

Z. Ernährungswiss. 20, 163–171 (1981)
© 1981 Dr. Dietrich Steinkopff Verlag, Darmstadt
ISSN 0044-264 X

ORIGINALARBEITEN

Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Institut für Biologie, 7500 Karlsruhe

Freie und gesamte Aminosäuren im Muskelfleisch vom Weißblutfisch (*Champsocephalus gunnari* Lönnberg) und vom Krill (*Euphausia superba* Dana)

W. Partmann

(Eingegangen am 19. Februar 1981)

Einleitung

Der Rückgang der Fänge an wichtigen Konsumfischarten im Nordatlantik und die durch steigenden Eiweißmangel gekennzeichnete Welternährungssituation sind für viele Länder Veranlassung, Fisch- und Krillbestände der Antarktis auf ihre Eignung als Fangobjekte für die große Hochseefischerei und als Proteinquellen für die menschliche Ernährung zu überprüfen. Die Kenntnis der Aminosäurezusammensetzung des Muskelfleisches der für den Durchschnittseuropäer weitgehend unbekannten Fischarten der Antarktis und des in großen Beständen auftretenden und zur Krebsfamilie der Euphausiden zählenden Krill (3,5–6 cm lang) ist für die Beurteilung seiner ernährungsphysiologischen Qualität von Bedeutung. Die Muster der freien Aminosäuren im Muskelfleisch sind an der Ausbildung des Geschmacks bei der Zubereitung wesentlich beteiligt und für die Klärung physiologischer und phylogenetischer Zusammenhänge von Wert.

Es wurden daher von dem u. a. um Südgeorgien und den Orkney-Inseln in kommerziell verwertbaren Mengen auftretenden Weißblutfisch *Champsocephalus gunnari* (Kock, 1978) und vom Krill die Gesamtgehalte an Aminosäuren, die Konzentrationen der freien Aminosäuren und einige andere physiologisch interessante Größen im Muskelfleisch bestimmt.

Material

Champsoscephalus gunnari Lönnberg (Abb.) gehört zu den Notothenoidei und zur Familie der kaltwasseradaptierten Chaenichthyidae (Weißblutfische). Diese in osteologischer Hinsicht den barschartigen nahestehenden Fische (Norman, 1938) zeichnen sich durch das Fehlen von Erythrozyten und Hämoglobin aus (Ruud, 1954). Infolgedessen sind auch die Kiemen cremig weiß gefärbt. Das Überleben bei der nur physikalischen Lösung des Sauerstoffs im Blutplasma ist offenbar durch einige Kompensations- und Adaptationserscheinungen möglich geworden. Davon seien erwähnt: Die tiefe Wassertemperatur, die angeblich träge, schwerfällige Lebensweise der Fischart (Ruud, 1965), das im Vergleich zu anderen Teleostierern große Blutvolumen und die kürzere Kreislaufzeit (Hemmingsen und Douglas, 1970; Kock, 1977). Die Weißblutfische scheinen nach Versuchen von Hemmingsen und Douglas (1970) selbst in Streßsituationen mit Sauerstoffmangel keinen besonders hohen anaeroben Stoffwechsel zu haben und zu benötigen.

Nach Kock (1978) ist aus Untersuchungen des Mageninhaltes von *Champsoscephalus gunnari* zu schließen, daß Krill ein ganz wesentlicher Bestandteil der Nahrung dieses Weißblutfisches ist.

Die für unsere Untersuchungen verwendeten Weißblutfische von etwa 30 cm Länge wurden im Rahmen der Antarktis-Expedition 1977/78 der Bundesrepublik Deutschland am 2. 4. 1978 in der Royal Bay der Insel Südgeorgien in etwa 140 m Tiefe mit einem 200-Fuß-Grund-Schleppnetz gefangen. Die Fische wurden etwa 30 min nach dem Fang im Gefriertunnel bei -30 bis -35°C gefroren, glasiert und bis zum 15. 6. 1978 bei $-28^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ gelagert, anschließend, in Trockeneis verpackt, in 9 Stunden nach Karlsruhe transportiert, einzeln in Polyäthylenbeutel verpackt und bis zur Aufarbeitung bei $-70^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ aufgehoben.

