgien/Luxemburg (8,9 bzw. 6,9 kg) übertroffen (1). Butter gilt als hypercholesterämisch, nicht nur wegen des Cholesterol-

gehaltes, sondern vor allem wegen des hohen Anteils an cholesterolerhöhenden gesättigten Fettsäuren der Kettenlängen C12:0 bis C16:0 (21). Unter den Nahrungsfetten enthält Butter mit ca. 50 % (Tab. 4 und 5) nach dem Kokos- und Palmkernfett (80 bzw. 60 %) den höchsten Anteil an Laurin-, Myristin- und Palmitinsäure (LMP).

Neue vergleichende Untersuchungen zur Wirkung von Myristin- und Palmitinsäure an gesunden Frauen und Männern ergaben, daß beide Fettsäuren hohe Serumkonzentrationen an LDL-Cholesterol und apoB sowie ein niedriges HDL/LDL-Verhältnis verursachen (35). Die enge Beziehung zwischen Cholesterol (speziell LDL-Cholesterol) und koronaren Herzerkrankungen ist seit der klassischen Sieben-Länder-Studie von Keys hinreichend bestätigt (3).

Das Fettsäurespektrum des Rapsöles wird ernährungsphysiologisch als besonders günstig eingeschätzt, da es, ähnlich wie Olivenöl, zu über 50 % aus Ölsäure besteht und außerdem mit ca. 10 % α -Linolensäure einen erheblichen Anteil Omega-3-Fettsäuren enthält (10, 23). Sowohl die Stearinsäure als auch die Ölsäure beeinflussen die Cholesterolkonzentration beim Menschen nicht ungünstig. Es wurden positive Effekte aufgrund eines HDL-Anstieges bzw. des LDL-Abfalls gemessen (4, 16, 22, 34). Die günstige Wirkung der Stearinsäure im Vergleich zur Palmitinsäure könnte darauf zurückzuführen sein, daß erstere im Körper schnell in die ungesättigte Ölsäure überführt werden kann.

Durch die Verfütterung von Rapsöl an Milchkühe besteht die Möglichkeit, das ungünstige Fettsäurespektrum der Butter auf natürliche Weise durch Rapsöl im positiven Sinne zu verändern (27). Die Transferrate der C18-Fettsäuren (C18:0 bis C18:3) vom Rapsöl in das Butterfett beträgt ca. 40 % (14). Bei Rapsölfütterung werden in den Vormägen des Wiederkäuers aufgrund der Einwirkung von Mikrobenenzymen (Biohydrierung) isomere Formen der *trans*-Octadecensäure (C18:1) gebildet. Größtenteils entsteht *trans*-Vaccensäure (*trans* C18:1 Δ 11) (29). *Trans*-Fettsäuren wirken atherogen vergleichbar den gesättigten Fettsäuren (z.B. *trans*-Octadecensäure wie Palmitinsäure) (6, 13, 15).

Es sollte der Einfluß unterschiedlicher Rapsölquellen in zwei Versuchen mit Milchkühen geprüft werden, um Rückschlüsse auf ernährungsphysiologisch relevante Veränderungen des Butterfettes zu ziehen.

Material und Methoden

Beide Versuche mit insgesamt 50 Milchkühen (jeweils 10 Tiere/Gruppe) bei vergleichbarer Leistung und gleichem Laktationsstadium (erstes Drittel) wurden über jeweils ein Vierteljahr während der Winterperiode durchgeführt. Die Tiere erhielten Grundrationen auf der Basis Maissilage, Wiesenheu und Mineralfutter sowie Mischfutter in Abhängigkeit von der Leistung. Im ersten Versuch wurde 1 kg des Mischfutters der Kontrolle durch geschroteten Vollfettraps und im zweiten Versuch durch 1,25 kg bzw. 2,50 kg des bei der Kaltabpressung anfallenden Rapskuchens mit einem hohen Restfettgehalt von 16,0 % ausgetauscht (Tab. 1). In beiden Versuchen erfolgte eine isonitrogene Rationsgestaltung.

Die prozentuale Fettsäurezusammensetzung des Öles von Rapssamen und Rapskuchen war weitestgehend identisch (Palmitinsäure 4,8/5,9; Stearinsäure 2,0/2,3; Ölsäure 59,3/54,8; Linolsäure 20,9/21,6; Linolensäure 9,9/9,0). Differenzen bestanden im Vitamin-E-Gehalt: Rapssaat 127 mg/kg, Rapskuchen 31 mg/kg α -Tocopherol.

