

魚類筋肉および内臓組織の一般成分と含窒素エキス成分

宋 興安, 平田 孝, 坂口守彦

(1999年5月13日受付)

Proximate Composition and Nitrogenous Extractive Components
in Fish Muscle and Internal Organs*1

XingAn Song,*2 Takashi Hirata,*2 and Morihiko Sakaguchi*2

Proximate composition and nitrogenous extractive components in several tissues of four fishes, yellowtail, Japanese flounder, Spanish mackerel and common carp, were analyzed and compared. No significant differences were observed in the amounts of protein and ash between fishes or tissues. Levels of lipids were relatively high in the liver of Spanish mackerel and Japanese flounder and also in the dark muscle of yellowtail, compared with those in the white muscle. IMP was in higher levels in the white muscle of all fishes, while GMP was comparatively abundant in some visceral tissues. The white muscle of yellowtail and Spanish mackerel was rich in histidine; the other tissues contained higher levels of taurine. Among the nitrogenous extractive components, larger amounts of unidentified constituents were found in the viscera than in the muscle tissues. Strength of umami taste calculated from the amounts of IMP, GMP and glutamic acid (Glu) varied from tissue to tissue. There was a tendency that the strength in white muscle depends on levels of the nucleotides but that in visceral tissues on that of Glu. It was suggested that the umami strength is not always stronger in the muscle tissue than that in the visceral tissues.

キーワード：魚類組織，内臓，一般成分，含窒素エキス成分，旨味

世界的な規模で進行している環境汚染や乱獲などによって、有用水産資源は枯渇が懸念されるに至っている。その一方で、2万1千種を越えるともいわれる魚類¹⁾のなかで、漁獲対象になっているものはきわめて少なく、300種ほどに過ぎない。また、漁獲物のうち血合肉、皮、内臓、骨などはその多くが未利用のまま廃棄されている。したがって、今後これらの未利用魚種や未利用部位を食品、医薬品、工業製品などとして活用できれば、水産資源の一層の有効利用をはかることができる。

とくに、これまで飼肥料以外にはほとんど有効利用されていない内臓を含む魚類の組織について、その嗜好性が低い原因を解明し、嗜好性向上の方策を探り、食糧として有効利用をはかることはきわめて有意義と考えられる。

水産物の嗜好性は風味やテクスチャーなどにより決まる。^{2,3)}なかでも、遊離アミノ酸 (FAA) のグリシン、アラニン、プロリンなどは甘味成分として、グルタミン酸と核酸関連物質の IMP や AMP はうま味成分として

知られている。²⁻⁵⁾また、近年テクスチャーが嗜好性に多大の影響を与えるとみなされるようになってきた。^{2,3)}しかし、これらのデータは筋肉に関するものが多く、その他の組織についてはデータはまだ少ない。⁶⁾また、魚類の筋肉と内臓組織の間で、特に風味にどのような相違があるのかを系統的に比較し、検討した例はほとんどない。そこで、我々は一般成分を分析したのち、魚類の内臓など未利用部位についてその嗜好性を決定していると考えられる含窒素エキス成分の分析を行ない、うま味成分の含量からうま味の強さを推定した。

材料および方法

供試魚

京都市内の卸売市場、活魚販売店より購入したハマチ (ブリ若魚, 養殖) *Seriola quinqueradiata* 6尾, 体重 2.5~3.0 kg, ヒラメ (養殖) *Paralichthys olivaceus* 6尾, 体重 0.5~0.8 kg, サワラ (天然) *Scomberomorus niphonius* 4尾, 体重 4.2~5.5 kg, およびコイ (養殖)

*1 本研究の概要については平成8年度日本水産学会秋季大会で発表した。

*2 京都大学大学院農学研究科応用生物科学専攻 (Division of Applied Biosciences, Graduate School of Agriculture, Kyoto University, Kyoto 606-8502, Japan).

Cyprinus carpio 6尾, 体重1.0~1.5 kgを使用した。サワラを除いて, 供試魚は即殺後2~4時間後にただちに, 普通肉, 血合肉および肝臓, 卵巣などを含む各種の組織を採取した。サワラは捕獲後水冷し, 約12時間経過したものを同様に処理した。

なお, 分析に用いられた各種試料はそれぞれの供試魚個体(4~6尾)から組織を等量(2~20 g)採取し, 混合した。遊離アミノ酸を除いて分析はそれぞれ3回行い, 得られた結果を平均し, 標準偏差(S.D.)を付し表記した。

一般成分

一般成分のうち, 水分は常圧加熱乾燥法により105~110°Cで6~7時間加熱乾燥し定量した。粗タンパク質はケルダール法を用いてその窒素を定量し, 算出した。粗脂肪はクロロホルム-メタノール混液抽出法によって定量した。灰分は乾式灰化法により550°Cで加熱乾燥後, 定量した。

過塩素酸抽出エキスの調製

魚類組織5 gを50 mlのプラスチック遠心管に入れ, 10%過塩素酸(PCA)10 mlを加えてホモジナイズした。4°Cで30分放置した後, 10,000×gで30分間遠心分離した。上清を回収し, 沈殿は5%PCA 5 mlを加えて同様に2回繰り返し抽出した。上清を合わせて, 6 M KOHと14%のK₂CO₃でpH 7.0まで中和するとともに, PCAをカリウム塩として沈澱させ, 上清をカップフィルター(サンプレップ-V, 0.45 μm, ミリポア社)で濾過し, 蒸留水で50 mlに定容したものをPCA抽出エキスとした。これを-40°Cで保存した。

