

19. RASHEED, A. A., J. E. OLDFIELD, J. KAUFMES und R. O. SINNHUBER, J. Nutrit. **79**, 323 (1963). — 20. OLDFIELD, J. E., R. O. SINNHUBER und A. A. RASHEED, J. Amer. Oil Chem. Soc. **40**, 357 (1963). — 21. OLCOTT, H. S., in: Fish in Nutrition, siehe (15), Seite 112. — 22. LASSEN, S., E. K. BACON und J. H. DUNN, Arch. Biochem. **23**, 1 (1949). — 23. FARMER, E. H. und D. A. SUTTON, J. Chem. Soc. **1943**, 122. — 24. LOURY, M. und G. LECHARBER, Ref. J. Amer. Oil Chem. Soc. **40**, 31 (1963). — 25. DESAI, I. D. und A. L. TAPPEL, J. Lipid Res. **4**, 204 (1963). — 26. LANG, K., A. FRICKER, W. KIECKEBUSCH und W. GRIEM, Dtsch. Med. J. **15**, 308 (1964). — 27. KIECKEBUSCH, W., K. JAHR, G. CZOK, E. DEGKWITZ und K. LANG, Fette-Seifen-Anstrichmittel **65**, 919 (1963). — 28. KIECKEBUSCH, W., K. JAHR, G. CZOK, W. GRIEM, K. H. BÄSSLER, C. H. HAMMAR und K. LANG, Fette-Seifen-Anstrichmittel **64**, 1154 (1962). — 29. ANDREWS, J. C., W. H. GRIFFITH, J. F. MEAD und S. A. STEIN, J. Nutrit. **70**, 199 (1960). ANDREWS, J. C., J. F. MEAD und W. H. GRIFFITH, Federation Proceed. **15**, 918 (1956). — 30. KAUFMANN, H. P., Analyse der Fette und Fettprodukte (Berlin-Göttingen-Heidelberg 1958) Seite 1295. — 31. FINGERHUT, M., B. SCHMIDT und K. LANG, Biochem. Z. **336**, 118 (1962).

Anschrift der Verfasser:

Dr. A. FRICKER, Dr. B. SCHMIDT und Prof. Dr. Dr. K. LANG, Physiol.-Chem. Univ.-Institut, 6500 Mainz

*Aus dem physiologisch-chemischen Institut der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz
(Direktor: Prof. Dr. Dr. K. Lang)*

Ernährungsphysiologische Eigenschaften von Rotbarschöl

II. Mitteilung: Resorption und Resorptionsgeschwindigkeit

Von A. FRICKER, G. CZOK, E. SCHÄFFNER und K. LANG

Mit 2 Tabellen

(Eingegangen am 16. Juni 1964)

Mit der Nahrung aufgenommene Fette werden im Magen praktisch nicht angegriffen, sondern fast unverändert in den Dünndarm weitertransportiert. Hier findet die eigentliche Resorption statt, wobei für den Übergang vom Darminhalt über die Mucosazellen zur Lymphe ein Pinocytose-Mechanismus anzunehmen ist. Die Resorptionsgeschwindigkeit sowie die resorbierte Menge sind abhängig von der Art des Nahrungsfettes und auch von einer gegebenenfalls eingetretenen chemischen Veränderung des ursprünglichen Fettes. STEENBOCK, IRWIN und WEBER (1) bestimmten, welche Mengen eines Fettes, das mit der Schlundsonde in den Magen von Ratten gegeben wurde, nach 2–4–6–8–12 Stunden noch im Magen bzw. Dünndarm bzw. Dickdarm wiederzufinden waren. Aus den ermittelten Werten konnte auf die nach diesen Zeiten bereits vom Körper resorbierte Fettmenge geschlossen werden. Es wurde dabei festgestellt, daß Schweinefett und Maisöl etwa gleich schnell resorbiert wurden, Butterfett, Heilbuttleberöl und Dorschleberöl verschwanden jedoch deutlich schneller aus dem Magen-Darm-Trakt. Beim Vergleich der für verschiedene Fette nach 4 Stunden gefundenen Zahlen wurden folgende Werte erhalten: Von rohem Leinöl waren 67%, von Olivenöl 63%, von Sojaöl 59%, von Erdnußöl 58%, von Cacao butter 48% und von Palmöl 37% resorbiert worden. Die entsprechenden Zahlen waren für Schweinefett 57%, für Maisöl 58%, für Butterfett 60%, für Butteröl 71%, für Heilbuttleberöl 70%.