Tabelle 1 Tägliche Aufnahme an Rapssamen bzw. Rapskuchen sowie Gesamtfett und Rapsöl

Komponente	Versuch 1		Versuch 2		
	Kontrolle	Raps	Kontrolle	Raps	Raps
Rapssaat	–	1,00 kg	–	–	–
Rapskuchen	–	–	–	1,25 kg	2,50 kg
Gesamtfett	486 g	878 g	470 g	635 g	800 g
Rapsöl	–	390 g	–	200 g	400 g

Während der beiden dreimonatigen Versuche wurden wöchentlich Milchproben zur Bestimmung des Eiweiß-, Fett- und Lactosegehaltes gezogen. An den beiden letzten Tagen der Versuchsperioden wurden jeweils adäquate Milchproben aus dem Abend- und Morgengemelk (insgesamt 500 ml) gewonnen. Die Milch kam zur Gefriertrocknung, um temperaturbedingte Veränderungen der Fettsäurezusammensetzung auszuschließen. Die Fettextraktion aus dem gefriergetrockneten Material erfolgte mittels Petroläther mit Vortrocknung am Rotationsverdampfer und anschließender Gefriertrocknung.

Rancimat-Test

Für den Rancimat-Test wurden 5 g Fett auf 120 °C erhitzt und 20 l Luft pro Stunde hindurchgeblasen. Die Versuchsbedingungen des Rancimat-Testes gestatten es, den Oxidationsvorgang des Fettes von Monaten oder Wochen auf Tage oder Stunden zu reduzieren. Die Induktionsperioden geben die Zeitdauer an, nach der die Oxidationskurve des Fettes steil ansteigt. Die Länge der Induktionsperiode wird als zuverlässige Größe zur Beurteilung der oxidativen Stabilität des Fettes und damit zur Lagerungseignung eingeschätzt (25).

Vitamin-E-Bestimmung

Nach der Verseifung der Milchfettproben erfolgte die Extraktion der Verseifungslösung mit Hexan. Der Hexanextrakt wurde direkt mittels HPLC aufgetrennt. Zur quantitativen Auswertung wird die UV-Absorption bei 292 nm (Absorptionsmaximum des α -Tocopherols) genutzt.

Jodzahl

Ermittlung anhand der Regressionsgleichung von Precht (27) indirekt aus dem gaschromatographisch analysierten Triglyceridverhältnis C40/C36.

Fettsäureanalytik

Nach Darstellung der Methylester mittels methanolischer KOH erfolgte die gaschromatographische Trennung der Fettsäuremethylester einschließlich der *cis*- und *trans*-Isomere auf einer 50 m-CP Sil 88® Kapillarsäule (26). Zur Quantifizierung nach der 100 %-Methode wurde das GC-System täglich mit einem Standardgemisch der relevanten Fettsäuremethylester geeicht.

Die Ergebnisse sind als arithmetisches Mittel einschließlich Standardabweichung angegeben. Die Auswertung erfolgte mittels Varianzanalyse (31).

Ergebnisse

Die Aufnahme von geringen Mengen an Rapsöl durch die Milchkühe (200 g/Tag, Tab. 3) beeinflusste die Milchzusammensetzung nicht signifikant. Die doppelte Menge an Rapsöl (Tab. 2 und 3) bewirkte dagegen einen signifikanten Abfall des Fett- und Eiweißgehaltes in der Milch.

Tabelle 2 Milchzusammensetzung sowie Jodzahl, Vitamin-E-Gehalt und Rancimat-Test**) des Milchfettes (Versuch 1, Vollfett-raps)

Parameter		Kontrolle	1 kg Rapsschrot
Milchleistung	(kg/d)	18,4 ^a ± 1,6	20,4 ^b ± 1,4
Fettgehalt	(%)	5,19 ^a ± 0,48	4,60 ^b ± 0,27
Eiweißgehalt	(%)	3,80 ^a ± 0,26	3,43 ^b ± 0,14
Lactosegehalt	(%)	4,66 ± 0,09	4,75 ± 0,07
Jodzahl		18,6 ^a ± 2,1	36,3 ^b ± 8,4
Vitamin E	(µg/g)	24,9 ^a ± 2,6	41,0 ^b ± 8,1
Induktionszeit	(h)	15,7 ± 2,5	19,1 ± 3,7

^{a,b} Signifikante Differenzen sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet (P < 0,05)

Tabelle 3 Milchzusammensetzung sowie Jodzahl, Vitamin-E-Gehalt und Rancimat-Test**) des Milchfettes (Versuch 2, Rapskuchen)

