

ツクシトビウオの筋肉、肝臓、内臓ならびに 生殖巣脂質の脂肪酸組成について

河内正通・若本ゆかり

1. 緒言

高齢化社会の急速な進行に伴い食と健康の関わりが重要な課題としてとりあげられている。脂質の分野においても、生活習慣病（成人病）の予防と治療との関連から食事脂質の量と質が種々論議されている。すなわち、飽和脂肪酸、モノ不飽和脂肪酸と多価不飽和脂肪酸の摂取比率、多価不飽和脂肪酸における $n-3$ 系と $n-6$ 系の比率については現時点で適正と考えられる基準が示されている。一方、魚油に含まれている $n-3$ 系高度不飽和脂肪酸であるエイコサペンタエン酸（EPA）およびドコサヘキサエン酸（DHA）の生理機能が注目され、多くの研究が行われている¹⁻³⁾。

海産動植物の脂質中に含まれる脂肪酸の組成を明らかにすることは、食事脂質の栄養学的な知見を得るに止まらず、それら加工品の品質保持上からも重要である。海産動植物脂質の脂肪酸組成については多数の研究が見られる⁴⁻⁶⁾が、同一種類の魚で雌および雄について部位別または臓器別に分け、それらの組成を測定、比較した研究は少ない⁶⁾。

そこで、ツクシトビウオの雌および雄について、それぞれ筋肉、肝臓、内臓および生殖巣脂質の脂肪酸組成を分析し、比較、検討したので報告する。

2. 実験方法

2.1 試料

6月下旬対馬近海で漁獲されたツクシトビウオから筋肉、肝臓、内臓および生殖巣を採取し、供試した。試料魚および供試した各臓器の重量を表1に示す。

表1. 試料

		雌	雄
個 体 数 (尾)		6	14
平 均 体 長 (cm)		21.6	21.8
平 均 体 重 (g)		125.4	125.6
総 重 量 (g)		752.4	1758.4
供 試 重 量 (g)	筋 肉	144.8	145.2
	肝 臓	17.2	10.2
	内 臓*	12.1	15.9
	生 殖 巣	22.7	54.9

* 鰓、肝臓および生殖巣を除く。

2・2 脂質の抽出

試料にそれぞれ20倍量のクロロホルム-メタノール(2:1)混液を加え、Folchら¹¹⁾の方法に従って脂質を抽出した。

2・3 脂質のメチルエステル化

試料脂質に10倍量の5%塩化水素-メタノール溶液を加え、74℃~76℃で4時間還流し、脂肪酸メチルエステルを調製した¹²⁾。

2・4 脂肪酸メチルエステルの分画

20%硝酸銀含浸シリカゲル薄層クロマトグラフィーによって、脂肪酸メチルエステルを二重結合を異にする6画分に分画¹³⁾した。

2・5 メチルエステルの水素化

白金黒を触媒として、試料メチルエステルを水素化¹⁴⁾した。

2・6 ガスクロマトグラフィー

10%ジエチレングリコールコハク酸ポリエステル(DEGS)を液相とするカラムを使用し、カラム温度190℃で分析した。なお、検知器としては水素炎イオン化検知器を用い、検知器温度は260℃とした。

2・7 脂肪酸の同定ならびに定量

脂肪酸の同定は、脂肪酸の炭素数および二重結合数と保持時間の対数との直線関係(保持時間-炭素数直線)を利用して行った。また、不飽和脂肪酸の二重結合の位置の決定にはEnd

Carbon Chain (ECC)¹⁴⁾, Separation Factor (SF)¹⁵⁾および Equivalent Chain Length (ECL)¹⁶⁾を利用した。

脂肪酸の定量はピーク面積比を求めることによって行い、面積百分率をそのまま重量百分率として表示した。

3. 実験結果および考察

各試料の脂質含量は表2に示すとおりである。脂質含量は0.7~4.7%と一般に少なく、雌雄ともに筋肉では著しく少なかった。雌雄による脂質含量の差異は顕著ではないが、内臓で雄が雌よりもやや多かった。

表2. 試料臓器の脂質含量 (%)

