

筋肉中の脂肪酸組成による 天然トラフグと養殖トラフグの判別について

小 泉 鏡 子*¹

Short paper

Determination of wild and cultured Ocellate Puffer (*Takifugu rubripes*)
 using fatty acid composition in muscle

Kyoko Koizumi

キーワード：トラフグ, 天然・養殖, 脂肪酸, 判別分析

はじめに

1999年にJAS法が改正され、水産物も生鮮食品品質表示基準及び水産物品質表示基準の適用を受けることとなった。これらの表示基準では、「名称」、「原産地」のほか、凍結後解凍したものについては「解凍」、養殖魚については「養殖」と表示することが義務付けられた。

トラフグは1980年代から養殖魚の流通が増加し始め¹⁾、現在、全国では天然フグ類の漁獲量の約6割にあたる量のフグ類が養殖され流通している²⁾が、その価格は天然魚の半額程度にすぎない¹⁾。また、トラフグは、身欠きや刺身に加工された状態で流通することが多く、流通段階で天然魚と養殖魚を判別することは非常に困難であるため、偽装表示問題の発生が懸念される。

一方、養殖魚については、飼料成分が養殖魚の体成分等に影響を与えるという報告がいくつもなされている。例えば、養殖アユでは飼料から摂取された脂質の酸化物、二次生成物、低アンセリン量などが食味に影響を与えると考えられている³⁾ほか、飼料がインダイの遊離アミノ酸含量に影響を与える⁴⁾などの報告がある。

さらに、体脂質の脂肪酸組成については、飼料脂質の影響を強く受けることが数魚種で観察されている⁵⁾ことから、

脂肪酸は天然魚と養殖魚を判別するにあたり有効な要素であると考えられた。

そこで、本研究では、トラフグの筋肉中の脂肪酸に注目し、天然魚と養殖魚の判別方法について検討した。

材料及び方法

1 試料

天然トラフグとして、2006年1月に伊勢湾で漁獲されたもの30尾、2006年8月と10月に駿河湾及び遠州灘で漁獲されたもの各10尾ずつの計50尾を分析に供した。

養殖トラフグについては、長崎県内の6箇所の養殖場で生産された国産養殖魚各5~10尾ずつの計50尾、中国産養殖魚10尾を分析に供した。国産養殖魚の飼育に用いられた飼料については、1養殖場では配合飼料のみを与えていたが、残りの5養殖場では配合飼料に生餌を混ぜたモイストペレットを与えていた。

試験魚の全長及び体重を第1表に示した。

2007年11月9日受理

静岡県水産技術研究所(本所)業績第1128号

*¹水産技術研究所漁業開発部

第1表 試験魚の全長及び体重

	天然魚 (n=50)	養殖魚 (n=60)
全長(cm)	20.2~34.2	25.0~31.8
	28.4±4.1 ¹⁾	28.8±1.8
体重(g)	199~850	279~726
	475.8±174.4	506.0±89.4

*1 平均値±標準偏差

2 分析方法

試験魚の筋肉可食部から Bligh&Dyer 法の Hanson and Olley 変法⁶⁾により全脂質を抽出し、Hiratsuka *et al.*⁷⁾に準じて塩化水素メタノールによりメチルエステル化した後、キャピラリーカラムを用いたガスクロマトグラフ(島津製作所^株島津 GC-14)により分析した。なお、分析条件は以下のとおりである。分析カラム; GLサイエンス社製 TC-WAX 30m×0.25mm i.d., カラム温度; 初期温度: 170°C, 昇温速度: 1°C/min, 最終温度: 225°C。

3 統計処理

分析の結果得られた脂肪酸組成の解析方法として、多変量解析の一手法である2群線形判別分析を行った。統計解析ソフトには SPSS(14.0J, エス・ピー・エス・エス株式会社)を用いた。この他に実施した等分散検定(F検定), t検定, Welch の t 検定の統計処理についても SPSS を用いた。

結果及び考察

脂肪酸組成の分析結果を第2表に示した。天然魚・養殖魚とも主な脂肪酸はドコサヘキサエン酸(DHA, C22:6n-3), パルミチン酸(C16:0), オレイン酸(C18:1n-9), ステアリン酸(C18:0), エイコサペンタエン酸(EPA, C20:5n-3)であり, DHA, パルミチン酸の組成比が高かった。