Parameter		Kontrolle	1,25 kg Kuchen	2,50 kg Kuchen
Milchleistung	(kg/d)	23,4 ^a ± 2,7	24,7 ^a ± 4,2	29,2 ^b ± 4,1
Fettgehalt	(%)	4,92 ^a ± 0,66	5,04 ^a ± 0,51	4,56 ^b ± 0,40
Eiweißgehalt	(%)	3,37 ^a ± 0,25	3,42 ^a ± 0,18	3,23 ^b ± 0,16
Lactosegehalt	(%)	4,61 ^a ± 0,14	4,68 ^{ab} ± 0,16	4,74 ^b ± 0,18
Jodzahl		26,4 ^a ± 3,7	32,7 ^{ab} ± 4,8	36,2 ^b ± 4,1
Vitamin E	(µg/g)	30,0 ^a ± 13,6	17,0 ^b ± 5,0	13,8 ^b ± 2,4
Induktionszeit	(h)	12,2 ± 3,3	10,4 ± 3,5	9,2 ± 1,0

^{a,b} Signifikante Differenzen sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet (P < 0,05)

**) Für die Untersuchungen zur Oxidationsstabilität danken wir Herrn Dr. F. Lübke, Lohmann-LTE-GmbH Cuxhaven.

Sowohl der geringere als auch der doppelte Anteil Rapsöl im Futter erhöhte die Jodzahl des Milchfettes; im Versuch 1 trat sogar eine Verdopplung ein (Tab. 2 und 3). Gleichzeitig kam es zum Anstieg des Vitamin-E-Gehaltes bei Rapssaarfütterung, während im Versuch 2 (Rapskuchen) ein Abfall zu verzeichnen war.

Für die Induktionszeit ergab sich durch die Rapsölverabreichung keine signifikante Beeinflussung (p > 0,05). Eine Tendenz der höheren Oxidationsneigung des „weicheren Butterfettes“ in den Rapsölgruppen deutet sich jedoch bei abnehmendem Vitamin-E-Gehalt des Futters unter dem Einfluß der Rapskuchenfütterung an (Tab. 3).

Während die Anteile an mittellangkettigen Fettsäuren (C12, C14, C16) unter dem Rapsöleinfluß in der Tendenz oder signifikant abnahmen, stieg der Gehalt an langkettigen Fettsäuren an (Tab. 4). Am stärksten nahm der Ölsäureanteil zu. Während für die *trans*-C16:1 keine Veränderungen in Abhängigkeit von der Behandlung nachgewiesen wurden, erhöhten sich die Gewichtsprozent der *trans*-Vaccensäure signifikant.

Tabelle 4 Fettsäurespektrum des Milchfettes der Versuche 1 und 2, angegeben als Gewichtsprozent der Methylester