	雌				雄			
	筋肉	肝臓	内臓	生殖巣	筋肉	肝臓	内臓	生殖巣
脂質含量	0.9	3.6	3.1	2.6	0.7	4.1	4.7	2.4

つぎに、これら脂質の脂肪酸組成を分析した結果を表3に示す。ツクシトビウオ各臓器の主な構成脂肪酸は雌雄ともに16:0, 18:0, 18:1, 20:5および22:6酸であった。これら5種類の脂肪酸の合計量は、雌では65.0~74.1%、雄では59.8~73.0%に達した。筋肉、肝臓、内臓および生殖巣の脂肪酸組成を比較すると、雌では筋肉で22:4および22:6酸、内臓で16:0および18:0酸、生殖巣で16:1, 18:1および20:5酸の含有率が高く、反対に筋肉で18:1および22:5酸、内臓で16:1酸、生殖巣で18:0酸の含有率が低かった。同様に、雄では筋肉で20:5および22:6酸、内臓で18:1および19:0酸の含有率が高く、反対に筋肉で18:1酸、内臓で22:5および22:6酸、生殖巣で16:0酸の含有率が低かった。雌と雄で構成脂肪酸の全体的なパターンはほぼ類似していたが、個々の脂肪酸の含有率にはやや差異が認められた。すなわち、14:0および18:1酸の含有率は雄で高く、20:3, 20:5および22:6酸の含有率は雌で高い傾向が認められた。一般に食用に供されている筋肉と生殖巣の脂質の20:5酸含有率は4.6~7.8%、22:6酸含有率は25.4~37.9%であり、20:5酸に比べ22:6酸含有率が著しく高かった。

魚類筋肉について、脂質含量と20:5酸含有率との間には有意な相関は認められないが、22:6酸含有率との間には有意な逆相関のあることが認められている⁴⁶⁾。ツクシトビウオ筋肉の脂質含量は雌雄ともに1%以下であり、この脂質の大部分は細胞膜を構成するリン脂質であると考えられる。したがって、22:6酸(DHA)の含有率が筋肉脂質で約38%と非常に高い値を示したのと考えられる。DHAは海産動物油に特異的に多量含まれることが知られている

表3. ツクシトビウオの筋肉, 肝臓, 内臓および生殖巣脂質の脂肪酸組成 (%)

脂 肪 酸	雌				雄			
	筋肉	肝臓	内臓	生殖巣	筋肉	肝臓	内臓	生殖巣
13:0	0.2	0.1	0.1	0.6	0.5	0.2	0.2	0.3
14:0 br	-	-	-	-	-	0.2	-	0.6
14:0	1.0	1.7	2.0	2.2	1.7	2.5	3.9	1.6
14:2(n-9)	1.1	-	-	-	0.8	-	-	0.6
15:0 br	-	0.2	0.3	1.1	-	0.3	0.4	1.8
15:0	1.5	1.1	1.2	1.7	0.5	1.2	1.2	1.2
15:3(?)	1.0	-	-	-	-	-	-	-
16:0 br	0.7	0.2	1.0	0.4	0.7	-	0.4	1.1
16:0	11.7	12.6	15.2	11.4	13.8	14.6	14.7	9.8
16:1(n-9)	2.5	2.0	0.8	5.9	3.6	3.5	5.5	4.6
16:3(n-6)	2.7	-	-	-	1.8	-	-	-
17:0 br	0.7	1.9	0.5	-	-	1.1	-	0.9
17:0	2.4	2.8	3.0	2.2	2.1	3.6	2.7	3.3
17:1(?)	-	0.3	1.1	1.0	-	0.4	0.5	-
17:3(?)	-	-	-	1.2	-	-	-	-
17:4(n-6)	-	-	-	0.1	-	-	-	0.9
18:0 br	0.6	0.9	0.2	0.9	0.5	0.8	0.7	2.1
18:0	10.7	10.9	16.1	7.8	10.0	10.1	11.5	10.3
18:1(n-9)	5.1	10.0	6.9	10.2	5.3	11.6	16.8	10.1
18:2(n-6)	1.9	1.8	1.9	0.6	1.2	2.7	-	2.2
18:3(n-3)	0.3	0.8	0.3	0.4	0.4	1.3	1.0	0.4
18:4(n-3)	0.2	0.3	0.2	-	0.2	-	-	0.3
19:0 br	-	0.4	-	-	0.3	0.4	0.4	0.8
19:0	0.7	0.3	-	0.6	1.2	-	4.5	0.8
19:1(?)	-	2.0	0.4	0.5	0.4	0.6	0.3	0.4
20:0	0.6	-	0.2	0.9	0.6	-	0.2	0.4
20:1(n-9)	0.4	1.4	1.1	1.1	-	2.0	3.2	1.3
20:2(n-6)	0.2	0.4	-	-	0.3	0.4	0.3	0.1
20:3(n-6)	0.1	0.3	-	-	-	-	-	0.7
20:3(n-3)	4.5	4.8	4.4	5.6	3.8	4.1	2.3	4.3
20:4(n-3)	0.3	-	0.8	-	0.4	0.7	-	-
20:5(n-3)	4.9	5.2	6.1	7.8	6.0	4.8	4.0	4.6
21:0	-	-	0.3	0.5	0.1	0.5	0.7	-
22:0	0.2	0.3	-	-	-	-	0.5	-
22:1(n-9)	-	-	-	0.8	0.3	0.8	1.3	0.7
22:2(n-9)	-	0.8	-	-	-	-	1.5	-
22:3(n-3)	-	-	-	-	-	0.8	-	0.6
22:4(n-3)	4.5	1.2	-	0.4	2.4	0.8	-	1.1
22:5(n-3)	1.0	3.0	2.4	3.3	2.9	3.6	1.0	3.7
22:6(n-3)	37.7	32.1	29.8	27.8	37.9	24.7	12.8	25.4
23:0	-	0.5	-	-	-	-	2.0	-
23:3(?)	-	-	-	-	-	-	0.9	-
23:4(?)	-	-	-	-	-	-	2.4	-
24:0	-	-	1.2	2.2	-	-	0.7	-
24:1(n-9)	-	-	1.0	-	-	-	-	-
その他	0.6	1.5	1.5	0.8	0.3	1.7	1.5	3.0

