

Aus der Bundesanstalt für Fettforschung, Münster i. Westf.

Die Fettsäuren der Lipide im Fleisch von Süßwasserfischen und Seefischen¹⁾

Von Irene Reichwald und Anke Meizies

Mit 1 Abbildung und 2 Tabellen

(Eingegangen am 15. Dezember 1972)

Fische sind reich an biologisch wertvollen Proteinen, enthalten jedoch meist nur geringe Mengen an Fett und anderen Lipiden (1). Auf die ernährungsphysiologische Bedeutung der Speisefische als Quelle hochwertigen Eiweißes wird vielfach hingewiesen (1, 2, 3, 4). Eine systematische Untersuchung der Lipide europäischer Süßwasserfische fehlt; auch ein Vergleich der Lipide von Süßwasserfischen mit denen von Seefischen ist uns nicht bekannt. Die vorliegende Arbeit soll dazu beitragen, diese Lücken auszufüllen.

Untersuchungsmaterial und Methoden

1. Fische

Die folgenden Süßwasserfische wurden untersucht: Hecht (*Esox lucius*), Quappe (*Lota lota*), Zander (*Lucioperca lucioperca*), Stör (*Acipenser sturio*), Lachs (*Salmo salar*) und Aal (*Anguilla anguilla*). Zum Vergleich wurden die Lipide der Scholle (*Pleuronectes latessa*), eines typischen Seefisches, analysiert. Quappe, Stör, Lachs und Aal waren gefroren und wurden erst zur Verarbeitung aufgetaut. Bei den restlichen Fischen wurden die Lipide aus dem frischen Fleisch gewonnen.

Störfleisch besteht aus mindestens vier verschiedenen Fleischtypen, die sich durch ihren unterschiedlichen Fettgehalt auszeichnen. Rosa, kalbfleischähnliches Fleisch, dunkelbraunes Fleisch aus dem Seitenmuskel und weißes, speckartiges Fleisch wurden untersucht.

2. Methodik

Extraktion der Lipide. Die Lipide entstammten jeweils dem Muskelgewebe, welches den eßbaren Anteil darstellt. Das Fleisch wurde in Gegenwart von Chloroform-Methanol (2:1, v/v) homogenisiert und mit 20 Volumteilen desselben Lösungsmittels extrahiert (5). Der Rohextrakt wurde mit 0,58%iger Kochsalzlösung gewaschen, wobei zwei Phasen entstanden. Die Lösungsmittel wurden im Vacuum bei 30° C abgedampft und der Rückstand gewogen.

Herstellung der Methylester. Bis zu 1 g wurde in 10 ml Natriummethylatlösung (1 g Natrium in 100 ml Methanol) aufgenommen und 1½ Stunden im Stickstoffstrom am Rückfluß erhitzt (6). Das Reaktionsgemisch wurde mit 50 ml Petroläther in einen Scheidetrichter gespült. Der Petrolätherextrakt wurde zweimal mit luftfreiem Wasser und einmal mit Natriumchlorid-Lösung gewaschen.

¹⁾ Teil der Dissertation von Irene Reichwald unter der Leitung von Prof. Dr. H. K. Mangold; voraussichtlicher Abschluß Ende 1973 (Universität Bonn).

Die Lösung der Methylester wurde über Natriumsulfat getrocknet und im Vacuum bei 40° C eingengt. Die Vollständigkeit der Reaktion wurde dünn-schicht-chromatographisch geprüft (Kieselgel H, Petroläther-Diäthyläther-Essigsäure 80:20:1); unverseifbare Bestandteile wurden durch Dünnschichtchromatographie abgetrennt (Kieselgel H, Petroläther-Diäthyläther 90:10) (7). Die Methylester wurden mit Diäthyläther aus der Kieselgelschicht gelöst und gas-chromatographisch analysiert.

Die Methylester aus den Lipiden von Hecht, Quappe und Zander wurden zwecks chromatographischer Kettenlängenanalyse 1½ Stunden lang mit Platin(dioxid) in Hexan hydriert.

Gas-chromatographische Analyse. Für die Analyse wurde der mit einem Differential-Flammenionisationsdetektor ausgestattete Perkin-Elmer-Fraktometer F 7 (Bodenseewerk Perkin-Elmer & Co. GmbH, 7770 Überlingen/See) verwendet. Die Trennung wurde auf einer Säule von 2 m Länge und 2 mm Innendurchmesser durchgeführt, die mit 15% DEGS auf Anachrom D 100/120 mesh gefüllt war (Analabs, Inc., P. O. Box 501, North Haven, Connecticut 06473, USA). Die Methylester wurden bei 185° C chromatographiert; die Strömungsgeschwindigkeit des Trärgases, Stickstoff, lag bei 70 ml/Min., die von Wasserstoff bei 26 ml/Min. und die von Luft bei 350 ml/Min.