Sogleich nach der Auslagerung wurden Muskelblöcke von der dorsalen Seitenrumpfmuskulatur noch im gefrorenen Zustand aufgearbeitet und zur Bestimmung der Konzentration an säurelabilem energiereichem Phosphat (berechnet als $\text{mg} \sim \text{P}$), des Verhältnisses von Adenosintriphosphat (ATP) zu Inosinmonophosphat (IMP) und des Nicotinamid-adenin-dinucleotid-(NAD-) und Milchsäuregehaltes und Messung des pH-Wertes benutzt. Das restliche Material der Seitenrumpfmuskulatur wurde gewürfelt, gut durchmischt und nach dem Auftauen zur Bestimmung des Wasser-, Gesamtstickstoff- und des Fettgehaltes (Fettgehalt nur von einer Durchschnittsprobe von 5 Fischen) und zur Herstellung des Extraktes für die säulenchromatographische Bestimmung der freien Aminosäuren und für die Ermittlung der gesamten Aminosäuren nach Hydrolyse des gefriergetrockneten Materials verwendet.

Die ebenfalls aus dem Operationsgebiet der Antarktis-Expedition 1977/78 der Bundesrepublik Deutschland stammende im Block gefrorene Krillprobe wurde in Luft aufgetaut, bis eine Trennung der Einzeltiere möglich war. Die Schwanzmuskulatur wurde aus der Schale präpariert und zur Bestimmung von Gesamtstickstoff, Trockensubstanz, Fett, freien Aminosäuren und gesamten Aminosäuren benutzt.

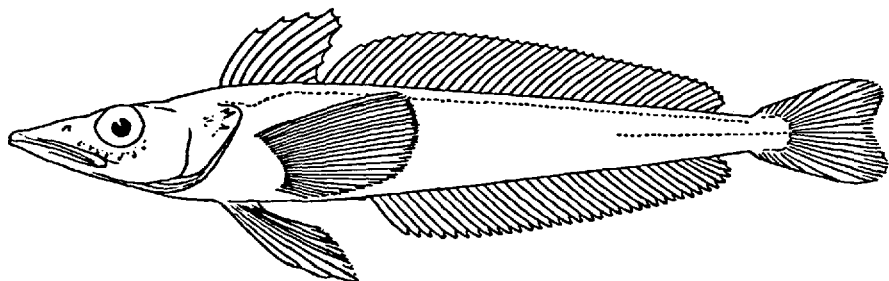


Abb. *Champsoscephalus gunnari* Lönnberg (nach Norman 1938).

Methoden

Zur Ermittlung der physiologisch interessanten Meßgrößen in der hart gefrorenen Seitenrumpfmuskulatur von *Champsocephalus gunnari* wurde wie folgt verfahren: Zur Bestimmung von NAD wurde die enzymatische Methode von Klingenberg (1970) verwendet.

Die Gehalte an Milchsäure wurden nach der Methode von Noll (1974) ermittelt.

Das säurelabile energiereiche Phosphat und der pH-Wert wurden, wie an anderer Stelle beschrieben (Partmann, 1960), bestimmt.

Die Umwandlung von Adenosinnukleotiden zu Inosinmonophosphat bis zur Aufarbeitung wurde nach der Methode von Khan und Frey (1971) ermittelt. Sie liefert für die erste postmortale Phase in Annäherung die Prozentanteile an Molen IMP und ATP, die zusammen 100 % ausmachen.

Für das aufgetaute Muskelmaterial vom Weißblutfisch und vom Krill wurden folgende Methoden verwendet: Der Gesamtstickstoff wurde nach Kjeldahl und Parnas-Wagner bestimmt.

Zur Ermittlung des Wassergehaltes wurden 5 g der zerkleinerten Muskelproben gut durchmischt in einem auf 80 °C aufgeheizten Trockenschrank 2 Stunden vorge-trocknet und anschließend in einem Vakuumtrockenschrank bei 3 bis 10 mbar und 80 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet.