DEUEL, HALLMAN und LEONARD (2) fanden bei ähnlichen Versuchen, daß vergleichbare Werte nur erhalten werden, wenn die Körperoberfläche mit in die Berechnung einbezogen wird. DEUEL und HALLMAN (3) untersuchten auch die Resorption von synthetischen, definierten Triglyzeriden. Dabei ergab sich, daß Triacetin und Tributyrin am schnellsten, Tricaproin und Tricaprin dagegen schon merklich und Trilaurin ganz erheblich langsamer resorbiert wurden. Glyzeride mit ungeradzahigen Fettsäuren wie Propionsäure, Valeriansäure und Heptansäure wurden im gleichen Zeitraum zu 50% weniger resorbiert als die entsprechenden Triglyzeride mit geradzahigen Säuren, während die Werte für Triisovalerin etwa in der Mitte dazwischen lagen. Bei Naturfetten konnten CROCKETT und DEUEL (4) eine Abhängigkeit der Resorptionsgeschwindigkeit vom Schmelzpunkt des Fettes in dem Sinne zeigen, daß mit ansteigendem Schmelzpunkt eine Verringerung eintrat. Eine Zulage von rohem Lecithin förderte nach AUGUR, ROLLMAN und DEUEL (5) die Resorptionsgeschwindigkeit und die Höhe der Gesamtresorption.

In neuerer Zeit hat THOMASSON (6) Versuche über die Resorptionsgeschwindigkeit von 18 verschiedenen Speisefetten durchgeführt. Danach kann man die Fette nach ihrer Resorptionsgeschwindigkeit in 5 Gruppen einteilen: Am schnellsten wird Butterfett aufgenommen. Etwas langsamer erfolgt die Resorption bei der 2. Gruppe, die Maisöl, Baumwollsaatöl, Rindertalg, Cocosfett, Sojaöl, Sonnenblumenöl, Erdnußöl und Olivenöl umfaßt. Zur nächstfolgenden Gruppe zählt THOMASSON Sesamöl, Schweineschmalz, Palmfett und Walöl, während Heringsöl und Shea-Butter als 4. Gruppe und Rapsöl, Mohnöl und Kapoköl als 5. Gruppe noch langsamer resorbiert werden.

Eine Autoxydation von Sojaöl durch Blasen mit Luft bei 180° bewirkt eine Verminderung der Resorptionsgeschwindigkeit sowie eine Verlangsamung des Transportes aus dem Magen in den Darm, wie Untersuchungen von LANG und Mitarb. (7) zeigten. Drei Stunden nach Applikation von 0,2 g/100 cm² Körperoberfläche von Ratten waren von unbehandeltem Sojaöl etwa 38% resorbiert, von geblasenem Öl nur etwa 26%. Nach 6 Stunden lagen die entsprechenden Werte bei 74 bzw. 50%. Eine Verlangsamung des Weitertransportes aus dem Magen zeigte sich darin, daß nach 3 Stunden vom unbehandelten Öl noch 23%, vom geblasenen Öl dagegen noch 36% im Magen wiedergefunden wurden. Nach 6 Stunden waren es 7 bzw. 19%. Diese Unterschiede waren statistisch hochsignifikant.

Im Rahmen unserer Untersuchungen über die ernährungsphysiologischen Eigenschaften von Rotbarschöl verglichen wir das Resorptionsverhalten von unbehandeltem Sojaöl mit unbehandeltem und anoxydiertem Rotbarschöl (POZ etwa 50), wobei besonders interessierte, ob Unterschiede zwischen den Rotbarschölen bestanden, da ja bei der Bestimmung der scheinbaren Ausnützung (siehe I. Mitteilung), solche Differenzen aufgetreten waren.