Fettsäure	Versuch 1		Versuch 2		
	Kontrolle	1 kg Rapsschrot	Kontrolle	1,25 kg Rapskuchen	2,50 kg Rapskuchen
C6	3,2 ± 1,1	3,2 ± 0,6	3,6 ^a ± 0,8	3,5 ^{ab} ± 0,9	3,1 ^b ± 0,5
C8	2,6 ± 0,7	2,2 ± 0,4	2,1 ± 0,5	2,2 ± 0,5	1,9 ± 0,3
C10	5,1 ± 0,8	4,9 ± 1,1	4,5 ^a ± 0,8	4,2 ^{ab} ± 0,9	3,8 ^b ± 0,5
C11	0,7 ± 0,2	0,8 ± 0,2	0,4 ± 0,1	0,4 ± 0,1	0,4 ± 0,1
C12	5,6 ± 0,6	5,5 ± 1,2	6,1 ± 1,1	5,6 ± 1,3	5,5 ± 0,7
C13	0,4 ± 0,1	0,5 ± 0,2	0,3 ± 0,1	0,3 ± 0	0,2 ± 0,1
C13Me ¹⁾	0,2 ± 0,1	0,2 ± 0,1	0,1 ± 0,1	0,1 ± 0	0,1 ± 0
C14	11,9 ± 0,6	12,5 ± 1,4	12,4 ± 1,3	11,9 ± 1,3	11,7 ± 0,7
C14Me	0,3 ± 0,1	0,3 ± 0,1	0,3 ± 0	0,3 ± 0	0,2 ± 0
C14Me	0,6 ± 0,1	0,7 ± 0,1	0,6 ± 0,1	0,5 ± 0,1	0,6 ± 0,1
C14:1c	1,7 ± 0,2	1,6 ± 0,3	1,2 ± 0,3	1,1 ± 0,1	1,1 ± 0,2
C15	1,9 ± 0,2	1,9 ± 0,7	1,4 ± 0,3	1,2 ± 0,1	1,1 ± 0,2
C15Me	0,5 ^a ± 0,1	0,3 ^b ± 0,1	0,4 ± 0,1	0,4 ± 0,1	0,3 ± 0,1
C16	37,3^a ± 1,9	27,2^b ± 3,5	34,5^a ± 2,2	28,6^{bc} ± 1,6	26,0^c ± 1,2
C16:1t	0,4 ± 0,1	0,4 ± 0,1	0,5 ± 0	0,4 ± 0	0,5 ± 0,1
C16Me	0,4 ± 0,2	0,4 ± 0,1	0,5 ± 0,1	0,5 ± 0,1	0,6 ± 0,1
C16:1c	2,3 ^a ± 0,4	1,1 ^b ± 0,3	1,6 ^a ± 0,4	1,3 ± 0,2	1,1 ^a ± 0,2
C17	0,9 ^a ± 0,1	0,6 ^b ± 0,2	0,8 ^a ± 0,1	0,7 ^b ± 0,1	0,7 ^b ± 0,1
C17:1c	0,3 ^a ± 0,1	0,2 ^b ± 0,1	0,2 ± 0	0,2 ± 0,1	0,2 ± 0
C18	7,2^a ± 1,0	11,8^b ± 2,3	8,8^a ± 0,8	11,2^b ± 1,4	12,0^b ± 1,1
C18:1t	1,1 ^a ± 0,2	1,8 ^b ± 0,4	1,5 ^a ± 0,2	2,7 ^{bc} ± 0,4	3,9 ^c ± 0,6
C18:1c9	12,7^a ± 1,1	18,6^b ± 2,7	14,9^a ± 1,6	19,1^{bc} ± 2,9	21,1^c ± 1,5
C18:1c11	0,1 ^a ± 0,1	0,3 ^b ± 0,1	0,3 ^a ± 0	0,3 ± 0,1	0,4 ^b ± 0,1
C19	0,4 ± 0,1	0,5 ± 0,2	0,4 ^a ± 0	0,4 ± 0,1	0,5 ^b ± 0
C18:2cc	1,5 ± 0,2	1,4 ± 0,3	1,6^a ± 0,2	1,7^{ab} ± 0,2	1,9^b ± 0,2
C20	0,1 ± 0,1	0,2 ± 0,2	0,2 ^a ± 0	0,2 ^b ± 0,1	0,2 ^b ± 0
C20:1c11	0,2 ± 0,1	0,2 ± 0,1	0,1 ^a ± 0	0,1 ^{ab} ± 0	0,1 ^b ± 0
C18:3c9,					
12,15	0,2 ± 0,1	0,3 ± 0,1	0,2 ^a ± 0	0,3 ^{bc} ± 0	0,3 ^c ± 0,1
C20:3c8,					
11,14	0,1 ± 0,1	0,1 ± 0,1	0,1 ± 0	0,1 ± 0,1	0,2 ± 0,1
C20:4	0,1 ± 0,1	0,1 ± 0,1	0,1 ± 0	0,1 ± 0	0,1 ± 0

¹⁾ Me = methylverzweigte Fettsäuren

Diskussion

Die Ursache für die Wirkung des Rapsöls auf die Milch-inhaltsstoffe ist vor allem in der Beeinflussung der Vor-magenverdauung zu suchen. Hohe Anteile ungesättigter Fettsäuren hemmen die Mikroorganismen im Pansen und damit die Bereitstellung von Präkursoren der Fettsäuren-synthese. Andererseits vermindert sich durch die dem Rapsfett entstammenden und direkt in die Milchdrüse transportierten Fettsäuren (hohe Energiebereitstellung) die Blutflußrate im Drüsengewebe (7). Relativ zur Milch-bildung verschlechtert sich folglich die Aminosäureauf-nahme aus dem Blut, wodurch der Milcheiweißgehalt abfällt. Eine verminderte Synthese von Mikrobenprotein im Pansen wird als weitere Ursache für den geringeren Milcheiweißgehalt angesehen (Tab. 2 und 3). Der Abfall des prozentualen Eiweiß- und Fettgehaltes (auch Verdün-nungseffekt) bei gleichbleibender oder sogar erhöhter Ei-weißleistung pro Tier und Tag steht in Übereinstimmung mit der Literatur (12, 27).