トリクロロ酢酸抽出エキスの調製

魚類組織5 gを50 mlのプラスチック遠心管に入れ, 10%トリクロロ酢酸(TCA)10 mlを加えてホモジナイズした。4°Cで30分放置した後, 10,000×gで30分間遠心分離した。上清を回収し, 沈殿は5%TCA 10 mlを加えて同様に2回繰り返し抽出した。上清を合わせて, カップフィルターで濾過し, 5%TCAで50 mlに定容したものをTCA抽出エキスとした。これを-40°Cで保存した。

核酸関連物質の定量

HPLCユニット(PLC-5D, 東京理化)を用い, Ryderら⁷⁾の方法に準拠し, 0.1 Mのリン酸緩衝液(pH 6.8)を移動相として, PCA抽出エキスに含まれる核酸関連物質すなわちATP, ADP, AMP, IMP, HxR(イノシン)およびHx(ヒポキサンチン)を定量した。カラムはCHEMOSORB 7-ODS-L(内径4.6 mm×長さ250 mm, ケムコ社)を用いた。

GMPとIMPの分離および定量

GMP(グアニル酸)とIMPは, 上記のODSカラム

では分離不可能であることがわかったので, Fluofix カラム1EW425(内径4.6 mm×長さ250 mm, ネオス社)を用い, 緩衝液[99.7%メタノール:(10 mM リン酸緩衝液 pH 3.5+1 mM テトラブチルアンモニウムクロリド)=20(v):80(v)]を移動相として定量した。

トリメチルアミンとトリメチルアミンオキシドの定量

トリメチルアミン(TMA)の分析については, 徳永ら⁸⁾の方法に基づき, これを一部改良して行った。すなわち, TCA抽出エキス1.0 mlを3.5 mlのシリコンゴム栓付バイアルに取り, 0.5 mlのエチルエーテルと1.0 mlの65%KOHを加え, 30秒攪拌した。これを50°Cで3分間インキュベートし, つづいて1分間攪拌したのち, 室温で30分放置した。上層のエチルエーテル層をマイクロシリンジで4 μl採取し, ガスクロマトグラフ(GC-8A, 島津製作所)でTMAを定量した。カラムはバックドカラム(Thermon-3000 5%+KOH 1%, 内径3.2 mm×長さ3.0 m, 島津製作所)を用いた。トリメチルアミンオキシド(TMAO)の分析には, Bystedtら⁹⁾の方法に基づき, TMAOをTMAに還元することにより行った。生成したTMAは上述の方法で定量し, 還元前のTMA量を差し引いてTMAO量を求めた。

クレアチンとクレアチニンの定量

クレアチン(Cre)とクレアチニン(Crn)の定量には, PCA抽出エキスは試料として用いられた。クレアチンの定量は, Sakaguchiら¹⁰⁾の方法に基づいて行った。クレアチニンの定量は, Yatzidisら¹¹⁾の方法によって定量した。

エキス窒素の定量

二酸化セレン0.1 gを蒸留水500 mlに溶解し, 濃硫酸500 mlと混合し, セレン硫酸分解剤を調製した。魚類組織のTCA抽出エキス1 mlに上記のセレン硫酸分解剤1 mlを加え, 2~4時間加熱分解したのち, 冷却し, 攪拌しながら40 ml蒸留水を徐々に加えて, 20%水酸化ナトリウムおよび塩酸と水酸化ナトリウムで中和し, 50 mlにメスアップした。これを組織のTCA抽出エキスのセレン硫酸分解液とした。セレン硫酸分解液をさらに10倍希釈し, Nimura¹²⁾の方法にしたがって, エキス窒素を定量した。

遊離アミノ酸の定量

遊離アミノ酸は, アミノ酸自動分析計(L-8500, 日立製作所)を用い, TCA抽出エキス10 μlを注入し, 標準溶液と試料のピークの面積から遊離アミノ酸含量を測定した。標準溶液には, アミノ酸標準溶液(タイプAN IIおよびタイプH, 和研製薬)を使用した。測定は2回実施し, 測定値が相互に10%以内のときは, その平均値を採用し, これを越す場合には同様の測定を繰り返す。

返し平均値を求めた。

うま味の強さの算出

Table 5~8 および Table 2 に基づいて、遊離アミノ酸のうちグルタミン酸の含量と核酸関連物質のうち IMP および GMP の含量を用いて、山口ら¹³⁾の式によりうま味の強さを算出し、グルタミン酸の濃度に換算して表記した。

$$Y = \text{Glu} \times [1 + 1218 \cdot (\text{IMP} + 2.3 \text{ GMP})]$$

Glu: monosodium glutamate \cdot H₂O (g/100 g)

IMP: disodium inosine 5'-monophosphate \cdot
7.5H₂O (g/100 g)

GMP: disodium guanosine 5'-monophosphate \cdot
7H₂O (g/100 g)

結果と考察

一般成分

ハマチ、ヒラメ、サワラおよびコイの一般成分の含量を測定した結果を Table 1 に示した。魚種間、組織間で著しい差異が認められた。水分と脂質含量には負の相関があり、粗タンパク質含量は組織間の差が小さく、灰分含量はほとんど同じレベルであった。