Die Extraktionsmethode zur säulenchromatographischen Analyse der freien Aminosäuren im Fischmuskel wurde bereits früher angegeben (Partmann, 1965).

Die routinemäßige Säurehydrolyse zur Ermittlung der Anteile der meisten Aminosäuren wurde mit homogenisiertem gefriergetrocknetem Muskelmaterial unter Zusatz von 6N-HCl unter Stickstoff in 24 Stunden bei 110 °C durchgeführt.

Cystin wurde als Cysteinsäure in Proben bestimmt, welche vor der Hydrolyse 18 Stunden bei 0 °C mit Perameisensäure oxydiert worden waren (Moore, 1963).

Tryptophan wurde nach 24stündiger alkalischer Hydrolyse der gefriergetrockneten Proben bei 110 °C in 5N-Ba (OH)₂ bestimmt (Miller, 1967; Knox et al., 1969).

Die Konzentrationen der Aminosäuren wurden nach einer Modifikation (Partmann, 1969) der von Spackman, Stein und Moore (1958) eingeführten Methode mit dem automatischen Aminosäurenanalysator der Firma Biotronik ermittelt. Die Gehalte der freien Aminosäuren wurden in µmol/ml Muskelextrakt und die der gesamten Aminosäuren in mg/g N angegeben.

Ergebnisse und Diskussion

Champsocephalus gunnari Lönnberg

Hauptbestandteile und biochemische Meßwerte

Die arithmetischen Mittelwerte einiger Meßgrößen von der weißen Seitenrumpfmuskulatur sind aus Tabelle 1 zu ersehen. Auffallend sind der relativ enge Schwankungsbereich der pH-Werte um 7, die niedrigen Milchsäure-, Nicotinamid-adenin-dinucleotid-Konzentrationen und die geringen Gehalte an labilem energiereichem Phosphat in dem gefrorenen Material. Der relativ hohe Inosinmonophosphat-Anteil läßt in Übereinstimmung mit den anderen Befunden vermuten, daß die glykolytischen Prozesse bereits nach dem Einfrieren nahezu abgeschlossen waren. Auf ihre ohnehin schwache Ausbildung deuten vor allem die wenig um den Neutralpunkt schwankenden pH-Werte und die recht niedrigen Milchsäurekonzentrationen hin.

Tab. 1. Mittelwerte und Standardabweichungen chemischer Meßgrößen der Seitenrumpfmuskulatur von 4 auf See eingefrorenen Weißblutfischen und von 4 Proben der Schwanzmuskulatur von gefrorenem Krill.

Muskelproben	Wassergehalt in %	Gesamt-N mg N/g	Fettgehalt in %	pH-Wert (Bereich)	Milchsäure $\mu\text{mol/g}$	NAD $\mu\text{mol/g}$	IMP in % der Summe IMP + ATP	~ P mg/g
Champtocephalus gunnari	$81,3 \pm 1,2$	$27,5 \pm 1,5$	1,70	6,80-7,10	$13,0 \pm 5,7$	$0,09 \pm 0,06$	87 ± 4	$0,04 \pm 0,02$
Euphausia superba	$79,3 \pm 0,3$	$25,8 \pm 0,9$	$1,63 \pm 0,08$	-	-	-	-	-

Freie Aminosäuren und verwandte Verbindungen

Das Fehlen von Hämoglobin und Myoglobin in der Seitenrumpfmuskulatur von *Champsocephalus gunnari* einerseits und das Auftreten einer eigentümlichen Gelbfärbung der Brustflossensmuskeln (Hamoir, 1978) andererseits ließen bei den Mustern an freien Aminosäuren Besonderheiten der Ausprägung und Unterschiede zwischen beiden Muskeltypen erwarten.