Die Zuordnung der Fraktionen erfolgte an Hand von Standardkurven, die nach den relativen Retentionszeiten von Eichsubstanzen aufgestellt wurden (8). Die Banden wurden trianguliert und ihre Flächen prozentual ausgewertet.

Ergebnisse und Diskussion

Süßwasserfische haben in der Regel einen geringeren Fettgehalt als Seefische (9); Ausnahmen bilden, zum Beispiel, Lachs und Aal. Auch innerhalb der einzelnen Fischarten ist der Lipidanteil unterschiedlich; abhängig unter anderem von der Jahreszeit, den Fütterungsbedingungen, der sexuellen Reife und der Laichzeit (11, 12), dieses ist bei den in Tabelle I angegebenen Werten zu beachten. Sie können nur bedingt als repräsentativ für die gesamte Art angesehen werden.

Die Hauptfettsäuren aller untersuchten Fische sind Palmitinsäure (16:0), Palmitölsäure (16:1), Ölsäure (18:1), Eicosapentaensäure (20:5) und Docosahexaensäure (22:6) (Tabelle 1). Bei den gesättigten Fettsäuren dominiert die Palmitinsäure, sowohl in Süßwasser- wie auch in Seefischen. Diese Säure macht bei Süßwasserfischen durchschnittlich 19% der Gesamtfettsäuren aus – die Lipide der Scholle enthalten 15,6%. Auch in dem von Reimold und Lang (10) untersuchten Rotbarsch, *Sebastes viviparus*, ist die Palmitinsäure die dominierende gesättigte Fettsäure; die Lipide der weißen Muskulatur enthalten 12,8% dieser Säure. Die mengenmäßig übertragende ungesättigte Fettsäure, ebenfalls in Süßwasser- und Seefischen, ist die Ölsäure. Bemerkenswert ist, daß sie in den Lipiden des Störs dreier verschiedener Fleischarten in nahezu doppelt so hoher Konzentration vorliegt (44,1–49,1%) wie in den übrigen untersuchten Fischen. In den Lipiden der Süßwasserfische liegt die Ölsäure zu etwa 25% (11,6–49,1%) vor, in der Scholle zu etwa 15% und laut Reimold und Lang (10) zu etwa 20,3% in der weißen Muskulatur des Rotbarsches. Die Lipide im Fleisch von Süßwasserfischen zeichnen sich durch einen höheren Gehalt an Linolsäure aus (13, 15, 16). Wir fanden bei Süßwasserfischen einen durchschnittlichen Gehalt von 3,1% dieser essentiellen Fettsäure, demgegenüber enthalten die Lipide der Scholle nur 0,7%. Ferner unterscheiden sich die Lipide in

Tab. 1. Zusammensetzung der Fettsäuren in den Muskellipiden aus sechs Süßwasserfischen.