ハマチでは、普通肉と比べて、血合肉の粗脂肪含量が著しく高く、水分と粗タンパク質が比較的少なかった。一方、肝臓の粗脂肪は普通肉とほぼ同じで、粗タンパク質と水分がやや多い傾向が見られた。卵巣の場合では、水分と粗脂肪の含量が比較的多かった。サワラでは、普通肉と比べて、血合肉と肝臓いずれにも粗脂肪が多く含まれ、水分は少ない傾向を示した。肝臓では粗タンパク

質が少なかったが、卵巣にはタンパク質が比較的少なく、粗脂肪が多かった。白身魚の代表として分析したヒラメでは、普通肉と比べて、肝臓の粗脂肪が極めて多く、水分と粗タンパク質が著しく少ないと、卵巣には水分が多くて、粗脂肪が少ないことが明らかになった。淡水魚のコイでは、海産魚と比べて普通肉にも肝臓にも、粗脂肪が少なく、水分が多いという特徴があった。また普通肉と比べて、肝臓や卵巣の方がタンパク質が少なく粗脂肪が多いことがわかった。全体的に普通肉と比べて、血合肉、肝（脾）臓および卵巣（ヒラメの卵巣を除く）に脂肪含量が高いことがわかった。

含窒素エキス成分

1) 核酸関連物質

核酸関連物質 (NRC) の含量は、魚種を問わず組織間の差異が著しかった (Table 2)。また NRC の合計量は赤身魚のハマチ、サワラでは、白身魚のヒラメよりも多く、海産魚では淡水魚のコイよりも多い傾向が見られ、これは小島ら¹⁴⁾の報告と一致していた。いずれの魚種でも普通肉と比べてその他の組織中の IMP の含量は極めて低く、HxR と Hx の含量が比較的多いという特徴が見られた。

ヒラメの卵巣では IMP 含量は普通肉のはほぼ半量であったが、AMP が多量に含まれていた。またコイは、海産魚と比べて、普通肉でもその他の組織でも IMP の含量が比較的低かった。

IMP はよく知られたうま味成分であり、しかもグルタミン酸と相乗的にうま味を強めるとされている。¹⁵⁾したがって、組織中の IMP 含量がうま味の強さを決める

Table 1. Proximate composition in fish muscle and internal organs (mean \pm S.D.)

Fishes	Tissue	Moisture	Protein	Fat	Ash	Total (%)
Yellowtail (<i>Seriola quinqueradiata</i>)	White muscle	69.4 \pm 3.5	23.6 \pm 1.2	6.8 \pm 0.3	1.5 \pm 0.1	101
	Dark muscle	60.2 \pm 6.0	16.7 \pm 1.7	24.2 \pm 2.4	1.7 \pm 0.2	103
	Liver	72.1 \pm 5.8	18.7 \pm 1.5	7.0 \pm 0.6	1.6 \pm 0.1	99
	Ovary	73.5 \pm 4.8	15.7 \pm 1.5	10.1 \pm 0.7	1.7 \pm 0.1	101
Spanish mackerel (<i>Scomberomorus niphonius</i>)	White muscle	72.1 \pm 3.3	20.3 \pm 0.9	6.2 \pm 0.3	1.5 \pm 0.1	100
	Dark muscle	66.9 \pm 4.1	19.2 \pm 1.2	12.4 \pm 0.8	1.6 \pm 0.1	100
	Liver	67.2 \pm 4.8	12.6 \pm 0.9	19.1 \pm 1.4	2.2 \pm 0.2	101
	Ovary	70.3 \pm 5.7	12.9 \pm 1.1	14.8 \pm 1.2	1.9 \pm 0.1	100
Japanese flounder (<i>Paralichthys olivaceus</i>)	White muscle	70.5 \pm 3.9	22.0 \pm 1.2	6.6 \pm 0.4	1.3 \pm 0.1	100
	Liver	61.5 \pm 1.5	15.3 \pm 0.4	24.5 \pm 0.6	1.5 \pm 0.0	103
	Ovary	78.1 \pm 3.0	18.2 \pm 1.5	1.3 \pm 0.1	1.6 \pm 0.2	99
Common carp (<i>Cyprinus carpio</i>)	White muscle	75.5 \pm 9.3	20.0 \pm 2.5	4.6 \pm 0.6	1.3 \pm 0.2	101
	Hepatopancreas	74.0 \pm 5.8	16.1 \pm 1.3	9.4 \pm 0.7	1.4 \pm 0.1	101
	Ovary	71.9 \pm 6.5	16.7 \pm 1.4	9.8 \pm 0.9	1.5 \pm 0.1	100

Table 2. Contents of adenine nucleotides and their related compounds in several tissues of four fishes