Streichfähigkeit der Butter

Die veränderten Fütterungsbedingungen der letzten Jahre – gekennzeichnet durch fettarme und stärkereiche Futter-mittel, wie Maissilage, Getreide-Ganzpflanzen-Silage und hofeigene Getreidemischungen – führten dazu, daß der Anteil mittellangkettiger Fettsäuren aus der Eutereigen-synthese zunimmt und noch weniger langkettige (unge-sättigte) Fettsäuren des Futters ins MilCHFett übergehen. Mit dem züchterisch bedingten Anstieg des Fettgehaltes der Milch in den letzten Jahren und dem damit verbun-denen höheren Bedarf an ungesättigten Fettsäuren wird das Problem noch verschärft. Als Folge davon können die Molkereien trotz spezifischer Techniken besonders im Winter keine Butter mit ausreichender Streichfähigkeit produzieren.

Der zunehmende Marktanteil der irischen Butter be-gründet sich in der wesentlich besseren Streichfähigkeit aufgrund des fast ganzjährigen Weidens der Kühe bzw. des hohen Grassilageeinsatzes (höherer Fettanteil mit un-gesättigten Fettsäuren).

Im wesentlichen bestimmt das Verhältnis von Öl- zu Palmitinsäure die Streichfähigkeit der Butter. Milch mit einer C18:1/C16-Relation von $< 0,60$ im Fett sollte nicht zur Butterung verwendet werden (33). Mit Rapsöl kann noch effektiver als mit Grünfutter die Beeinflussung der Fettsäurezusammensetzung des MilCHFettes erfolgen. Die Jodzahl stellt ein Maß für die Streichfähigkeit der Butter dar. Die unterschiedliche Höhe der Jodzahl in den Kon-trollgruppen der beiden Versuche hat seine Ursachen dar-in, daß Unterschiede in der Grundfutterqualität (Anteil ungesättigter Fettsäuren) und die Höhe des MilCHFettge-haltes (Anteil gesättigter Fettsäuren aus den Körperde-pots) als zusätzliche Variationsgrößen auftreten. Die Jod-zahl stieg bereits bei täglich 200 g Rapsöl von 26,4 auf

32,7 an. Die zusätzlichen 200 g Rapsöl ergaben eine weitere, aber nicht mehr so deutliche Erhöhung. Mit der Jodzahl von 36 konnten sowohl im Versuch 1 als auch im Versuch 2 Konsistenzen erreicht werden, die trotz Winterfütterung der von Sommerfett entsprechen (30).

Vitamin E und Rancimat-Test

Ein ansteigender Prozentsatz ungesättigter Fettsäuren im Butterfett bedarf zum Oxidationsschutz eines höheren An-teiles an Antioxidantien. Offensichtlich passiert mit dem zellgebundenen Öl des Vollfettrapses ein hoher Prozent-satz an Vitamin E die Vormägen und gelangt im Darm zur Resorption (8). Ansonsten wäre der außerordentliche Anstieg des Vitamin-E-Gehaltes im Butterfett nicht er-klärbar (Versuch 1). Dieses Ergebnis ist für die Haltbar-keit der Butter wichtig, weil mit dem hohen Vitamin-E-Gehalt die Protektion der ungesättigten Fettsäuren gege-ben ist.

Der Vollfettraps enthielt 127 mg α -Tocopherol/kg. Im Rapskuchen wurden 31 mg/kg analysiert. Dem Rapsku-chen, der in dezentralen Abpreßanlagen als Nebenprodukt der Ölgewinnung für Verbrennungsmotoren anfällt, kommt damit eine Sonderstellung zu. Das Tocopherol unterliegt durch die Erhitzung bzw. den intensiven Kon-takt mit dem Luft-Sauerstoff in der Schneckenpresse und während der anschließenden Lagerung verstärkt der Oxi-dation, so daß sein Gehalt im Kuchen im Vergleich zum relativ hohen Ölgehalt deutlich abfällt.

Während im Versuch 1 die Induktionszeit im Ranci-mat-Test nach Rapssameneinsatz anstieg, bestand im Ver-such 2 mit Rapskuchen die Tendenz zu einer Verkürzung der Induktionsperioden mit steigender Rapsölgabe (Tab. 2 und 3). Die Effekte sind jedoch weniger deutlich aus-geprägt als nach Einsatz von Ölen in der Nichtwieder-käuerernahrung. Die mittels Rancimat-Test ermittelte In-duktionszeit resultiert aus dem Fettsäurenmuster, der Oxidationsneigung der verschiedenen Fettsäuren und dem Gehalt an antioxidativen Substanzen, wie kürzlich für Schweinefett demonstriert werden konnte (11).

Bei Rationen mit einem hohen Anteil ungesättigter Fettsäuren muß die Vitamin-E-Versorgung der Milchkühe beachtet werden, um die entsprechende Lagerfähigkeit der Butter zu erreichen. Auch aus ernährungsphysiologi-schen Gründen sollte bei einem höheren Anteil ungesät-tigter Fettsäuren in der Nahrung die Antioxidantienauf-nahme erhöht werden (20).