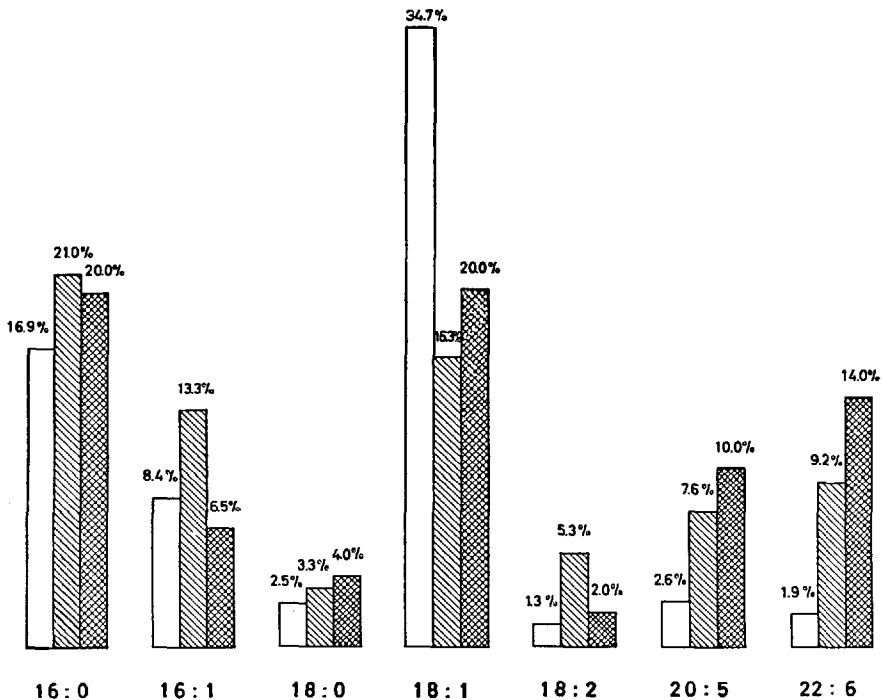
Fettsäure*	Hecht %	Quappe %	Zander %	Stör %	Lachs %	Aal %
14:0	4,6	1,1	7,1	2,1	15,1	5,9
14:1	0,5	Spur	0,7	Spur	—	1,6
15:0	0,7	Spur	1,6	Spur	Spur	0,6
16:0	15,7	21,1	26,4	21,5	15,3	14,0
16:1	15,2	7,8	17,0	7,3	5,6	12,4
17:0	Spur	0,8	Spur	0,9	1,5	0,7
17:1	1,5	0,9	1,5	1,2	0,9	1,1
18:0	2,6	5,4	2,0	2,3	3,8	1,4
18:1	11,6	19,5	17,8	49,1	27,2	27,8
18:2	7,6	4,5	3,0	1,3	1,5	1,0
18:3 und 20:0**	7,0	1,2	2,7	0,9	0,9	Spur
20:1	2,6	1,0	1,3	3,3	8,0	28,3
20:4 und 22:0**	6,9	8,1	4,2	1,3	0,5	0,5
20:5	8,8	10,0	4,1	3,7	3,4	0,8
22:1	0,9	0,5	0,9	0,7	10,5	Spur
22:4 und 24:0**	0,3	0,6	6,3	Spur	—	Spur
22:5	1,8	—	1,2	—	0,7	0,7
22:6	12,3	9,5	5,8	2,6	2,5	0,5
24:1 (?)	—	4,2	—	—	—	Spur
Lipidgehalt (%)	0,9	1,2	1,4	3,3	5,8	24,5

* Kettenlänge: Zahl der Doppelbindungen. Die Lage der Doppelbindungen ist nicht bekannt; es ist jedoch anzunehmen, daß der Hauptanteil der ungesättigten Säuren mit den im Futter der Tiere vorkommenden Säuren identisch ist.

** Die gesättigte Säure ist nur in Spuren vorhanden.

Süßwasserfischen von denen im Salzwasser lebenden Spezies hinsichtlich des Gehalts an Eicosapentaensäure; diese Säure liegt in den sechs Süßwasserfischen durchschnittlich zu 5,1 % vor (0,8–10 %). In marinen Spezies ist die Eicosapentaensäure in höherer Konzentration enthalten (10, 13). Gruger et al. (13) fanden in Lipiden aus Seefischen einen durchschnittlichen Gehalt an 20:5 von 9,9%. Stansby (14) gab sowohl für Süßwasser- als auch für Seefische eine Schwankungsbreite von 8–20% für Docosahexaensäure an, doch andere Autoren nennen als allgemeines Kennzeichen der Süßwasserfische einen niedrigeren Gehalt dieser Fettsäure (13, 16). Wie Tabelle I zeigt, liegt der Wert für Docosahexaensäure in Stör, Lachs und Aal relativ niedrig verglichen mit denen der restlichen Süßwasserfische. Darauf wird im folgenden Abschnitt noch näher eingegangen.

Eine Gegenüberstellung der Hauptfettsäuren von Süßwasser- und Seefischen wird in Abb. 1 gezeigt. Der Stör, der Lachs und der Aal sind in ihrer Lipidzusammensetzung als typische Süßwasserfische anzusehen. Beim Aal ist der ungewöhnlich hohe Gehalt an Eicosensäure auffallend (28,3%); der Durchschnittswert an 20:1 aller übrigen Süßwasserfische ist nur 3,2%. Wie aus Tabelle II hervorgeht, ist der Unterschied im Fettgehalt bei den drei verschiedenen Fleischtypen des Störs beträchtlich, doch zeigt die Zu-



Kettenlänge: Zahl der Doppelbindungen in Fettsäuren aus typischen Süßwasser-

fischen , Süßwasser-Raubfischen  und Seefischen 

Abb. 1

sammensetzung der Fettsäuren eine bemerkenswerte Übereinstimmung. Von den untersuchten Fischen ist die Scholle ein typisches Beispiel für einen Seefisch; sie entspricht in der Zusammensetzung ihrer Fettsäuren den oben genannten Charakteristika für marine Spezies (10, 13, 14, 16).