Tissues	ATP	ADP	AMP	IMP	GMP	HxR	Hx
Yellowtail							
White muscle	N.D.	0.4	0.5	6.2	0.2	0.3	0.2
Dark muscle	0.2	0.3	0.3	1.7	0.3	2.0	0.2
Liver	0.5	0.2	0.3	0.2	0.1	1.0	0.8
Ovary	0.3	0.4	1.4	0.6	1.0	0.2	0.3
Stomach	0.2	0.4	0.5	0.5	0.5	0.7	0.5
Intestine	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.1
Heart	0.1	0.4	1.1	0.4	0.4	2.0	0.2
Kidney	0.2	0.2	0.3	0.3	0.7	0.6	0.8
Gills	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.5
Spleen	0.2	0.5	0.4	0.7	0.8	3.6	0.5
Gallbladder	N.D.	N.D.	N.D.	0.1	0.1	N.D.	0.1
Japanese flounder							
White muscle	0.4	0.2	0.3	5.5	0.4	0.2	0.5
Liver	0.5	0.2	0.6	0.2	0.6	0.3	0.5
Ovary	0.6	0.5	2.1	0.6	2.4	0.3	0.2
Stomach	0.4	0.2	0.2	0.1	0.2	0.4	0.5
Intestine	0.5	0.3	0.6	0.2	0.5	1.4	0.5
Heart	0.5	0.3	2.3	2.1	0.1	1.1	0.1
Kidney	0.4	0.2	0.3	0.2	0.8	0.7	1.1
Spleen	0.4	0.3	0.6	0.1	0.4	0.6	1.4
Skin	0.4	0.1	0.1	N.D.	N.D.	0.1	0.9
Spanish mackerel							
White muscle	0.4	0.3	0.2	6.4	0.2	1.7	0.2
Dark muscle	0.4	0.2	0.2	0.3	0.1	2.9	0.8
Liver	0.5	0.1	0.7	0.1	0.2	1.0	1.3
Ovary	0.5	0.1	0.8	0.1	0.2	1.2	0.6
Testis	0.4	0.5	0.2	N.D.	0.1	1.2	2.3
Intestine	0.4	0.2	0.3	0.1	0.1	1.2	1.2
Common carp							
White muscle	0.1	0.1	0.2	4.0	0.5	0.8	0.2
Hepatopancreas	0.1	0.3	0.4	0.4	0.5	0.7	0.4
Ovary	0.4	0.4	0.5	0.8	0.5	0.2	0.4
Intestine	0.1	0.2	0.7	0.4	1.1	0.5	0.3
Spleen	0.2	0.5	0.7	0.8	1.2	0.6	0.4
Kidney	0.2	0.2	0.6	0.7	0.5	0.3	0.2
Gallbladder	N.D.	N.D.	0.1	0.1	0.1	N.D.	0.3
Gills	0.1	0.1	0.5	0.7	1.0	0.4	0.2

N.D.=not detected

要因の一つとなる。本分析の結果から、普通肉には血合肉や内臓を含むその他の組織よりもIMPが多いことが明らかになったので、IMPは筋肉の主要なうま味成分となっていると考えられる。

サワラの組織にはHxやHxRがその他の魚種の組織より多く認められたが、これは本魚種の特性であるのか、あるいは、試料の入手までに12~24時間を要したため、いくぶん鮮度が低下していたのか、今後再検討する必要がある。

2) GMPとIMPの分離および定量

GMPはIMPとともにプリン系NRCの一種類であり、いずれも遊離グルタミン酸(Glu)の存在により相乗的に働いて強いうま味を呈する。しかも相乗効果はIMPより2.3倍ほど強いとされている。¹³⁾ここではNRCの分離にODSカラムを用いたが、本条件下では、IMPとGMPは相互に分離できなかった。そこで、IMPとGMPの分離・定量を試みた。IMPとGMPの分子構造の相違の特性に鑑み、適当な条件下で他種のカラム(Fluofix120E, ネオス社)を用いて、IMPとGMPの分離を試み、完全に分離することに成功した。この方法で両化合物を定量したところ、いずれの魚種でも筋肉にはGMPよりもIMPが著しく多いことがわかった。例えば、ハマチの普通肉、血合肉、ヒラメの普通肉、心臓、サワラの普通肉およびコイの普通肉にその他の組織よりも多く、一方、後者(ハマチの卵巣、脾臓、コイの腸、脾臓など)ではGMPの方が多い傾向が見られた(Table 2)。また淡水魚のコイ普通肉では、IMPとGMPの量は海産魚のそれより低いことが明らかになった。

魚類の筋肉ではNRCに属するうま味成分のうちでIMPが主要なものであるという周知の結論の他に、内臓組織に存在する核酸系のうま味成分はGMPが主要なものであるという新たな知見が得られ、きわめて興味深い。また、上記の方法でIMPおよびGMPの標準物質(市販品)を分析してみると、不純物質として互いに双方の物質が検出された。つまり、IMPの標準物質にGMPが少量含まれ、この逆も同様であることが判明した。

3) クレアチンとクレアチニン

魚介類の組織には広くクレアチン(Cre)と本物質に関連する物質として、クレアチニン(Crn)が分布しているので、^{16,17,25)}これらの含量を測定し、組織間の比較を行った。

Table 3に示したようにCreは4種類の組織に広く分布し、どの魚種でも普通肉にはその他の組織よりも多量のCreが含まれていた。特にヒラメの普通肉には他のどの魚種のそれよりも多いことがわかった。

Crnも各魚類の組織に広く分布しているが、Creより少なかった。海産魚の普通肉に多く含まれ、その他の組織、特に内臓には普通肉の半量に過ぎないことがわかった。これらの結果は藤田¹⁸⁾の報告とよく一致していた。

4) トリメチルアミンとトリメチルアミンオキシド

トリメチルアミン(TMA)とトリメチルアミンオキシド(TMAO)の含量を測定した。結果はTable 4に示してある。

TMAOとTMAは淡水魚であるコイの組織にはほと

Table 3. Contents of creatine and creatinine in fish muscle and internal organs (mean±S.D.) (mg/100 g)