Wie Tabelle 2 zeigt, ist Taurin, ein Abbauprodukt des Cysteins, mit einem mittleren Gehalt von 22,6 $\mu\text{mol/ml}$ Muskelextrakt bei weitem die quantitativ stärkste ninhydrinpositive Substanz. Die bei manchen Familien der Knochenfische in hohen Konzentrationen vorkommenden Dipeptide Carnosin und/oder Anserin (Partmann u. Schlaszus, 1973) fehlen. Bei anderen Familien, wie den Cypriniden, tritt vermutlich das Histidin an ihre Stelle, das in der weißen Seitenrumpfmuskulatur des Karpfens Konzentrationen um 25 $\mu\text{mol/ml}$ Muskelextrakt erreicht (Partmann und Schlaszus, 1973). Offenbar können sich die 3 Komponenten Carnosin,

Tab. 2. Freie Aminosäuren der Seitenrumpfmuskulatur und der gelben Brustflossensmuskeln vom Weißblutfisch *Champsocephalus gunnari* und der Schwanzmuskulatur vom Krill *Euphausia superba*; Konzentration in $\mu\text{mol/ml}$ Muskelextrakt.

Komponente	Weißblutfisch		Krill	
	Seitenrumpf- muskulatur		Brustflossen- muskeln	Schwanz- muskulatur
Taurin	22,6	$\pm 4,1$	52,7	39,2
Asparaginsäure	0,16	0,06	0,16	5,91
Threonin	0,70	0,08	0,60	5,99
Serin	0,96	0,03	1,03	6,55
Asparagin	0,08	0,02	0,01	2,40
Glutaminsäure	1,47	0,19	3,04	0,83
Glutamin	0,23	0,01	0,43	3,51
Prolin	0,16	0,03	0,34	33,0
Glycin	4,21	1,21	1,33	58,0
α -Alanin	3,56	0,67	4,21	18,6
α -Aminobuttersäure	0,03	0,01	0,05	Spur
Valin	0,23	0,04	0,27	7,44
Cystin	0,00		0,04	0,35
Methionin	0,10	0,02	0,10	3,66
Isoleucin	0,12	0,01	0,16	4,62
Leucin	0,17	0,02	0,28	7,83
Tyrosin	0,10	0,01	0,13	3,23
β -Alanin	0,06	0,03	0,04	9,88
Phenylalanin	0,07	0,01	0,14	3,80
Ornithin	0,03	0,04	0,10	9,22
Lysin	0,80	0,37	1,16	13,7
1-Methylhistidin	—	—	—	0,23
Histidin	2,18	0,47	0,65	2,50
Anserin	—	—	—	3,44
3-Methylhistidin	0,01	0,00	Spur	0
Arginin	0,12	0,06	0,39	29,2

Anserin und Histidin, wie bereits an anderer Stelle (Partmann, 1965) diskutiert wurde, in ihrer Funktion als gute Puffer im physiologischen pH-Bereich vertreten und das Absinken des pH-Wertes im Muskel bei erheblicher Milchsäurebildung verhindern. Beim Weißblutfisch ist Histidin zwar mit etwa 2,2 $\mu\text{mol/ml}$ Extrakt eine beachtliche Komponente im Muster der freien Aminosäuren, aber doch unvergleichlich schwächer als bei Cypriniden. Von den von uns untersuchten Fischarten (Partmann und Schlaszus, 1973) ist am ehesten ein Vergleich des Musters mit dem der vorwiegend benthonisch lebenden Scholle (*Pleuronectes platessa* L.) möglich. Das trifft für das Fehlen der Dipeptide, die mäßige Konzentration von Histidin und die weitgehend vergleichbaren Konzentrationen der übrigen freien Aminosäuren zu. Diese Befunde lassen einen relativ kleinen Bedarf an Pufferkapazität im physiologischen pH-Bereich erwarten und würden damit gut zu den gemessenen niedrigen postmortalen Milchsäurewerten bei *Champoscephalus gunnari* passen.

Im gelben Brustflossenmuskel betrugen die Glycin- und Histidinkonzentrationen nur etwa ein Drittel der in der weißen Seitenrumpfmuskulatur gefundenen. Demgegenüber waren aber die Taurinkonzentrationen im Flossenmuskel gut doppelt so hoch wie in der Rumpfmuskulatur.