Fettsäuren

Neuere Untersuchungen der Humanernährung zeigen, daß die Fettsäurezusammensetzung des Nahrungsfettes einen größeren Einfluß auf den LDL- bzw. HDL-Cholesterolspiegel ausübt als die Cholesterolaufnahme selbst (17, 18, 23). Dabei nimmt die ungünstige Wirkung des Nahrungs-cholesterols in dem Maße zu, wie der Anteil an gesättig-ten Fettsäuren in der Diät ansteigt (18).

Tabelle 5 Veränderungen der Fettsäurezusammensetzung des MilCHFettes (Versuche 1 und 2) mit ernährungsphysiologischen Konsequenzen (Gewichtsprozente der Methylester)

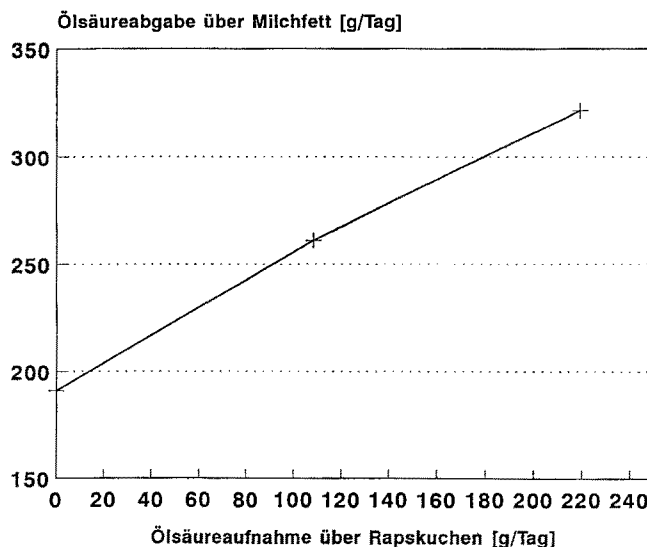
Fettsäure	Kontrolle	Versuchsgruppe	Veränderung
Versuch 1			
C12 + C14 + C16	56,1	46,3	- 17 %
C18	7,2	11,8	+ 64 %
C18:1	12,8	18,9	+ 48 %
C18:2 + C18:3	1,7	1,7	—
trans C16:1 + tC18:1	1,5	2,2	+ 47 %
Versuch 2*			
C12 + C14 + C16	54,4	44,6	- 18 %
C18	8,8	12,0	+ 36 %
C18:1	15,2	21,5	+ 41 %
C18:2 + C18:3	1,8	2,2	+ 22 %
trans C16:1 + tC18:1	2,0	4,4	+ 120 %

* Versuchsgruppe 2

Rapsöl senkte in Untersuchungen an 59 gesunden Versuchspersonen im Vergleich zu üblichem Butterfett den Gehalt an Gesamt- und LDL-Cholesterol, während die HDL-Fraktion unbeeinflusst blieb (2). Studien an Gesunden zeigen darüber hinaus, daß monounsättigte Fettsäuren (Ölsäure) die Resistenz des Plasma-LDL gegenüber oxidativen Veränderungen erhöhen (5). Damit wird die Atherogenität dieser Lipoproteine abgeschwächt.

Nach LaCount (19) besteht eine enge Beziehung zwischen der Ölsäurezufuhr und -abgabe über das MilCHFett. Die Transferrate der Ölsäure in die Milch betrug 54 %, wenn in das Abomasum infundiert wurde. Auch unsere Ergebnisse demonstrieren trotz des Pansenstoffwechsels die hohe Übergangsrate der Ölsäure des Rapses in das Butterfett (Abb. 1), wobei diese teilweise durch die Umwandlung von mehrfach ungesättigten C18-Fettsäuren in Ölsäure bedingt ist. Für die Ölsäure ergaben sich signifikante Erhöhungen des Anteiles im MilCHFett um 48 % im Versuch 1 und um 41 % im Versuch 2 (Tab. 5).

Stearinsäure erhöht den Cholesterolspiegel nicht, sondern gilt eher als neutral. In einigen Versuchen wird über einen leicht cholesterolsenkenden Effekt berichtet (9, 16). Ihr Anteil in den Rapsölgruppen erhöhte sich ebenfalls signifikant um 64 bzw. 36 % (Tab. 5). Gleichzeitig verminderte sich der Anteil an den ungünstig zu bewertenden gesättigten Fettsäuren (Laurin-, Myristin- und Palmi-

**Abb. 1** Quantitative Beziehung zwischen Ölsäureaufnahme und -exkretion mit dem MilCHFett (Versuch 2).

tinsäure) um 17 bzw. 18 %. Da diese mengenmäßig etwa die Hälfte der Fettsäuren darstellen, wirkt sich deren Konzentrationsänderung am stärksten aus.