Methodisches

1. Applikation der Fette

Männlichen Elberfelder Ratten aus dem Inzuchtstamm des Instituts¹⁾, die 12 Wochen lang mit Altromin® gefüttert worden waren (Wasser ad libitum), wurde 48 Stunden vor Versuchsbeginn das Futter entzogen, während Trinkwasser weiterhin zur Verfügung stand.

¹⁾ Für die Bereitstellung der Tiere sind wir Frau Dr. W. KIECKEBUSCH sehr dankbar.

Sie erhielten dann mittels Schlundsonde etwa 0,2 g/100 cm² Körperoberfläche an handelsüblichem Sojaöl bzw. unbehandeltem bzw. anoxydiertem Rotbarschöl (POZ etwa 50). Für jede Ölsorte wurden jeweils 20 Tiere eingesetzt. Die genaue Ermittlung der verabreichten Ölmenge erfolgte durch Wägen der Spritze vor und nach der Applikation; die Berechnung der Körperoberfläche der Ratten wurde nach der von MEEH (8) angegebenen Formel: Oberfläche [cm²] = $9,1 \times \sqrt[3]{\text{Körpergewicht [g]}}$ vorgenommen.

2. Extraktion der Organe

3 bzw. 6 Stunden nach erfolgter Fettgabe wurden die Tiere in Äthernarkose getötet. Nach Laparotomie wurden Ligaturen an der Cardia, am Pylorus, am Übergang vom Dünndarm zum Dickdarm und am Ende des Dickdarmes angebracht und danach der gesamte Darm zusammen mit dem Magen entnommen. Magen, Dünndarm und Dickdarm wurden dann mehrfach mit BLOORSchem Gemisch (Alkohol: Äther 3:1) durchgespült und die Spülflüssigkeiten jeweils vereinigt.

3. Aufarbeitung der Extrakte

Die z. T. auch ungelöste Bestandteile enthaltenden Extrakte wurden kurz aufgekocht und dann filtriert. Das klare Filtrat wurde zur Trockne gedampft, der Rückstand mit Chloroform behandelt und die Chloroformlösung wiederum filtriert, wobei jeweils fettfreie Filter zur Anwendung gelangten. Der nach dem Eindampfen der Chloroformlösungen verbleibende Rückstand wurde bis zur Gewichtskonstanz über Phosphorpentoxyd und Paraffinspänen getrocknet, gewogen und als Fett bezeichnet.

4. Blindversuch

Zur Ermittlung der nach 48stündigem Fasten noch im Magen, Dünndarm und Dickdarm vorhandenen Fettmengen wurden 12 Ratten ohne vorherige Fettgabe in der unter 1.-3. angegebenen Weise untersucht und die Mittelwerte aus diesen Bestimmungen jeweils vor der Berechnung der Resorption abgezogen.

Versuchsergebnisse

In Tab. 1 sind die 3 Stunden nach erfolgter Fettgabe ermittelten Werte eingetragen. Die gefundenen Blindwerte (siehe Methodik unter 4) wurden jeweils abgezogen.

Tabelle 1. 3 Stunden nach der Fettapplikation ermittelte Werte

	gegebene Ölmenge		Wiedergefundene Fettmenge im								Gesamt- resorp- tion	
	mg	%	Magen		Dünndarm		Dickdarm		Ges. Magen- Darm-Trakt			
			mg	%	mg	%	mg	%	mg	%		
Sojaöl	803	100	90,4		274,5		51,1					
			—13,5*		—21,0*		—35,4*					
			76,9	9,6	253,5	31,6	14,7	2,0	346,1	43,1	56,9	
Rotbarsch- Öl unbehandelt	802	100	94,2		274,7		42,1					
			—13,5*		—21,0*		—35,4*					
			80,7	10,1	253,7	31,6	6,7	0,8	341,1	42,5	57,5	
Rotbarsch- Öl anoxydiert	829	100	113,5		280,2		39,8					
			—13,5*		—21,0*		—35,4*					
			100,0	12,1	259,2	31,3	4,4	0,5	363,6	43,9	56,1	

* Beim Blindversuch gefundener Mittelwert, siehe Abschnitt II/4.

