イワシ中の脂肪酸、とくにエイコサペンタエン酸および ドコサヘキサエン酸含量に及ぼす調理の影響

前田 有美恵, 石川 雅章, 山本 政利
寺田 志保子, 増井 俊夫, 渡辺 佳一郎

静岡県衛生環境センター

Effect of Cooking on Contents of Fatty Acids, Especially Eicosapentaenoic Acid and Docosahexaenoic Acid in Sardine

Yumie MAEDA, Masaaki ISHIKAWA, Masatoshi YAMAMOTO,
Shihoko TERADA, Toshio MASUI and Yoshiichiro WATANABE

Shizuoka Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science, Shizuoka, 420

Nippon Eiyō Shokuryō Gakkaishi (*J. Jpn. Soc. Nutr. Food Sci.*) 38, 447~450 (1985)

Effects of cooking on fatty acid compositions, especially Eicosapentaenoic acid (EPA) and Docosahexaenoic acid (DHA) contents in sardine were investigated by gas-liquid chromatographic analysis.

Fatty acid compositions of sardine remained unchanged after grilling and boiling. EPA and DHA contents of raw sardine (November catch) were 24.9, 31.7 mg/g (edible portion) respectively. Grilling reduced, EPA and DHA in sardines by 17% and 15% respectively. These decreases were almost directly proportional to the decrease (20%) of total lipids in sardines. In the case of boiled sardines, EPA and DHA contents did not decreased significantly. Though EPA and DHA were reported to be unstable, it was found that they were unexpectedly stable.

As the cost of EPA supplements was 12-36 times higher than that of sardine as a source of the same amounts of EPA and DHA, the intake of EPA and DHA from cooked sardine is recommended.

(Received April 3, 1985)

近年、魚の脂肪酸が栄養学的な面や生理作用の面から重要視されている¹⁾。なかでも、EPA(Eicosapentaenoic acid)は動脈硬化や血栓症などの成人病に効果があるといわれ、世界的に注目されるようになった²⁾。現在、わが国でも EPA を濃縮した多数の栄養補助食品が市販され³⁾⁻⁸⁾、医薬品としての開発も進められつつある⁹⁾。この EPA および EPA と同じ生理作用を持つといわれる DHA (Docosahexaenoic acid) は、イワシやサバなどに多く含有されることが報告されている^{2), 10)-13)}。これらイワシ、サバなどは一般に生よりも焼く、煮る等の調理後食用に供されることが多いが、従来の報告は生魚を対象としており、調理を行なった場合の脂肪酸の変化についての研究はなされていない。

そこで、今回イワシを用いて焼く、煮るの調理を行ない、生魚に対する脂肪酸組成や EPA, DHA 含有量など

の変化について検討した。また、イワシと EPA 栄養補助食品 (EPA 食品) 中の脂肪酸とを比較したのでそれについても合わせて報告する。

実験方法

1. 試料

1) イワシ 11月上旬静岡市内のスーパーで購入したイワシ (*Sardinops melanostictus*) 9尾 (全長 22~23 cm, 重量 93~119 g, 捕獲場所同じ) を用いた。

2) EPA 栄養補助食品 静岡市内のデパート、薬局、健康食品店で購入した 14 検体を用いた。

2. 試薬

EPA および DHA は半井化学㈱製の標準品を用いた。ミリスチン酸 (14:0)、ミリストオレイン酸 (14:1)、パルミチン酸 (16:0)、パルミトオレイン酸 (16:1)、ステアリン酸 (18:0)、オレイン酸 (18:1)、リノール酸 (18:2)、リノレン酸 (18:3)、アラキジン酸 (20:0)、

ゴンドイン酸 (20:1), アラキドン酸 (20:4 ω6), ベヘン酸 (22:0), ドコセン酸 (22:1), セラコレン酸 (24:1) はガスクロ工業㈱製の標準品を, マルガリン酸 (17:0) は東京化成工業㈱製の標準品をそれぞれ用いた。

ナトリウム・メチラートは関東化学㈱製を, トリフェニルエチレンは Aldrich Chemical Company 製をそれぞれ用いた。

その他の試薬は特級品を用いた。

3. 装 置

1) ガスクロマトグラフ (GC) 日立製作所製 GC-163 型 (FID 検出器付) および島津製作所製 GC-7A 型 (FID 検出器付)

2) ガスクロマトグラフ・質量分析計 (GC-MS) 日立製作所製 M-80A 型 GC-MS (M-003 型データ処理装置付)