Gesamte Aminosäuren der Seitenrumpfmuskulatur

Die in den Hydrolysaten der Seitenrumpfmuskulatur bestimmten Aminosäuren sind aus Tabelle 3 zu ersehen. Zum Vergleich wurden die in

Tab. 3. Aminosäuren der Hydrolysate von der Seitenrumpfmuskulatur des Weißblutfisches *Champoscephalus gunnari* und von der Schwanzmuskulatur des Krill *Euphausia superba*. Zum Vergleich sind die FAO-Daten vom eßbaren Anteil von Fisch allgemein (1970a) und von Krebs allgemein (1970b) angegeben; Konzentration in mg/gN, + essentielle Aminosäuren.

Komponente	Weißblut-fisch	Fisch allgemein FAO-Werte	Krill	Krebs allgemein FAO-Werte
Asparaginsäure	606	647	593	675
Threonin ⁺	271	286	233	285
Serin	240	271	197	319
Glutaminsäure	931	882	808	976
Prolin	210	230	264	274
Glycin	255	301	343	408
α -Alanin	357	374	333	419
Valin ⁺	313	382	279	299
Cystin	72	73	89	79
Methionin ⁺	209	179	183	182
Isoleucin ⁺	297	299	288	291
Leucin ⁺	500	480	440	542
Tyrosin	211	229	209	227
Phenylalanin ⁺	242	245	251	252
Lysin ⁺	560	569	506	493
Histidin ⁺	138	221	124	117
Tryptophan ⁺	63	70	65	72
Arginin	361	354	413	518

den Nutritional Studies Nr. 24 der FAO (Food and Agriculture Organization, 1970 a) enthaltenen Werte für Fisch allgemein in die Tabelle aufgenommen. Es wird deutlich, daß die Gehalte der Aminosäuren in beiden Spalten vergleichbar sind. Der Anteil der essentiellen Aminosäuren beim Weißblutfisch entspricht durchaus den Erwartungen, die an ein biologisch hochwertiges Eiweiß zu stellen sind.

Euphausia superba Dana

Freie Aminosäuren in der Schwanzmuskulatur

Der Vergleich der Konzentrationen an freien Aminosäuren und Taurin in der Schwanzmuskulatur vom Krill (Tab. 2) mit denen der weißen Muskulatur vom Weißblutfisch zeigt, daß sie bis auf Glutaminsäure, α -Aminobuttersäure, Cystin und Histidin erwartungsgemäß (Partmann, 1971) sehr viel höher sind als beim Fisch. Insbesondere Arginin, Glycin, Taurin, α -Alanin und mit Vorbehalt Prolin waren auch in der Schwanzmuskulatur von *Astacus leptodactylus* Esch in recht großen Konzentrationen gefunden worden (Partmann, 1971). Sie dürften bei höheren Krebsen wie Schizopoden und Dekapoden (Sidhu, Montgomery und Brown, 1974; Cobb III, Vanderzant und Hyder, 1974) allgemein quantitativ eine dominierende Rolle spielen, die u. a. auch die intrazelluläre Osmoregulation betrifft (Cobb III, Conte und Edwards, 1975). Das Arginin nimmt bekanntlich bei Wirbellosen außerhalb des Eiweißstoffwechsels eine Sonderstellung ein. Seine relativ hohe Konzentration ist in der Hauptsache durch den raschen postmortalen Zerfall von Argininphosphat bedingt, das u. a. bei Krebsen die Aufgabe des Kreatinphosphates bei der Muskelkontraktion der Wirbeltiere erfüllt.