Die statistische Auswertung (8) der Einzelwerte zeigt, daß 3 Stunden nach der Fettgabe keine signifikanten Unterschiede zwischen den mit den verschiedenen Ölen „gefütterten“ Tiergruppen bestanden. Die Gesamtresorption war in allen 3 Gruppen praktisch gleich. Im Fettgehalt des Dickdarminhaltes wurden zwar Unterschiede gefunden, diese waren aber ebenfalls statistisch nicht gesichert ($p < 0,60 > 0,40$), was auch für den Fettgehalt der Magenextrakte zutraf. Es könnte lediglich eine dahingehende Tendenz diskutiert werden, daß der Transport des Fettes aus dem Magen in den Dünndarm beim anoxydierten Rotbarschöl in ganz geringem Umfang verzögert ist, ein Befund, der sich bei hochoxydiertem Sojaöl in früheren Versuchen als statistisch gesichert erwiesen hatte (7).

Tab. 2 gibt die Mittelwerte aus 20 Bestimmungen der 6 Stunden nach der Fettapplikation ermittelten Werte wieder.

Tabelle 2. 6 Stunden nach der Fettapplikation ermittelte Werte

	gegebene Ölmenge		Wiedergefundene Fettmenge im								Resorp- tion	
			Magen		Dünndarm		Dickdarm		Ges. Magen- Darm-Trakt			
	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%	%	
Sojaöl	830	100	47,1		111,9		67,0					
			—13,5*		—21,0*		—35,4*					
			33,6	4,1	90,9	11,0	31,6	3,8	156,1	18,8	81,2	
Rotbarsch- Öl unbehandelt	811	100	24,9		81,6		65,4					
			—13,5*		—21,0*		—35,4*					
			11,4	1,4	60,6	7,5	30,0	3,7	102,1	12,6	87,4	
Rotbarsch- Öl anoxydiert	819	100	40,5		90,4		48,9					
			—13,5*		—21,0*		—35,4*					
			27,0	3,3	69,4	8,5	13,5	1,7	109,9	13,4	86,6	

* Beim Blindversuch gefundener Mittelwert, siehe Abschnitt II/4.

Es ergab sich hier eine signifikant bessere Gesamtresorption der beiden Rotbarschöle gegenüber dem Sojaöl ($p < 0,05 > 0,02$). Die Anoxydation hatte auf die insgesamt resorbierte Fettmenge keinen Einfluß. Dagegen war wiederum wie nach 3 Stunden zu beobachten, daß noch ein größerer Teil (3,3%) des anoxydierten Fischöles (gegenüber 1,4% des unbehandelten Fischöles) im Magen verblieben war. Allerdings wurde im Gegensatz zum Drei-Stunden-Befund auch noch mehr Fett im Magen der Sojaöltiere gefunden. Die Unterschiede waren statistisch gesichert. Dagegen konnten keine signifikanten Differenzen zwischen den Fettgehalten des Dünndarm- und Dickdarm-Inhaltes gefunden werden.

Diskussion der Ergebnisse

Die relativ niedrigen Werte für wiedergefundenes Fett im Magen der Versuchstiere 3 Stunden nach der Applikation von Sojaöl, unbehandeltem und anoxydiertem Rotbarschöl lassen auf einen relativ schnellen Transport aus dem Magen in den Dünndarm schließen. In dieser Hinsicht und auch bezüglich der Gesamt-Resorption konnten zwischen den einzelnen Ölsorten nach 3 Stunden keinerlei signifikante Unterschiede beobachtet werden, auch war die Verteilung

der wiedergefundenen Fettmengen auf die einzelnen Abschnitte des Magen-Darm-Traktes identisch.