Fishes	Tissues	Creatine	Creatinine
Yellowtail	White muscle	378±46	22.4±2.8
	Dark muscle	172±23	11.7±1.6
	Liver	62±3	7.4±0.4
	Ovary	100±7	6.9±0.5
Japanese flounder	White muscle	692±47	30.6±2.1
	Liver	61±5	7.8±0.7
	Ovary	56±5	15.4±1.4
Spanish mackerel	White muscle	356±12	30.7±1.1
	Dark muscle	174±3	21.0±0.3
	Liver	99±11	9.3±1.1
	Ovary	96±8	6.7±0.6
Common carp	White muscle	357±25	17.7±1.2
	Hepatopancreas	73±19	9.0±2.3
	Ovary	78±27	14.4±5.0

Table 4. Contents of TMA and TMAO in fish muscle and internal organs (mean±S.D.) (mg/100 g)

Fishes	Tissues	TMA	TMAO
Yellowtail	White muscle	0.2±0.0	9±0
	Dark muscle	2.0±0.1	18±2
	Liver	6.8±0.1	5±0
	Ovary	0.2±0.0	5±0
Japanese flounder	White muscle	3.8±0.4	298±15
	Liver	4.7±0.3	4±0
	Ovary	9.9±0.1	20±0
Spanish mackerel	White muscle	3.9±0.2	178±13
	Dark muscle	4.8±0.5	156±8
	Liver	6.1±0.3	16±2
	Ovary	7.5±0.1	21±2
Common carp	White muscle	N.D.	N.D.
	Hepatopancreas	N.D.	N.D.
	Ovary	N.D.	N.D.

N.D.=not detected

んど含まれていなかったが、海産魚（ハマチ、サワラおよびヒラメ）の組織に広く分布していた。海産魚では、組織によって含量が異なった。ハマチについては、普通肉ではTMAOもTMAも少なく、その他の組織にTMAがかなり含まれ、TMAOは少なかった。サワラでは、筋肉にかなりの量のTMAと多量のTMAOが含

まれるが、内臓にTMAが多く、TMAOが少なかった。ヒラメの場合では普通肉と比べて、内臓にはTMAOがきわめて少なく、TMAが比較的多かった。これらの結果は小畠ら¹⁴⁾、藤田¹⁹⁾およびKonosuら¹⁶⁾の研究結果と一致していた。このように淡水魚を除いてTMAOは筋肉組織に多く、TMAは内臓組織に多い傾向がみられた。

5) 遊離アミノ酸

一般に魚類組織中に含まれる諸種の含窒素エキス成分のうち、遊離アミノ酸（FAA）は量的に多いものである。FAAの合計量については、淡水魚コイでは海産魚よりも少ない傾向が見られた。また、海産魚の中で、赤身魚（ハマチ、サワラ）の組織には、白身魚（ヒラメ）のそれよりも多量のFAAが含まれていた（Table 5～Table 8）。

タウリン（Tau）がヒラメとコイの普通肉にかなり含まれていたが、ハマチ、サワラの普通肉には比較的少なかった。ハマチおよびサワラの血合肉およびそれらを含む4種魚類の内臓の大部分にはTauがきわめて多かった。これは小畠ら¹⁴⁾、Suyamaら²⁰⁾、Sakaguchi・Murata²¹⁾の研究結果と一致していた。Tauは浸透圧の維持・調節や抗酸化作用、生体膜の安定化作用などの生理機能が知られている。²²⁾ グリシン（Gly）やアラニン（Ala）がコイの普通肉に少量含まれ、その他の魚種では内臓の方が筋肉より多かった。ヒスチジン（His）はコイの普通肉に少なく、ヒラメの筋肉にはほとんど検出されなかったが、ハマチ、サワラの普通肉に非常に多かった。白身魚の筋肉に少なく、赤身魚のそれに多いという事実はAbe²³⁾、須山ら²⁴⁾、Konosuら¹⁶⁾の研究結果とよく一致していた。Hisは赤身魚の筋肉では他のイミダゾール化合物とともにH⁺の緩衝作用を示す物質として知られている。²³⁾

FAAの中には、単独で味に関与するものもあるし、Gluのように単独でも、またNRCなどの物質と相乗的に作用して味に寄与するものもある。^{5,13,15)} うま味成分のGluが普通肉にかなり含まれていたが、内臓組織（ハマチの肝臓、ヒラメの腸、コイの肝臓、サワラの精巣）にはそれよりもさらに多かった。このような事実から推察して、Gluは主にこれら内臓組織のうま味成分となっていると考えられる。

6) エキス窒素

エキス窒素（EN）量は、魚種のみならず、組織によっても異なることがわかった（Table 9）。海産魚は淡水魚よりも、また赤身魚は白身魚よりもEN量が多かった。どの魚種でも普通肉と比べて、血合肉や内臓の方にEN量が少なかった。この事実はSakaguchi・Murata²¹⁾の報告と一致していた。また、魚種・組織に

Table 5. Amounts of free amino acids in tissues of yellowtail

(mg/100 g)