Gesamte Aminosäuren der Schwanzmuskulatur

In Tabelle 3 sind neben der Aminosäurezusammensetzung der Schwanzmuskulatur von *Euphausia superba* auch die entsprechenden der Zusammenstellung der FAO entnommenen Werte für Krebsfleisch allgemein (Food and Agriculture Organization 1970 b) aufgeführt. Der Vergleich zeigt, daß größere Unterschiede zwischen den Werten für einige Aminosäuren bestehen. Insbesondere sind die Konzentrationen für Serin und Glutaminsäure beim Krill deutlich kleiner als bei Krebsen allgemein. Eine Wertung sollte berücksichtigen, daß die Klasse der Krebstiere sehr heterogen ist und uns über die zur Mittelwertbildung der FAO-Daten benutzten Werte der Proben zu wenig bekannt ist. Es ist jedoch unter besonderer Berücksichtigung der essentiellen Aminosäuren deutlich, daß auch das Krilleiweiß wie das Muskelprotein vom Weißblutfisch als biologisch hochwertig einzustufen ist.

Danksagung

Den Herren Prof. Dr. W. Schreiber und Dipl.-Biol. K. H. Kock von der Bundesforschungsanstalt für Fischerei in Hamburg danke ich für die freundliche Überlassung von Krill und Weißblutfischen und die Angaben über die Herkunft des Materials.

Frau M. Braun und Herrn H. Schlaszus sei für sorgfältige technische Mitarbeit bei den Untersuchungen gedankt.

Zusammenfassung

Im Muskelgewebe von auf See gefrorenem Weißblutfisch *Champsocephalus gunnari* Lönnberg und Krill *Euphausia superba* Dana wurden die Aminosäurezusammensetzung, die freien Aminosäuren und einige andere physiologisch interessante Verbindungen bestimmt. Die geringen Gehalte an labilem energiereichem Phosphat und Nicotinamid-adenindinucleotid beim Weißblutfisch deuten darauf hin, daß die glykolytischen Prozesse bereits nach dem Einfrieren auf See nahezu abgeschlossen und in Übereinstimmung mit Befunden am Muster der freien Aminosäuren und verwandten Verbindungen von nur mäßiger Bedeutung für den Stoffwechsel waren. Die Aminosäurezusammensetzung im eßbaren Anteil vom Weißblutfisch stimmte mit der von anderen Fischen bekannten weitgehend überein. Auch die Schwanzmuskulatur vom Krill war in den Gehalten an Aminosäuren mit denen anderer Krebse vergleichbar. Die Anteile insbesondere an essentiellen Aminosäuren beim Weißblutfisch und beim Krill entsprachen den Anforderungen, die an ein biologisch hochwertiges Eiweiß zu stellen sind.

Summary

In the muscle tissue of sea-frozen ice fish (*Champsocephalus gunnari* Lönnberg) and of krill (*Euphausia superba* Dana) the amino-acid composition, the free amino acids and some other compounds interesting from a physiological point of view were determined. The low contents in labile energy-rich phosphate and nicotinamide adenine dinucleotide in ice fish suggest that the glycolytic processes were nearly completed already after freezing on sea and that they had been of only moderate significance for the metabolism, as was demonstrated also by findings on the pattern of the free amino acids and related compounds. The composition of the amino acids of the edible parts of ice fish largely corresponded to other fish. The amino acid composition of the abdominal muscle tissue of krill and of other crustaceans was comparable as well. The shares particularly of essential amino acids in ice fish and krill fulfilled the requirements of a protein of high biological value.

Schlüsselwörter: Weißblutfisch, Krill, Muskelfleisch, Aminosäuren

Literatur

1. Cobb III, B. F., C. Vanderzant, K. Hyder: Effect of ice storage upon the free amino acid contents of tails of white shrimp (*Penaeus setiferus*). J. Agr. Food Chem. **22**, 1052-1055 (1974).
2. Cobb III, B. F., F. S. Conte, M. A. Edwards: Free amino acids and osmoregulation in Penaeid shrimp. J. Agr. Food Chem. **23**, 1172-1174 (1975).
3. Food and Agriculture Organization: Amino acid content of foods and biological data on proteins. FAO Nutritional studies Nr. 24, Item 344 (Rome 1970 a).
4. Food and Agriculture Organization: Amino acid content of foods and biological data on proteins. FAO Nutritional Studies Nr. 24, Item 357 (Rome 1970 b).
5. Hamoir, G.: Différenciation protéinique des muscles striés blancs, jaunes et cardiaque d'un poisson antarctique exempt d'hémoglobine, *Champsocephalus gunnari*. C. R. Acad. Sc. Paris **286**, Serie D, 145-148 (1978).
6. Hemmingsen, E. A., E. L. Douglas: Respiratory characteristics of the hemoglobin-free fish *Chaenocephalus aceratus*. Comp. Biochem. Physiol. **33**, 733-744 (1970).
7. Khan, A. W., A. R. Frey: A simple method for following rigor mortis development in beef and poultry meat. Can. Inst. Food Technol. J. **4**, 139-142 (1971).
8. Klingenberg, M.: Nicotinamid-Adenin-dinucleotide. In: Methoden der enzymatischen Analyse. Hrsg. Bergmeyer, H. U. 2. Aufl. Verl. Chemie, Weinheim, Bergstr. 2. Bd. S. 1979-1980 (1970).