3) GC 用データ処理装置 島津製作所製 クロマトバック C-R1A およびシステム インストルメンツ社製 SIC 7000A

4) 送風乾燥器 タバイ社製 Perfect Oven

5) ホモジナイザー ナショナル㈱製 MK-123 型スピードカッター

4. 試料の調製

イワシ9尾を3尾ずつ3群 (対照群, 焼魚群, 煮魚群) に分け内臓を除去した後, 常法に従って下記のように調理した。その後, 頭, 背びれおよび骨を除いた可食部をそれぞれホモジナイズして均一の試料とした。

(1) 焼魚群: 焼網を用いたガスコンロでこげ目がつく程度まで片面3分間ずつ焼いた。

(2) 煮魚群: 鍋に水を入れて5分間煮た。

(3) 対照群: 生のままとした。

5. 試験溶液の調製

試料 20g を精秤し Folch の方法¹⁴⁾ に準拠してクロロホルム-メタノールで脂質を抽出し, クロロホルムで 100 ml に定容とした後, これを試験溶液とした。

また試験溶液 2 ml を採り, 衛生試験法・注解¹⁵⁾ のナトリウム・メチラート法に準拠してメチルエステル化を行ない, 脂肪酸組成分析用試験溶液とした。さらに EPA・DHA 定量用試験溶液は同様にメチルエステル化後, 内部標準物質 (トリフェニルエチレン) 含有ヘキサンで定容とした。

6. 水分および脂質量の算出

1) 水分 試料 5g をアルミ容器に精秤し乾燥器で 110°C, 3 時間乾燥させ, デシケーター (シリカゲル) 中で放冷後秤量し水分を算出した。

2) 脂質量 試験溶液 10 ml を正確に採り水浴上でクロロホルムを留去し, デシケーター (シリカゲル) 中で放冷後秤量し脂質量を算出した。

Table 1. Effect of cooking on water and lipid contents in sardine.

Cooking method	Contents (wt %)	
	Water	Lipid
Grilled	57.0*	19.4** (0.8)***
Boiled	56.2	22.6 (3.0)
Raw	53.8	24.1 (2.6)

* Average ($n=2$), ** average ($n=5$), *** C.V. %.

7. 脂肪酸組成および EPA・DHA の定量

1) 脂肪酸組成 脂肪酸組成分析用試験溶液を GC に注入して得られたクロマトグラムの各脂肪酸ピークを GC-MS (CI) で確認後, それぞれの脂肪酸組成をピーク総面積に対する百分率として算出した。なお GC 条件は ①カラム: Unisole 3000 Uniport C (80/100 (3 mm i.d. × 3 m), ②温度: 恒温槽 220°C, 注入口および検出器 250°C, ③キャリアーガス: N₂ 24 ml/min とした。また GC-MS 条件は ①カラム: Unisole 3000 Uniport C (80/100) 3 mm i.d. × 3 m, ②温度: 恒温槽 220°C, 注入口 250°C, イオン源 180°C, ③イオン化電圧: 20 eV, ④キャリアーガス: He 35 ml/min, ⑤反応ガス: イソブタンとした。

2) EPA・DHA の定量 EPA・DHA の標準品を用い内部標準物質 (トリフェニルエチレン) との面積比により検量線を作成した。EPA・DHA 定量用試験溶液についても同様に面積比を求め内部標準法により定量した。なお GC 条件は ①カラム: 10% Silar 10C Uniport HP (80/100) 3 mm i.d. × 2 m, ②温度: 恒温槽 190°C, 注入口と検出器 220°C, キャリヤーガス: N₂ 50 ml/min とした。

結果および考察

1. 水分および脂質量

イワシ各群の水分および脂質量を求め, その結果を Table 1 に示した。水分は対照群に比べ, 焼魚群, 煮魚群のほうが多かった。これは調理によって脂質が滲出したために脂質量が減少し, みかけ上, 水分が増加したのと思われた。脂質量については, 焼魚群と対照群および煮魚群と対照群の間にはそれぞれ有意差が認められ, いずれも対照群のほうが多かった ($p < 0.05$)。また対照群に対する脂質の減少率は煮魚群では 6% であるが, 焼魚群では 20% とより顕著で, 煮魚より焼魚のほうが脂質の滲出が著しかった。

2. 脂肪酸組成

各群の脂肪酸組成の分析を 5 回繰り返して行ない, その結果を Table 2 に, EPA 食品の脂肪酸組成の結果と

Table 2. Effect of cooking on fatty acid compositions in sardine and comparison of fatty acid compositions between sardine and EPA supplements.