Die Gehalte an *trans*-Hexadecensäure lagen konstant bei 0,5 %, während die Gehalte an *trans*-Octadecensäuren (*trans*-Vaccensäure) signifikant anstiegen. Ursache dafür ist die ruminale Hydrierung der mehrfach ungesättigten Rapsfettsäuren. Dieser mikrobiell bedingte Prozeß stellt auch die Ursache für die Bildung der methylverzweigten Fettsäuren dar. Nach Untersuchungen von Pfalzgraf et al. (26) enthält das Fett von Milch, Butter und Käse zwischen 1,0 und 6,3 % *trans*-Octadecensäuren.

Die Erhöhung des *trans*-Fettsäurenanteiles (insbesondere im Versuch 2) sollte nicht überbewertet werden. Für die *trans*-Anteile verschiedener Margarinesorten ermittelten Molkentin und Precht (24) teilweise bis 10fach höhere Werte im Vergleich zum MilCHFett.

Insgesamt zeigen die rapsölbedingten Veränderungen des Butterfettes, abgesehen von der Erhöhung des *trans*-Fettsäurenanteiles, eine deutliche Verbesserung des Fettsäurespektrums, gekennzeichnet durch die Erhöhung des Anteiles an Stearin- und Ölsäure sowie eine Verminderung des Gehaltes an cholesterolsteigernden Fettsäuren Laurin-, Myristin- und Palmitinsäure.

Literatur

1. Anonym (1994) BMELF-Informationen 34, S 4
2. Aro A (1992) Vortrag auf dem ersten internationalen Symposium über Rapsöl in der menschlichen Ernährung. Neue Aspekte der Qualität von Nahrungsfetten, Stockholm 12./13. Nov. 1992. Abstrakt in Næringsforskning 2/1993:50–51
3. Bolton-Smith C, Woodward M, Smith WCS, Tunstall-Pedoe H (1991) Dietary and non-dietary predictors of serum total and HDL-cholesterol in men and women: results from the scottish heart health study. Int J Epidem 20:95–104
4. Bonanome A, Grundy SM (1988) Effect of dietary stearic acid on plasma cholesterol and lipoprotein level. New Engl J Med 318:1244–1248
5. Bonanome E, Pagnan A, Biffanti S, Opportuno A, Sorgato F, Dorella M,