天然魚と養殖魚の各脂肪酸の分析結果について等分散検定(F検定)を行い, 等分散とみなせた脂肪酸は t 検定, 等分散とみなせなかった脂肪酸は Welch の t 検定を実施したところ, 15種類の脂肪酸のうち10種類の脂肪酸で天然魚と養殖魚の間で1%の水準で有意差が認められた(第2表)。ペンタデカン酸(C15:0), パルミトレイン酸(C16:1), アラキドン酸(C20:4n-6), ドコサペンタエン酸(C22:5n-3, n-6), DHA は天然魚の組成比が高く, 一方, C16:0, パルミチン酸ジメチルアセタール(C16:0DMA), C18:1n-9, リノール酸(C18:2n-6)は養殖魚の組成比が高かった。

天然魚・養殖魚計110尾, 15種類の脂肪酸組成の分析結果をもとに判別分析を行い, 判別関数-1が得られた。

第2表 全脂質の脂肪酸組成

	天然魚 (n=50)	養殖魚 (n=60)	t 検定
C14:0	0.8±0.3	0.7±0.3	
C15:0	0.3±0.2	0.1±0.1	**
C16:0DMA	2.9±0.7	3.7±0.9	**
C16:0	22.0±1.2	24.7±2.1	**
C16:1	2.2±0.5	1.6±0.4	**
C18:0DMA	0.9±0.1	1.0±0.2	
C18:0	7.7±1.1	8.1±0.7	
C18:1n-9	9.3±0.9	11.1±1.1	**
C18:1n-7	3.2±0.3	3.2±0.5	
C18:2n-6	0.7±0.2	3.3±2.3	**
C20:4n-6	4.9±0.9	2.9±0.6	**
C20:5n-3	7.8±2.1	7.0±1.2	
C22:5n-6	1.0±0.3	0.5±0.4	**
C22:5n-3	3.8±1.0	2.4±0.6	**
C22:6n-3	29.5±2.4	27.5±4.4	**
飽和酸	34.7±2.1	38.2±2.8	—
モノエン酸	14.7±1.1	15.8±1.7	—
ポリエン酸	47.7±2.1	43.6±4.0	—
未同定脂肪酸	3.0±1.1	2.4±1.1	—

** : 有意差あり (p < 0.01)

第3表 判別関数係数

	判別関数-1	判別関数-2	判別関数-3
C14:0	1.234	—	—
C15:0	-1.392	—	—
C16:0DMA	-0.056	—	—
C16:0	0.036	—	—
C16:1	-0.027	—	—
C18:0DMA	-0.054	—	—
C18:0	0.809	0.655	—
C18:1n-9	-0.148	—	—
C18:1n-7	0.811	—	—
C18:2n-6	-0.517	-0.550	-0.511
C20:4n-6	0.898	0.848	—
C20:5n-3	0.036	—	—
C22:5n-6	0.416	—	—
C22:5n-3	1.516	1.564	1.376
C22:6n-3	0.272	0.177	0.085
(定数)	-23.897	-16.997	-5.508
判別的中率	99.1%	99.1%	96.4%

* 判別関数-1の判別得点 = 1.234 × (C14:0) - 1.392 × (C15:0) - 0.056 × (C16:0DMA) + 0.036 × (C16:0) - 0.027 × (C16:1) - 0.054 × (C18:0DMA) + 0.809 × (C18:0) - 0.148 × (C18:1n-9) + 0.811 × (C18:1n-7) - 0.517 × (C18:2n-6) + 0.898 × (C20:4n-6) + 0.036 × (C20:5n-3) + 0.416 × (C22:5n-6) + 1.516 × (C22:5n-3) + 0.272 × (C22:6n-3) - 23.897

* 判別関数-2の判別得点 = 0.655 × (C18:0) - 0.550 × (C18:2n-6) + 0.848 × (C20:4n-6) + 1.564 × (C22:5n-3) + 0.177 × (C22:6n-3) - 16.997

* 判別関数-3の判別得点 = -0.511 × (C18:2n-6) + 1.376 × (C22:5n-3) + 0.085 × (C22:6n-3) - 5.508

判別得点 > 0 : 天然魚, 判別得点 < 0 : 養殖魚と判定

第3表に示した判別関数係数に脂肪酸組成値を掛け合わせたものを合計することで判別得点が得られる。今回の判別分析結果では、算出された判別得点が正の値であれば天然魚、負の値であれば養殖魚と判別された。