Kinds	Fatty acid compositions (%) [*]															
	14:0	14:1	16:0	16:1	17:0**	18:0	18:1	18:2	18:3	18:4	20:0	20:1	20:4	20:5	22:1	22:6
Cooking method	14:0	14:1	16:0	16:1	17:0**	18:0	18:1	18:2	18:3	18:4	20:0	20:1	20:4	20:5	22:1	22:6
Sardine	ω 3															
	ω 6															
	ω 3															
EPA supplements	5.6	0.4	23.9	8.1	3.1	5.4	12.2	1.6	1.4	2.9	0.7	2.3	0.8	1.0	1.4	12.0
	5.6	0.4	23.7	7.7	3.1	5.2	12.7	1.8	1.4	3.0	0.8	2.3	0.8	0.9	1.3	12.0
	5.7	0.4	23.2	8.0	3.1	5.1	14.5	2.2	1.4	2.9	0.6	2.4	0.8	0.8	1.2	10.7
EPA supplements	6.3	0.3	11.7	8.8	0.5	1.5	11.1	2.7	1.3	5.2	0.2	3.0	0.9	1.0	23.7	13.2

* Average (sardine, $n=5$; EPA supplements, $n=14$).

** Inseparable.

ともに示した。

EPA, DHA 等の多価不飽和脂肪酸は酸素, 光, 熱などによって分解し不安定であるとされている⁵⁾⁶⁾⁸⁾。しかし, 本実験では3群相互間の脂肪酸組成に有意差が認められなかった ($p<0.05$)。このことから通常の加熱調理では EPA, DHA 等の多価不飽和脂肪酸が, 他の脂肪酸に比べてとくに分解しやすいという傾向にはなく, そのため脂肪酸組成は変化しないものと考えられた。

また, イワシ各群と EPA 食品 (14 検体) の脂肪酸組成を比較すると, 16:0 と 18:0 はイワシに多く, EPA (20:5) と 18:4 は EPA 食品に多く, さらに DHA (22:6) およびその他の脂肪酸はほぼ同じであった。

3. EPA・DHA の定量

イワシの脂肪酸としては $C_{14}\sim C_{22}$ が知られている¹²⁾ が, このうちとくに生理作用のあるとされる EPA および DHA については量的な面も把握するために定量を試みた。対照群のクロマトグラムの1例を Fig.1 に示したが, EPA および DHA と, その他の脂肪酸および内部標準物質とが相互に良好に分離していた。

この分析条件により求めた各群の EPA および DHA の定量結果を Table 3 に示した。可食部重量 1g 当たりの EPA および DHA 含有量は対照群ではそれぞれ 24.9 mg/g, 31.7 mg/g であった。対照群に比べ煮魚群では有意差が認められなかったものの, 焼魚群では EPA が 17%, DHA が 15%, それぞれ有意に減少した ($p<0.05$)。この焼魚群の EPA および DHA の減少率は前述した脂質の減少率 (20%) にほぼ比例していた。

このように, 焼く, 煮るの調理をすることにより脂質

Fig. 1. Typical gas chromatogram of EPA, DHA and other fatty acid methyl esters in sardine on Silar 10C.

1, EPA; 2, DHA; 3, Triphenyl ethylene.

Conditions: column, 10% Silar 10C on Uniport HP (80/100) 3 mm i.d. $\times$ 2 m; temperature, col. 190°C, inj. and det. 220°C; carrier gas, N_2 50 ml/min; detector, FID; integrator, Shimadzu C-R1A.

Table 3. Effect of cooking on EPA and DHA contents in sardine.

Cooking method	Contents (mg/g)*	
	EPA	DHA
Grilled	20.6±0.19	27.1±0.26
Boiled	24.3±0.36	32.2±0.42
Raw	24.9±1.40	31.7±1.53

* mg per g edible portion of sardine, average ± S.D.

量が減少し、それに従って EPA および DHA 含有量も 20% 程度の減少が認められるものの、EPA および DHA の摂取に及ぼす影響は顕著でなく、調理したイワシから十分 EPA や DHA を摂取することが可能と思われる。

ところで、EPA 食品 100 mg 中に EPA は 13.8~24.3 (平均 20.6) mg, DHA は 9.8~16.2 (平均 12.1) mg 含有されていた。EPA 食品はカプセル形態になっており調理の必要がなく摂取が容易であるという利点を有している。しかし、EPA の有効量や過剰摂取による副作用等について十分な研究がなされていない現状においては、特定成分の EPA を濃縮した食品を自己の判断で安易に摂取するのは好ましくないとと思われる。