Amino acid	Tissues							
	White muscle	Dark muscle	Liver	Ovary	Testis	Stomach	Spleen	Kidney
Tau	10.0	927	484	341	584	501	737	371
Asp	0.7	1.5	7.2	4.8	14.5	10.5	8.9	7.3
Thr	4.6	3.5	12.1	3.0	15.8	4.3	3.4	6.4
Ser	5.3	0.4	5.6	3.1	22.7	6.4	6.5	7.5
Glu	8.3	10.4	156	18.7	72.9	40.7	20.8	63.4
Gly	5.1	4.5	18.2	6.5	74.1	6.8	11.0	14.9
Ala	1.8	32.3	43.7	7.5	18.9	6.9	12.4	19.5
Cys	N.D.	0.5	N.D.	1.0	N.D.	2.0	3.0	4.4
Val	2.3	2.1	5.7	1.3	14.1	4.2	4.7	5.5
Met	0.3	N.D.	5.5	N.D.	4.1	2.0	0.6	1.1
Ile	1.2	0.9	3.0	0.3	8.6	2.8	2.2	3.0
Leu	2.3	1.9	4.5	0.9	13.4	4.6	3.9	4.9
Tyr	N.D.	N.D.	1.3	N.D.	8.2	0.8	0.4	1.4
Phe	N.D.	N.D.	2.2	N.D.	8.8	2.1	0.8	1.3
β -Ala	N.D.	N.D.	4.7	0.5	10.0	5.0	1.7	0.7
γ -ABA	N.D.	N.D.	1.7	N.D.	3.4	N.D.	N.D.	N.D.
Lys	5.7	1.8	8.4	0.3	10.1	2.9	2.3	3.6
His	1368	288	5.1	1.1	15.7	1.9	3.6	2.9
Arg	N.D.	N.D.	5.4	N.D.	38.6	0.6	N.D.	N.D.
Pro	1.6	1.8	2.5	5.6	13.7	2.5	2.1	6.5
Total	1417	1276	778	396	952	609	825	526

N.D.=not detected

Table 6. Amounts of free amino acids in tissues of Japanese flounder

(mg/100 g)

Amino acid	Tissues					
	White muscle	Liver	Ovary	Intestine	Spleen	Gallbladder
Tau	132	309	377	36.2	164	193
Asp	N.D.	6.2	6.3	10.8	8.4	33.8
Thr	0.6	3.2	4.4	6.5	7.0	N.D.
Ser	1.6	3.0	7.2	3.9	12.9	17.1
Glu	2.4	40.2	53.1	112	25.2	97.4
Gly	1.0	5.5	9.4	20.9	5.3	9.1
Ala	9.0	36.3	19.5	13.7	20.6	61.7
Cys	N.D.	0.8	1.6	N.D.	0.6	N.D.
Val	1.0	3.2	3.7	2.6	6.9	20.3
Met	N.D.	0.3	0.5	N.D.	3.2	N.D.
Ile	0.2	1.6	1.8	1.3	3.3	194
Leu	0.3	3.5	3.4	3.1	10.0	N.D.
Tyr	N.D.	0.7	N.D.	0.3	1.9	N.D.
Phe	N.D.	0.2	1.2	1.1	3.4	N.D.
β -Ala	N.D.	N.D.	5.0	N.D.	N.D.	N.D.
γ -ABA	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Lys	N.D.	2.0	1.1	0.3	3.7	14.3
His	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	65.9
Arg	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	2.4	N.D.
Pro	1.2	1.9	7.4	18.6	5.4	N.D.
Total	149	418	503	231	284	707

N.D.=not detected

Table 7. Amounts of free amino acids in tissues of Spanish mackerel

(mg/100 g)

Amino acid	Tissues					
	White muscle	Dark muscle	Liver	Ovary	Testis	Intestine
Tau	20.5	350	508	289	446	297
Asp	2.2	1.8	23.8	30.5	79.2	50.1
Thr	10.4	10.6	46.3	28.5	71.7	44.5
Ser	6.3	8.4	22.7	25.3	72.7	46.6
Glu	11.9	16.8	86.6	60.4	166	97.4
Gly	13.0	10.7	39.4	23.8	185	59.5
Ala	27.6	33.8	195	48.4	77.5	71.4
Cys	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	3.4	8.1
Val	8.6	8.2	29.0	31.9	60.3	44.2
Met	5.0	4.4	14.7	16.3	31.9	31.6
Ile	6.8	5.0	20.0	30.1	40.0	37.0
Leu	8.2	7.7	35.0	46.4	76.2	67.4
Tyr	6.6	5.7	17.3	25.6	42.5	40.9
Phe	5.9	6.8	21.6	25.5	41.4	40.2
β -Ala	1.4	5.5	12.5	1.9	1.8	4.6
γ -ABA	1.1	2.4	N.D.	8.7	2.6	7.0
Lys	5.5	9.4	23.8	25.9	35.3	31.7
His	1063	81.5	27.6	27.9	62.6	88.5
Arg	5.2	8.7	16.3	37.8	75.7	50.9
Pro	1.4	1.6	22.4	12.7	49.8	38.4
Total	1211	579	1161	796	1622	1157

N.D.=not detected

Table 8. Amounts of free amino acids in tissues of common carp

(mg/100 g)