Auffallend ist, daß das Fettsäuremuster der Lipide bei der Quappe, dem Hecht und dem Zander nicht der Regel entspricht, die allgemein für Süßwasserfische akzeptiert ist (13, 15, 16). Diese drei Fische haben folgendes gemeinsam: sie sind *Raubfische*, ihr Lebensbereich ist ausschließlich das Süßwasser, sie ernähren sich von Krebstieren, Fischen und durch Bruträuberei (17, 18).

Eine Gegenüberstellung der Chromatogramme eines Süßwasser-Raubfisches und eines Seefisches zeigt deutlich, daß die Zusammensetzung der Fettsäuren in den Lipiden der Raubfische aus Binnengewässern und der Seefische sehr ähnlich ist. Offensichtlich gelten alle Merkmale, die in dem vorhergehenden Abschnitt für die Fettsäuren der Lipide aus Süßwasserfischen herausgestellt wurden, nicht für Raubfische aus Binnengewässern. So wird zum Beispiel für Süßwasserfische ein erhöhter Gehalt an Ölsäure angegeben. Quappe, Hecht und Zander haben einen durchschnittlichen Gehalt an Ölsäure von 19,5%, 11,6% und 17,8%. Dieses stellt zwar eine

Tab. 2. Zusammensetzung der Fettsäuren in den Muskellipiden aus verschiedenen Fleischarten des Störs.

Fettsäure*	rosa Fleisch %	braunes Fleisch %	weißes Fleisch %
14:0	2,1	3,4	3,7
14:1	Spur	0,5	Spur
15:0	Spur	0,5	Spur
16:0	21,5	21,4	23,6
16:1	7,3	0,8	8,1
17:0	0,9	0,8	1,0
17:1	1,2	1,0	0,9
18:0	2,3	2,3	2,3
18:1	49,1	44,1	44,7
18:2	1,3	1,8	1,8
18:3 und 20:0**	0,9	0,9	0,6
20:1	3,3	2,8	3,2
20:4 und 22:0**	1,3	1,0	0,5
20:5	3,7	4,1	Spur
22:1	0,7	0,7	1,1
22:4 und 24:0**	Spur	Spur	Spur
22:5	—	1,1	Spur
22:6	2,6	9,4	3,3
24:1 (?)	—	Spur	Spur
Lipidgehalt (%)	3,3	10,9	52,9

* Kettenlänge: Zahl der Doppelbindungen. Die Lage der Doppelbindungen ist nicht bekannt; es ist jedoch anzunehmen, daß der Hauptteil der ungesättigten Säuren mit den im Futter der Tiere vorkommenden Säuren identisch ist.

** Die gesättigte Säure ist nur in Spuren vorhanden.

prozentuale Erhöhung der Ölsäure gegenüber 15,1% bei der Scholle dar, die Werte liegen jedoch beträchtlich niedriger als bei Stör, Lachs und Aal (19,1%, 27,2%, 27,8%). Weiterhin wird der hohe Gehalt an Eicosapentaensäure als Charakteristikum für Meeresfische angesehen. Wie aus unseren Untersuchungsergebnissen zu ersehen ist, liegt der durchschnittliche Wert von Eicosapentaensäure in den Lipiden der Süßwasser-Raubfische um 5% höher als in denen der übrigen Süßwasserfische (7,6% gegenüber 2,6%). Ferner liegt der Gehalt an Docosahexaensäure in Quappe, Hecht und Zander für Süßwasserfische auffallend hoch, 9,2% gegenüber 1,8% in den restlichen drei untersuchten Süßwasserfischen. Die bisher aufgezeigten Merkmale ähneln stark denen der Seefische. Die Raubfische aus Binnengewässern weisen noch eine weitere Besonderheit auf: Der Gehalt ihrer Lipide an Linolsäure ist relativ hoch; er liegt bei durchschnittlich 5% (3,0–7,6%). Demgegenüber enthalten die Lipide aus der Muskulatur von Stör, Lachs und Aal nur durchschnittlich 1,2% (1,0–1,5%).

Aus diesen Ergebnissen ist ersichtlich, daß Süßwasser-Raubfische im Fettsäuremuster ihrer Lipide mehr dem der Seefische als dem „vegetarischer“ Süßwasserfische entsprechen.