110尾、15種類の脂肪酸組成分析結果を用いて判別得点を算出したところ、天然魚の1尾の判別得点が負の値となり養殖魚と判別されたが、残り109尾は正しく判別され、判別率的中率は99.1%であった(第3表)。

さらに、より少ない脂肪酸種類で判別精度の高い関数を得るために、判別に対する寄与の大小を表す「標準化された正準判別関数係数」(第4表)の絶対値が大きく、判別に対する寄与が大きかった5種類の脂肪酸(C22:5n-3, C22:6n-3, C18:2n-6, C18:0, C20:4n-6)の分析結果をもとに判別分析を行った。その結果、判別関数-2(第3表)が得られた。得られた判別関数-2に110尾、5種類の脂肪酸組成値を代入して判別得点を求めたところ、天然魚の1尾の判別得点が負の値となり養殖魚と判別されたが、残り109尾は正しく判別され、判別結果は15種類の脂肪酸を用いて求めた判別関数-1と同じになり、5種類の脂肪酸組成の分析結果からでも良好な判別結果が得られることがわかった。

そこで、判別分析に用いる脂肪酸を、判別に対する寄与が特に大きかったC18:2n-6, C22:5n-3, C22:6n-3の3種類に絞って判別分析を行い、判別関数-3(第3表)が得られた。判別関数1, 2のときと同様に判別得点を求めたところ、天然魚の4尾が養殖魚と判別され、判別率的中率は96.4%に減少した(第3表)。このことから、3種類の脂肪酸組成の分析結果だけでは、誤判別の確率が高くなることがわかった。

魚類の筋肉組織の脂肪酸組成は魚種によって飼料の影響を受けやすいものと、受けにくいものに分かれ、その影響を受ける脂肪酸は主に不飽和脂肪酸であると思われるという報告がある⁸⁾。トラフグが飼料の影響を受けやすい魚種であるかどうかは今回の結果からはわからないが、5種類から15種類の脂肪酸組成の分析結果から得られた判別関数式を用いることによって、99%を超える確率で天然魚と養殖魚を判別できたことから、トラフグの筋肉脂質の脂肪酸組成分析は、トラフグの天然魚と養殖魚を判別する一手法として実用の可能性が高いことが示唆された。

第4表 標準化された正準判別関数係数

	係数
C14:0	0.376
C15:0	-0.192
C16:0DMA	-0.045
C16:0	0.063
C16:1	-0.013
C18:0DMA	-0.010
C18:0	0.731
C18:1n-9	-0.151
C18:1n-7	0.331
C18:2n-6	-0.898
C20:4n-6	0.693
C20:5n-3	0.059
C22:5n-6	0.142
C22:5n-3	1.158
C22:6n-3	0.994

文 献

- 1) 西日本フク研究会(2002): 西日本フク研究会 10周年記念誌, 79~80.
- 2) 農林水産省統計部(2006): 平成16年漁業・養殖業生産統計年報, 335pp.
- 3) 平野敏行, 須山三千三(1983): 天然および養殖アユの脂質の脂肪酸組成とその季節変化, 日本水産学会誌, 49(9), 1459~1464.
- 4) 山内謙三, 藤田真夫, 熊井英水, 中村元二(1973): 餌料を異にしたインダイ筋肉中の遊離アミノ酸の消長について, 近大農紀要, 6, 99~102.
- 5) 鹿山光編(1985): 水産動物の筋肉脂質, 恒星社厚生閣, 東京, 91pp.
- 6) Hanson S.W.F, Olley J(1963): Application of the Bligh and Dyer method of lipid extraction to tissue homogenates, J Biochem, 89, 101~102.
- 7) Hiratsuka S, Kitagawa T, Matsue Y, Hashidume M, Wada S(2004): Lipid class and fatty acid composition of phospholipids from the gonads of skipjack tuna. FISHERIES SCIENCE, 70, 903~909.
- 8) 青木隆子, 鷹田馨, 國崎直道(1991): 天然および養殖魚6種の一般成分, 無機質, 脂肪酸, 遊離アミノ酸, 筋肉硬度および色差について, 日本水産学会誌, 57(10), 1927~1934.