Amino acid	Tissues					
	White muscle	Hepatopancreas	Ovary	Intestine	Kidney	Gallbladder
Tau	175	211	107	296	231	25.5
Asp	1.6	12.9	6.6	9.8	15.0	6.0
Thr	8.3	11.4	7.1	8.7	N.D.	N.D.
Ser	9.3	14.3	6.1	7.7	9.7	N.D.
Glu	4.0	49.0	29.1	26.5	45.2	83.0
Gly	51.1	12.5	6.3	7.2	9.5	N.D.
Ala	15.4	29.1	6.8	10.2	18.9	N.D.
Cys	N.D.	4.0	N.D.	1.1	3.5	N.D.
Val	2.2	4.6	2.6	4.2	5.7	N.D.
Met	0.8	1.6	N.D.	0.9	1.8	N.D.
Ile	1.7	3.0	1.0	1.8	3.9	N.D.
Leu	3.5	7.1	2.6	5.1	9.4	N.D.
Tyr	N.D.	2.3	0.3	1.2	3.7	N.D.
Phe	0.3	2.4	0.9	1.4	3.4	N.D.
β -Ala	N.D.	1.3	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
γ -ABA	N.D.	0.0	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Lys	8.4	4.0	0.4	3.2	7.5	N.D.
His	114	4.3	0.3	N.D.	1.0	N.D.
Arg	0.3	2.9	N.D.	1.2	1.6	N.D.
Pro	0.6	9.9	3.9	1.9	6.8	43.9
Total	396	388	181	388	378	158

N.D.=not detected

Table 9. Contents of extractive nitrogen and percentage composition of nitrogenous extractive substances in tissues of four fishes

Tissues	EN*1 (mg/100 g)	%							
		Nucleotides	Cre+Crn	TMAO+TMA	FAA*2	His	Urea	NH ₃	Others
Yellowtail									
White muscle	538	8.3	26.1	0.4	10.4	45.9	2.1	0.5	6.4
Dark muscle	307	9.2	19.5	1.3	36.8	17.0	0.0	0.7	15.6
Liver	295	6.3	7.8	0.8	31.3	0.6	1.2	1.8	50.2
Ovary	199	13.1	17.4	0.5	22.7	0.1	14.3	0.3	31.6
Japanese flounder									
White muscle	378	11.6	62.0	1.2	6.2	0.0	0.0	0.6	18.5
Liver	270	6.9	8.3	0.1	17.9	0.0	0.0	0.6	66.1
Ovary	318	13.2	7.4	0.2	18.3	0.0	0.0	1.0	59.9
Spanish mackerel									
White muscle	512	10.4	28.6	0.7	8.1	37.5	4.1	1.4	9.2
Dark muscle	323	8.8	19.8	1.0	18.9	7.5	2.5	2.5	39.0
Liver	318	7.4	11.2	0.5	45.7	2.6	1.8	3.0	27.9
Ovary	268	7.6	12.5	0.6	39.6	3.7	0.0	3.2	32.7
Common carp									
White muscle	310	11.0	49.0	0.0	11.7	10.0	0.0	0.7	17.5
Hepatopancreas	250	6.5	10.8	0.0	18.6	2.1	3.6	0.9	57.5
Ovary	260	7.3	11.7	0.0	8.2	0.0	0.0	0.9	71.8

*1 EN is the mean of three determinations.

*2 Not inclusive of His, urea and NH₃.

よって、EN量に寄与する各種化合物の窒素量が異なっていることも明らかとなった (Table 9)。赤身魚 (ハマチ、サワラ) の普通肉では、His 窒素の割合がきわめて高かった。一方、白身魚のヒラメでは、筋肉に His がほとんど含まれなかったが、総量の 50% を越える Cre+Crn の窒素の割合が高いことが明らかになった。コイの筋肉には、TMAO+TMA がみられなかったが、FAA と Cre+Crn の窒素の比率が比較的高かった。

普通肉と比べて、血合肉や内臓中の含窒素エキス成分中には今回分析の対象とした化合物以外の物質が多く認められた (Table 9)。この部分に含まれる化合物は、それらの組織の不味に関与する可能性を排除できない。今後、血合肉や内臓などが食用とされない原因を明らかにするために、それら不明部分を解明する必要がある。

うま味の強さ

各種魚類の組織に含まれる NRC のうち IMP と GMP および FAA のうち Glu は相乗的に作用して、うま味を強化するものであるから、^{13,15)} うま味の強さを表す Y の値 (Glu の濃度に換算した値) を組織ごとに比較してみた (Table 10)。その結果、普通肉では他の組織より高い場合 (サワラ) もあるが、低い場合 (ヒラメ、コイ) もあることがわかった。すなわち、うま味の強さは、普通肉の方がかならずしも強いとはいえないことが

Table 10. Strengths of umami taste of tissues of four fishes

Tissues	Y (g/100 g)	Glu/Y × 10 ³	(IMP+2.3 GMP)/Y × 10 ³
Yellowtail			
White muscle	4.4	2.4	81
Dark muscle	1.7	7.8	73
Liver	4.3	46.8	5
Ovary	2.5	9.4	63
Japanese flounder			
White muscle	1.1	2.6	295
Liver	2.8	18.5	30
Ovary	13.2	5.1	25
Spanish mackerel			
White muscle	6.4	2.4	56
Dark muscle	0.5	45.6	46
Liver	2.3	48.1	14
Ovary	1.5	52.3	17
Common carp			
White muscle	1.5	3.4	183
Hepatopancreas	3.3	18.7	22
Ovary	3.1	11.8	34