Es ist anzunehmen, daß der Konsum an Süßwasserfischen in den nächsten Jahren stark ansteigen wird, denn es hat sich gezeigt, daß die

Fischbestände der Weltmeere nicht unerschöpflich sind. Zur Zeit werden in der Teichwirtschaft vor allem Forellen und Karpfen produziert. Mit Hilfe neuer Methoden der Aquakultur (19) werden in Zukunft auch andere Speisefische in großer Zahl relativ preiswert angeboten werden können.

Wir danken der Firma Gottfried Friederichs KG, Hamburg, sowie dem Staatl. Institut für Seenforschung und Seenbewirtschaftung, Langenargen (Bodensee), für die Überlassung von Fischen.

Zusammenfassung

Die Lipide aus dem Fleisch von sechs Süßwasserfischen – Hecht, Quappe, Zander, Stör, Lachs, Aal – wurden analysiert. Zum Vergleich wurden die Lipide der Scholle, eines typischen Seefisches, untersucht. Die Lipide von Stör, Lachs und Aal enthalten, wie die meisten Süßwasserfische, relativ hohe Anteile an Öl- und Linolsäure und niedrige Anteile an Eicosapentaen- und Docosahexaensäure. Demgegenüber ähneln die Fettsäuremuster der Lipide aus dem Fleisch von Hecht, Quappe und Zander, drei typischen Süßwasser-Raubfischen, mehr denen der Seefische als denen „vegetarischer“ Süßwasserfische.

Summary

Muscle lipids of six freshwater fish viz., pike, burbot, walleye pike, sturgeon, salmon and eel, were analyzed. For comparison, the lipids of plaice, a typical marine fish, were investigated. The lipids of sturgeon, salmon and eel contain, as those of most freshwater fish, relatively high proportions of oleic and linoleic acids but only small amounts of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids. In contrast, the fatty acid profiles of lipids from the flesh of pike, burbot and walleye pike three typical carnivorous freshwater fish, resemble those of marine fish.

Literatur

1. Wirths, W., *Lebensmittellehre* (Paderborn 1968).
2. Guha, B. C., in: *The Role of Fish in Human Nutrition* (London 1962).
3. Toyama, Y., T. Kaneda, in: *Fish as Food*, Vol. 2 (New York-London 1962).
4. Kietzmann, U., *Seefisch als Lebensmittel* (Berlin und Hamburg 1969).
5. Folch, J., M. Lees, G. H. Sloane Stanley, *J. Biol. Chem.* **226**, 497 (1957).
6. Sietz, F. G., *Fette, Seifen, Anstrichmittel* **71**, 446 (1969).
7. Malins, D. C., H. K. Mangold, *J. Amer. Oil Chemists' Soc.* **37**, 576 (1960).
8. Hofstetter, H. H., N. Sen, R. T. Holman, *J. Amer. Oil Chemists' Soc.* **42**, 537 (1965).
9. Souci, S. W., W. Fachmann, H. Kraut, *Die Zusammensetzung der Lebensmittel* (Stuttgart 1962).
10. Reimold, W. V., K. Lang, *Z. Ernährungswiss.* **11**, 69 (1972).
11. Reiser, R., B. Stevenson, M. Kayama, *J. Amer. Oil Chemists' Soc.* **40**, 507 (1963).
12. Borgstrom, G., in: *Fish as Food*, Vol. 2 (New York-London 1962).
13. Gruger, E. H., R. W. Nelson, M. E. Stansby, *J. Amer. Oil Chemists' Soc.* **41**, 662 (1964).
14. Stansby, M. E., *World Review of Nutrition and Dietetics* **11**, 46 (1969).
15. Ackman, R. G., C. A. Eaton, E. G. Bligh, A. W. Lantz, *J. Fish Res. Bd. Canada* **24**, 1219 (1967).
16. Lovern, J. A., *Biochem. J.* **26**, 1978 (1932).
17. Muus, B. J., P. Dahlström, *BLV Bestimmungsbuch Süßwasserfische* (München, Basel, Wien 1968).
18. Holcik, J., J. Mihálik, *Das farbige Buch der Süßwasserfische* (Hanau 1968).
19. Tiews, K., *Fischereiwelt* 1971, XXV.

Anschrift der Verfasser:

Dipl.-Troph. Irene Reichwald, Dipl.-Troph. Anke Meizies, Bundesanstalt für Fettforschung, Institut für Technologie und Biochemie – H.-P.-Kaufmann-Institut –, 44 Münster i. Westf., Piusallee 68