br: 分枝鎖脂肪酸

が、イカ類以外でその含有率が30%以上に達するものはあまり知られていない。一方、海産魚類では飼料中の α -リノレン酸からDHAを生合成する機能をほとんどもっていないため、植物プランクトンの産生したDHAを食物連鎖を通して体内に蓄積すると考えられている^(17,18)。斎藤ら⁽⁹⁾が、漁獲地、漁獲時期の異なるトビウオについて筋肉脂質のDHA含有率は、いずれも約32%以上であることを報告している。この結果を考え合わせると、トビウオ類はDHAの要求度が高く、筋肉脂質に特異的に高濃度でDHAを蓄積する魚種の一つであるといえる。

次に、構成脂肪酸の不飽和度および炭素鎖長別含有率を調べた結果を表4に示す。不飽和度別含有率をみると、雄の内臓を除くすべての脂質でポリエン酸含有率が約45%以上と著しく高く、特に筋肉脂質では約60%にも達した。これは、ポリエン酸の主要成分である20:5と22:6酸の含有率の合計が約43%にも及ぶことに起因すると考えられる。一方、モノエン酸含有率は約8~20%と低く、特に筋肉脂質では10%以下であった。炭素鎖長別含有率をみると、C₃₀以上の高級脂肪酸含有率が雄の内臓を除くすべての脂質で約44%以上と著しく高く、特に筋肉脂質では約55%にも達した。これに対し、炭素鎖長の比較的短いC₁₂~C₁₆酸の含有率は3~6%と著しく低かった。少脂のイカ類で同様な組成をもつことが知られているが⁽⁹⁾、その他の海産動物でこのような組成をもつものはあまり知られていない。雄の内臓は他の臓器とやや異なる脂肪酸組成をもつが、これは消化管中に残存する餌料脂質の組成を反映しているためと考えられる。

表4. 不飽和度および炭素鎖長別の脂肪酸含有率 (%)

		不飽和度			炭素鎖長		
		飽和酸	モノエン酸	ポリエン酸	C ₁₂ ~C ₁₅ 酸	C ₁₆ ~C ₁₉ 酸	C ₂₀ ~C ₂₄ 酸
雌	筋肉	31.2	8.0	60.8	4.8	40.5	54.7
	肝臓	34.4	14.1	51.5	3.1	46.1	50.8
	内臓	41.9	11.5	46.6	3.7	48.3	48.0
	生殖巣	32.8	19.6	47.6	5.6	43.6	50.8
雄	筋肉	32.1	9.6	58.3	3.5	41.6	54.9
	肝臓	36.1	19.2	44.7	4.5	51.6	43.9
	内臓	45.4	28.0	26.6	5.8	59.9	34.3
	生殖巣	36.1	17.6	46.3	6.3	49.5	44.2

n-3系ポリエン酸の含有率の総計は魚油では20~40%のものが多い。これに比べ、ツクシトビウオ脂質では50%以上に達する。このような高い含有率を示す海産動物脂質としてはイカ油が知られているが、魚類脂質では特異な例といえる。EPAやDHAの給源としての見地から考察すると、ツクシトビウオ各臓器100g中のEPA含量は肝臓と生殖巣で0.1~0.2g、DHA含量は0.6~1.2gであるのに対し、脂質含量の少ない筋肉ではEPA含量が0.04g、DHA含量が0.3gと著しく少ない。この値は、これら脂肪酸含量の多い魚類として知られているサバ、イワシ、サンマ肉に比べて、EPAで30分の1、DHAで約6分の1程度に過ぎない。