- Maiorino A, Ursini F (1992) Effect of dietary monounsaturated and polyunsaturated fatty acids on the susceptibility of plasma low density lipoproteins to oxidative modification. *Arterioscler Thromb* 12:529-533
6. Brückner J (1995) Trans-Fettsäuren: gesundheitliche Aspekte des Verzehrs. *Ernährungs-Umschau* 42:122-126
7. Cant JP, DePeters EJ, Baldwin RL (1993) Mammary uptake of energy metabolites in dairy cows fed fat and its relationship to milk protein depression. *J Dairy Sci* 76:2254-2265
8. Cohn W (1993) Tocopherol-Transport und Absorption. 4. Symp. „Vitamine und weitere Zusatzstoffe bei Mensch und Tier“, 30.09./01.10.1993, Jena, S 71-82
9. Derr J, Kris-Etherton PM, Pearson TA, Seligson FH (1993) The role of fatty acid saturation on plasma lipids, lipoproteins, and apolipoproteins: II. The plasma total and low-density lipoprotein cholesterol response of individual fatty acids. *Metabolism* 42:130-134
10. Erbersdobler HF, Trautwein EA (1993) Rapsöl in der Ernährung. *Raps* 11:137-139
11. Flachowsky G, Schöne F, Möckel P, Schaarmann G, Gottschalk K, Lübke F (1995) Beurteilung der Oxidationsneigung von Schweinefett unter Berücksichtigung von Fettsäuremuster und Vitamin-E-Gehalt. *Fat Sci Technol* 97: 305-310
12. Gaynor PJ, Erdmann RA, Teter BB, Sampugna J, Capuco AV, Waldo DR, Hamosh M (1994) Milk fat yield and composition during abomasal infusion of *cis* or *trans* octadecenoates in Holstein cows. *J Dairy Sci* 77:157-165
13. Hayashi K, Hirata Y, Kurushima H, Saeki M, Amioka H, Nomura S, Kuga Y, Ohkura Y, Ohtani H, Kajiyama G (1993) Effect of dietary hydrogenated corn oil (trans-octadecenoate rich oil) on plasma and hepatic cholesterol metabolism in the hamster. *Atherosclerosis* 99:97-106
14. Jahreis G, Richter GH (1994) The effect of feeding rapeseed on the fatty acid composition of milk lipids and on the concentration of metabolites and hormones in the serum of dairy cows. *J Anim Physiol a Anim Nutr* 72:71-79
15. Judd JT, Clevidence BA, Muesing RA, Wittes J, Sunkin ME, Podczasy JJ (1994) Dietary *trans* fatty acids: effects on plasma lipids and lipoproteins of healthy men and women. *Am J Clin Nutr* 59:861-868
16. Katan MB, Zock PL, Mensink RP (1995) Dietary oils, serum lipoproteins, and coronary heart disease. *Am J Clin Nutr* 61 (Suppl):1368S-1373S
17. Kris-Etherton PM (1993) Effects of chain length of saturated fatty acids on plasma total, LDL- and HDL-cholesterol levels. *Fat Sci Technol* 95:448-452
18. Kromhout D et al. (1995) Dietary saturated and *trans* fatty acids and cholesterol and 25-year mortality from coronary heart disease: The seven countries study. *Prev Med* 24:308-315
19. LaCount DW, Drackley JK, Laesch SO, Clark JH (1994) Secretion of oleic acid in milk fat in response to abomasal infusion of canola or high sunflower fatty acids. *J Dairy Sci* 77:1372-1385
20. Luoma PV, Nähkö S, Sikkilä K, Hassi J (1995) High serum alpha-tocopherol, albumin, selenium and cholesterol, and low mortality from coronary heart disease in Northern Finland. *J Intern Med* 237:49-54
21. Mensink R (1993) Individual saturated fatty acids on serum lipids and lipoprotein concentrations. *Am J Clin Nutr* 57 (Suppl):711S-714S
22. Miettinen TA, Vanhanen H (1994) Serum concentration and metabolism of cholesterol during rapeseed oil and squalene feeding. *Am J Clin Nutr* 59:356-363
23. Nydahl M, Gustafsson IB, Ohrvall M, Vessby B (1994) Similar serum lipoprotein cholesterol concentrations in healthy subjects on diets enriched with rapeseed and sunflower oil. *Eur J Clin Nutr* 48:128-137
24. Molkenin J, Precht D (1995) Determination of trans-octadecenoic acids in German margarines, shortenings, cooking and dietary fats by Ag-TLC/GC. *Z Ernährungswiss* 34:314-317
25. Pardun H, Kroll E (1972) Bestimmung der Oxidationsstabilität von Ölen und Fetten mit Hilfe einer automatischen Version des SWIFT-Test. *Fette, Seifen, Anstrichmittel* 74:366-373
26. Pfalzgraf A, Timm M, Steinhart H (1994) Gehalte an *trans*-Fettsäuren in Lebensmitteln. *Z Ernährungswiss* 33:24-43
27. Philipczyk D (1990) Einfluß der Menge und Behandlung von Rapssaat auf die Grundfutteraufnahme und Verdaulichkeit der Rohrnährstoffe sowie die Milchleistung und -zusammensetzung bei Milchkühen. *Diss Univ Kiel*
28. Precht D (1990) Klassifizierung der Milchfetthärte aufgrund chemischer und physikalischer Kennzahlen. *Kieler Milchw ForschBer* 42:155-195
29. Precht D (1995) Variation of *trans* fatty acids in milk fat. *Z Ernährungswiss* 34:27-29
30. Prodöhl L (1994) Untersuchungen zur Verbesserung der Fettqualität in der Milcherzeugung. *Diss Univ Kiel*
31. Sachs L (1984) *Angewandte Statistik*. 6. Aufl. Springer-Verlag, Berlin
32. Siguel EN (1994) Essential and *trans* fatty acid metabolism in health and disease. *Comp Therapy* 20 (9):500-510
33. Timmen H (1990) Die Ermittlung der Härte des Milchfettes in der Anlieferungsmilch über Parameter der Fettsäurezusammensetzung. *Kieler Milchw ForschBer* 42:129-138
34. Valsta LM, Jauhiainen M, Aro A, Katan MB, Mutanen M (1992) Effects of a monounsaturated rapeseed oil and a polyunsaturated sunflower oil diet on lipoprotein levels in humans. *Arterioscler Thromb* 12:50-57
35. Zock PL, deVries JH, Katan MB (1994) Impact of myristic acid versus palmitic acid on serum lipid and lipoprotein levels in healthy women and men. *Arterioscler Thromb* 14:567-575