9. Knox, R., G. O. Kohler, R. Palter, H. Walker: Determination of tryptophan in feeds. *Analyt. Biochem.* **36**, 136-143 (1969).
10. Kock, K. H.: Fische ohne Blut. *Umschau* **77**, 737-739 (1977).
11. Kock, K. H.: Fischereibiologische Untersuchungen. In: *Antarktis-Expedition 1975/76 der Bundesrepublik Deutschland*, Arch. Fisch. Wiss. **29** (Beih. 1), 41-57 (1978).
12. Miller, E. L.: Determination of the tryptophan content of feeding-stuffs with particular reference to cereals. *J. Sci. Food Agric.* **18**, 381-386 (1967).
13. Moore, S.: On the determination of cystine as cysteic acid. *J. Biol. Chem.* **238**, 235-237 (1963).
14. Noll, F.: L-Lactat-Bestimmung mit LDH, GPT und NAD. In: *Methoden der enzymatischen Analyse*. Hrsg. Bergmeyer, H.U. 3. Auflage, Verl. Chemie, Weinheim, Bergstr. 2. Bd. S. 1521-1525 (1974).
15. Norman, J. R.: Coast fishes Part III. The Antarctic zone. *Discovery Reports* **18**, 1-104 (1938).
16. Partmann, W.: Rigor und Gefrier Veränderungen bei Süßwasserfischen in Abhängigkeit von der Zeit post mortem. *Arch. Fisch. Wiss.* **11**, 81-105 (1960).
17. Partmann, W.: Zur Frage der Artspezifität des Musters an Reststickstoffsubstanzen bei Knochenfischen. *Zool. Jb. Physiol.* **71**, 261-286 (1965).
18. Partmann, W.: Eiweißveränderungen im Fischmuskel während der Lagerung bei -3°, -8° und -28°C. *Kältetechnik* **21**, 39-43 (1969).
19. Partmann, W.: Reststickstoff-Substanzen in der Scheren- und Schwanzmuskulatur von *Astacus leptodactylus* Esch. *Arch. Fisch. Wiss.* **22**, 103-109 (1971).
20. Partmann, W., H. Schlaszus: Über die Muster ninhydrinpositiver Substanzen im Muskelgewebe von Knochenfischen. *Z. Lebensmittel-Unters.-Forsch.* **152**, 8-17 (1973).
21. Ruud, J. T.: Vertebrates without erythrocytes and blood pigment. *Nature* **173**, 848-850 (1954).
22. Ruud, J. T.: The ice fish. *Scientific American* **213**, 108-114 (1965).
23. Sidhu, G. S., W. A. Montgomery, M. A. Brown: Post mortem changes and spoilage in rock lobster muscle. II. Role of amino acids in bacterial spoilage and production of volatile bases in the muscle of *Jasus novae-hollandiae*. *J. Fd. Technol.* **9**, 371-380 (1974).
24. Spackman, D. H., W. H. Stein, St. Moore: Automatic recording apparatus for use in the chromatography of amino acids. *Analyt. Chem.* **30**, 1190-1206 (1958).

Anschrift des Verfassers:

Dr. W. Partmann, Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Institut f. Biologie,
Engesserstr. 20, 7500 Karlsruhe 1