明らかとなった。さらに、Glu のうま味への寄与度 (Glu/Y) を調べてみると、どの魚種でも普通肉が最も低く、逆に内臓組織 (サワラでは血合肉も含む) では高

いことがわかった。同様に, IMP と GMP のうま味への寄与度 (IMP+2.3 GMP)/Y を組織ごとに比べてみると, どの魚種でも普通肉が最も高く, そのうま味の発現には IMP と GMP が大きく寄与していることが判明した。

一般に内臓は不味であるとして筋肉ほど食用に供されないが, Y の値が高いものがみられた。これには強いうま味が認められても異味成分や臭気成分が多量に共存して, その結果内臓を不味にしている可能性があるものと考えられる。

参考文献

- 中国農業百科全書編委: 中国農業百科全書・水産業巻, 農業出版社, 北京, 1994, pp. 603.
- 坂口守彦, 佐藤健司: 魚介類のおいしさの秘密. 化学と生物, **36**, 504-509 (1998).
- 村田道代, 安藤正史, 坂口守彦: 魚肉の鮮度とおいしさ. 日食工誌, **42**(6), 462-468 (1995).
- 遠藤金次, 藤田真夫, 清水 亘: 水産動物肉に関する研究—XXX. イカ肉中の遊離アミノ酸, トリメチルアミンオキシドおよびベタインについて. 日水誌, **28**, 833-838 (1962).
- 福家真也: おいしさの科学, 山野善正, 山口静子編, 朝倉書店, 東京, 1991, pp. 46-80.
- 鴻巣章二, 橋本周久: 水産利用学, 新水産学全集 24, 恒星社厚生閣, 東京, 1992, pp. 187-243.
- J. M. Ryder: Determination of Adenosine Triphosphate and Its Breakdown Products in Fish Muscle by High-Performance Liquid Chromatography. *J. Agric. Food Chem.*, **33**, 678-680 (1985).
- 徳永俊夫, 飯田 遥, 三輪勝利: ガスクロマトグラフィーによる魚肉中揮発性アミン類の分別定量法. 日水誌, **43**(2), 219-227 (1977).
- J. Bystedt, L. Swenne, and H. W. Aas: Determination of Trimethylamine Oxide in Fish Muscle. *J. Sci. Food Agric.*, **10**, 301-304 (1959).
- 坂口守彦, 藤田真夫, 清水 亘: 水産動物肉に関する研究—XXXVII. 筋肉エキス中のクレアチンとクレアチニンの分離定量. 日水誌, **29**, 531-536 (1963).
- H. Yatzidis: New Method for Direct Determination of "True" Creatinine. *Clin. Chem.*, **20**, 1131-1134 (1974).
- Y. Nimura: A Direct Estimation of Microgram Amounts of Ammonia in Water without Salt-error. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **39**, 1312-1315 (1973).
- 山口静子, 吉川知子, 池田真吾, 二宮恒彦: グルタミン酸ナトリウムと 5'-グアニル酸ナトリウムの呈味の相乗効果. 農化, **42**(6), 378-381 (1968).
- 小島 渥, 積山昇司, 山本康之: 血合肉のエキス成分組成. 日水誌, **51**, 1461-1468 (1985).
- S. Yamaguchi: The Synergistic Taste Effect of Monosodium Glutamate and Disodium 5'-Inosinate. *J. Food Sci.*, **32**, 473 (1967).
- S. Konosu, K. Watanabe, and T. Shimizu: Distribution of Nitrogenous Constituents in the Muscle Extracts of Eight Species of Fish. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **40**, 909-915 (1974).
- M. Sakaguchi, M. Fujita, and W. Shimizu: Studies on Muscle of Aquatic Animals—XXXVIII. Creatine and Creatinine Contents in Fish Muscle Extractives. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **30**, 999-1002 (1964).
- 藤田真夫: 魚介類におけるグアニジノ化合物の体内分布. 日水誌, **53**, 2067 (1987).
- 藤田真夫: 魚介類のエキス成分, 坂口守彦編, 水産学シリーズ No. 72, 日本水産学会監修, 恒星社厚生閣, 東京, 1988, pp. 25-43.
- M. Suyama, T. Hirano, and T. Suzuki: Buffering Capacity of Free Histidine and Its Related Dipeptides in White and Dark Muscles of Yellowfin Tuna. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **52**, 2171-2175 (1986).
- M. Sakaguchi and M. Murata: Distribution of Free Amino Acids, Creatine, and Trimethylamine Oxide in Mackerel and Yellowtail. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **52**, 685-689 (1986).
- 坂口守彦: 水産生物化学, 山口勝己編, 東京大学出版会, 東京, 1991, pp. 80-101.
- H. Abe: Distribution of Free L-Histidine and its Related Compounds in Marine Fishes. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **49**, 1683-1687 (1983).
- 須山三千三, 鴻巣章二: 水産食品学, 恒星社厚生閣, 東京, 1987, pp. 14-88.
- T. Shirai, M. Onodera, S. Saitoh, M. Ogawa, N. L. de A. Carvalho, T. Suzuki, and T. Hirano: Free Amino Acid, Creatine, ATP Related Compounds, Trimethylamine Oxide, and Inorganic Ions of the Muscle Extract of Fishes Caught in the Amazon River. *Fisheries Sci.*, **64**, 569-573 (1998).