イワシの脂質量および脂肪酸組成は季節により大きく変動することが報告されている¹⁰⁾が、今回用いたのは 11 月漁獲されたもので EPA, DHA 含有量が比較的多い時期のものと思われる。このイワシと EPA 食品について EPA および DHA の含有量と価格との関係と比較してみた。EPA 食品 1 カプセル当たりの内容量は検体によって若干異なるが、300 mg のものが最も多かったので 1 カプセルの内容量を 300 mg とすると、1 カプセル中に EPA は 61.8 mg, DHA は 36.3 mg 含有されていたことになる。ところで、前述したようにイワシでは可食部重量 1 g 当たり EPA は 24.9 mg, DHA は 31.7 mg であり、この値をイワシ 1 尾当たりに換算すると EPA は 1.47 g, DHA は 1.87 g となる。EPA と DHA の合計量で考えるとイワシ 1 尾は EPA 食品 34 カプセルに相当する。EPA と DHA の合計量 1 g を摂取するのに要する価格は EPA 食品では 260~790 円、イワシでは 22 円で、イワシのほうがはるかに安価であった。

イワシはこのような安全性、経済性に加え、栄養的にもタンパク質、カルシウム、ビタミン等を同時に摂取できるという点においてすぐれている。今回の実験によりイワシを焼く、煮るなどの調理を行っても EPA および DHA が極だった損失をしないことが明らかになったので、EPA 食品を利用するよりもイワシ等の魚を積極的に食事に取り入れ、他の栄養源とともに EPA および

DHA を摂取することが望ましいと思われた。

要 約

イワシについて焼く、煮るの調理を行なった場合のイワシ中の不飽和脂肪酸の安定性を明らかにするために、脂肪酸組成および EPA, DHA 含有量の変化を検討した。またイワシ中の脂肪酸と EPA 食品のそれとを比較し、次の知見を得た。

1) イワシ中の EPA, DHA をはじめとする不飽和脂肪酸は、焼く、煮るの加熱調理を行なっても安定で脂肪酸組成は変化しなかった。

2) 生魚に比べ焼魚は EPA が 17%, DHA が 15% 減少したが、これは脂質の減少 (20%) にほぼ比例していた。また煮魚では EPA および DHA はほとんど減少しなかった。すなわち、焼魚、煮魚ともに調理による EPA および DHA の極だった損失はないことが明らかになった。

3) イワシ (11 月) は可食部 1 g 当たり EPA を 24.9 mg, DHA を 31.7 mg 含有していた。同量の EPA および DHA を摂取するのに EPA 食品ではイワシの 12~36 倍も高価であった。

こうしたことより安全性、経済性および栄養の面を考慮すると、EPA および DHA の摂取には EPA 食品よりもイワシを活用するほうが望ましい。

文 献

- 1) 藤巻正生, 井上五郎, 田中武彦: 米・大豆と魚, 171 (1984), 光生館 (東京)
- 2) Dyerberg, J., Bang, H.O. and Hjerne, N.: *Am. J. Clin. Nutr.*, 28, 958 (1975)
- 3) 露木英男: 栄養学雑誌, 42, 81 (1984)
- 4) 竹内 務, 片平亮太: *New Food Industry*, 25, 5 (1983)
- 5) 長谷川峯夫: *New Food Industry*, 21, 168 (1983)
- 6) 亀 昌治: 油脂, 36, 61 (1983)
- 7) 室田誠逸, 森田育男: 医学のあゆみ, 130, 787 (1984)
- 8) 久保田紘二: ジャパンフードサイエンス, 22, 49 (1983)
- 9) 折茂 肇: 日本医事新報, 3101, 182 (1983)
- 10) 大鶴 勝, 藤井美由紀, 石永正隆, 鬼頭 誠: 農化, 58, 35 (1984)
- 11) 伊予田潤子, 野口 駿: 家政学雑誌, 23, 452 (1972)
- 12) 油脂及び油脂製品試験法部会・ガスクロデータ小委員会編: 油化学, 28, 933 (1979)
- 13) 油脂及び油脂製品試験法部会・ガスクロデータ小委員会編: 油化学, 28, 136 (1979)
- 14) Osborne, D.R. and Voegt, P.: *The Analysis of Nutrients in Foods* (1978), Academic Press Inc. (London) (吉川誠次訳: 食品栄養分析, 174 (1980), 講談社 (東京))
- 15) 日本薬学会編: 衛生試験法・注解, 182 (1980), 金原出版 (東京)

(昭和 60 年 4 月 3 日受理)