Sechs Stunden nach der Fettapplikation zeichnen sich aber einige Unterschiede in der Resorption von unbehandeltem und anoxydiertem Rotbarschöl einerseits (Gesamtresorption etwa 87%) und Sojaöl (Gesamtresorption 81%) andererseits ab; die Fischöle werden schneller resorbiert als das Sojaöl. Unterschiede zwischen Rotbarschölen und Sojaöl waren auch hinsichtlich der wiedergefundenen Mengen in Magen, Dünndarm und Dickdarm zu erkennen. Bei den Tieren, die unbehandeltes Rotbarschöl erhalten hatten, konnte am wenigsten Fett im Magen gefunden werden. Da jedes mit der Nahrung aufgenommene Fett zu einer Hemmung der Motorik des Magens führt, scheint demzufolge diese Hemmung nach Gabe von anoxydiertem Rotbarschöl und von Sojaöl etwas stärker zu sein als nach Applikation von unbehandeltem Rotbarschöl. Diese Ergebnisse stimmen mit den in der I. Mitteilung angeführten Beobachtungen scheinbar nicht überein, da dort eine bessere „scheinbare“ Ausnützung des anoxydierten Rotbarschöles als des unbehandelten Rotbarschöles gefunden worden war. Auch wurde dort das Sojaöl am besten ausgenützt, was in einem gewissen Gegensatz dazu steht, daß jetzt für Sojaöl die geringste Resorption nach 6 Stunden gefunden wurde. Eine sichere Erklärung für diese Diskrepanz dürfte schwer zu geben sein. Es erscheint uns aber angebracht, in diesem Zusammenhang darauf hinzuweisen, daß die Methode zur Bestimmung der „scheinbaren“ Ausnützung und die Ermittlung der nach einer gewissen Zeit nicht resorbierten Fettmenge, wie es in dieser Arbeit geschehen ist, zwei grundsätzlich verschiedene Dinge sind. Nach der letzteren Methode kann man eine Aussage über die Resorptionsgeschwindigkeit, d. h. über die nach einer bestimmten Zeit resorbierte Fettmenge machen; die nach Ablauf dieser Zeit (in unserem Falle 6 Stunden) noch mögliche Resorption wird dabei nicht erfaßt. Die beiden Methoden sind also nicht unmittelbar vergleichbar, sondern ergänzen sich vielmehr.

Ein Vergleich der von uns erhaltenen Werte für die Fettresorption innerhalb von 6 Stunden mit den von THOMASSON (6) angegebenen Befunden zeigt, daß bei Sojaöl sehr verschiedene Prozentzahlen gefunden wurden. Berücksichtigt man aber den Umstand, daß THOMASSON (6) die doppelte Fettmenge je 100 cm² Körperoberfläche (0,4 g) gegenüber unseren Versuchen applizierte und rechnet aus seinen und unseren Zahlen die Gesamtmenge an *resorbiertem* Sojaöl aus, so ergibt sich eine zumindest größenordnungsmäßige Übereinstimmung der Werte. Es sind nämlich bei den Versuchen von THOMASSON (6) nach 6 Stunden etwa 880 bzw. 780 mg Sojaöl als resorbiert gefunden worden, in unseren Untersuchungen dagegen waren es 674 mg. Wenn man in Betracht zieht, daß eine größere applizierte Fettmenge die Gesamtresorption vielleicht etwas erhöhen könnte, so ist die zahlenmäßige Übereinstimmung beachtlich.

Vergleicht man die in den früheren Versuchen von LANG und Mitarb. (7) bei der Bestimmung der Resorptionsgeschwindigkeit von Sojaöl gefundenen Werte mit den hier angeführten Daten, so findet man 6 Stunden nach der Fettapplikation eine praktisch vollständige Übereinstimmung, da hierfür die ohne Berücksichtigung des Blindwertes ermittelten Zahlen (73,7 bzw. 72,8%) herangezogen werden müssen. Nach 3 Stunden ist keine so gute Übereinstimmung zu beobachten (37 bzw. 48%), was aber vielleicht mit dem verschiedenen Tiermaterial (Sprague-Dawley- bzw. Elberfelder-Ratten) zusammenhängen könnte.