しかしながら、脂質含量の少ないツクシトビウオ肉は、低エネルギーで、しかも n-3 系不飽和脂肪酸含有率が高いため、n-6 系不飽和脂肪酸の摂取量の多い日本人⁹⁾にとって食物脂質の質、すなわち n-3 系と n-6 系のバランスの改善に多少とも貢献できるものと考えられる。

以上のように、ツクシトビウオでは各臓器脂質の構成成分として EPA や DHA のような高級な高度不飽和脂肪酸含有率が他の魚種に比べて著しく高いことが明らかとなった。したがって、その加工品の製造ならびに貯蔵に当っては、これら脂質成分の自動酸化に伴う品質劣化に特に留意する必要があると考えられる。

4. 要約

ツクシトビウオの雌および雄について、筋肉、肝臓、内臓および生殖巣脂質の脂肪酸組成を分析し、比較、検討した。得られた結果は次のとおりである。

- 1) 各臓器の脂質含量は、雌雄ともに少なく、0.7~4.7%であった。特に筋肉では1%以下と著しく少なかった。
- 2) 各臓器のおもな構成脂肪酸はいずれも16:0、18:0、18:1、20:5および22:6酸であった。
- 3) 構成脂肪酸の全体的なパターンは雌雄でほぼ類似したが、14:0および18:1酸含有率は雄で高く、20:3、20:5および22:6酸含有率は雌で高かった。
- 4) 筋肉脂質のEPA含有率は4.9~6.0%であったが、DHA含有率は他の魚種に比べて著しく高く、約38%を占めた。
- 5) 各臓器とも高度不飽和脂肪酸含有率が約45%と高く、特に筋肉脂質では約60%と著しく高かった。
- 6) 炭素数20以上の高級脂肪酸含有率は約44%以上と高く、筋肉脂質では約55%を占めた。
- 7) 内臓を除く各臓器脂質は、他の魚種に比べて高級な高度不飽和脂肪酸含有率が高く、特に筋肉脂質ではn-3系ポリエン酸含有率が50%以上と著しく高かった。

文 献

- 1) 滝田聖親ら：食の科学，No.138，16，25，33，40，47，58(1989)。
- 2) 奥山治美：化学と生物，28，175(1990)。
- 3) 阿部宏喜・福家真也編：魚の科学，朝倉書店，東京，1994，pp.87~100。
- 4) 上田 正：水産大学校研究報告，26，141(1997)。
- 5) 伊子田潤子・野口駿：家政学雑誌，23，No.7，14(1972)。
- 6) 斎藤衛郎ら：栄養学雑誌，43，301(1985)。
- 7) 座間宏一：白身の魚と赤身の魚（日本水産学会編），恒星社厚生閣，東京，1976，pp.53~67。
- 8) 科学技術庁資源調査会編：日本食品脂溶性成分表，大蔵省印刷局，東京，1989，pp.72~73。

- 9) 長坂豊道：食の科学，No. 139，82(1989)。
- 10) 羽田野六男：魚肉の栄養成分とその利用（日本水産学会編），恒星社厚生閣，東京，1990，pp. 34～43。
- 11) J. Folch, M. Lees, and G. H. Sloane Stanley：J. Biol. Chem., **226**, 497(1957)。
- 12) 高橋善弥太・田中圭・深沢俊男：脂質実験法（蛋白質・核酸・酵素編集部編），共立出版，東京，1967，p. 49。
- 13) 河内正通：水産大学校究報告，**22**，47(1973)。
- 14) R. G. Ackman：J. Am. Oil Chemist's Soc., **40**，558(1963)。
- 15) R. G. Ackman：ibid., **40**，564(1963)。
- 16) H. H. Hofstetter, N. Sen, and R. T. Holman：J. Am. Oil Chemist's Soc., **42**，537(1965)。
- 17) 竹内俊郎：化学と生物，**29**，571(1991)。
- 18) 斎藤洋昭：化学と生物，**34**，107(1996)。
- 19) 坂井恵子・石川昌子・奥山治美：油化学，**39**，196(1990)。