Zusammenfassung

Es wird über die Bestimmung der Resorptionsgeschwindigkeit von Sojaöl, unbehandeltem und anoxydiertem Rotbarschöl (POZ etwa 50) berichtet. Die beiden Fischöle werden etwas schneller resorbiert als das Sojaöl. Die Ergebnisse werden mit früheren Versuchen sowie mit Angaben von THOMASSON verglichen und die festgestellten Unterschiede diskutiert.

Schrifttum

1. STEENBOCK, H., M. H. IRWIN und J. WEBER, J. Nutrit. **12**, 103 (1936). — 2. DEUEL, H. J., L. HALLMAN und A. LEONARD, J. Nutrit. **20**, 215 (1940). — 3. DEUEL, H. J. und L. HALLMAN, J. Nutrit. **20**, 227 (1940). — 4. CROCKETT, M. E. und H. J. DEUEL, J. Nutrit. **33**, 187 (1947). — 5. AUGUR, V., H. S. ROLLMAN und H. J. DEUEL, J. Nutrit. **33**, 177 (1947). — 6. THOMASSON, H. J., J. Nutrit. **59**, 343 (1956). — 7. KIECKEBUSCH, W., K. JAHR, G. CZOK, W. GRIEM, KH. BÄSSLER, C. H. HAMMAR und K. LANG, Fette-Seifen-Anstrichmittel **64**, 1154 (1962). — 8. MEEH, zitiert nach: A. v. MURALT, Praktische Physiologie (Berlin 1943). — 9. FISHER, R. A., Statistische Methoden für die Wissenschaft (Edinburgh 1956).

Anschrift der Verfasser:

Privatdozent DR. A. FRICKER, DR. G. CZOK, DR. E. SCHÄFFNER und Prof. DR. K. LANG, 6500 Mainz
Physiologisch-chemisches Institut der Universität

*Aus dem physiologisch-chemischen Institut der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz
(Direktor: Prof. Dr. Dr. K. Lang)*

Ernährungsphysiologische Eigenschaften von Rotbarschöl

III. Mitteilung: Der Einfluß chronischer Verfütterung von Rotbarschöl auf die Blutlipidwerte von Ratten

Von A. FRICKER und K. LANG

Mit 5 Tabellen

(Eingegangen am 13. Juni 1964)

Es ist bekannt, daß Art und Menge des Nahrungsfettes einen Einfluß auf den Gehalt des Blutserums an Gesamt-Lipiden, Cholesterin und Gesamt-Lipid-Phosphor haben. Insbesondere die Zusammenhänge zwischen Nahrungsfett und Gehalt des Blutes an Cholesterin sind oft untersucht worden, da bei arteriosklerotischen Erkrankungen sehr häufig hohe Blutcholesteringehalte gefunden werden. [Siehe I. Mitteilung, Literaturzitat (13–14)]. Es wurde festgestellt, daß im allgemeinen Fette mit hohem Schmelzpunkt und niedriger Jodzahl zu einer Erhöhung des Blutcholesteringehaltes, solche mit niedrigem Schmelzpunkt und hoher Jodzahl zu einer Erniedrigung dieser Werte führen. [LANG (1)].

Als wirksames Prinzip für eine Senkung des Cholesteringehaltes im Plasma haben sich die Polyenfettsäuren herausgestellt, wobei nicht allein die essentiellen Säuren von Bedeutung sind, sondern auch die Säuren der Linolensäurereihe. Unterstützt werden diese Effekte auch durch einzelne Aminosäuren, wie KOKATNUB und KUMMEROW (2) zeigen konnten. Auch können Fraktionen des unverseifbaren Anteils von Fetten in dieser Richtung wirken [WILKENS und DEWIT (3)].