

資 料

大量調理における原料魚と調理魚の脂質及び
脂肪酸成分について坂 本 佳 子^{*1} 大 村 裕 治^{*2} 松 田 隆^{*2} 木 宮 隆^{*2}
佐々木 薫^{*2} 菊 池 弘^{*2} 西 塔 正 孝^{*1}

Lipid and fatty acid contents of raw fish and cooked fish in mass cooking

Kako SAKAMOTO^{*1}, Yuji OMURA^{*2}, Takashi MATSUDA^{*2}, Takashi KIMIYA^{*2},
Kaoru SASAKI^{*2}, Hiroshi KIKUCHI^{*2}, Masataka SAITO^{*1}

Abstract

Mackerel and salmon are known to be rich in eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA). According to the results of the National Health and Nutrition Survey, Japan, intake of fish and shellfish, which are the main sources of n-3 fatty acids, has decreased since 2014. It is expected that emphasizing the nutritional function by indicating the accurate amount of EPA and DHA in cooked fish and shellfish will lead to their increased intake. Accordingly, the amounts of lipids and fatty acids, such as EPA and DHA, in mackerel and salmon on the meal menu were accurately measured and compared with the calculated nutrient values.

The samples were selected from cooked items of Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) and coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*), which are frequently served at Sakado Cafeteria in Kagawa Nutrition University. The cooked items on the menu were of the following four types: "sesame miso-baked mackerel," "spicy miso-baked mackerel," "walnut miso-baked salmon," and "curry teriyaki salmon." Fish lipid contents were analyzed using the Soxhlet extraction method. Fatty acids were prepared using the Folch method. Next, the analysis and calculated nutrient values were compared for each cooked fish.

The crude fat content in the cooked products of sesame miso-baked mackerel and spicy miso-baked mackerel was significantly greater than that in raw fish meat, whereas walnut miso-baked salmon showed a tendency to increase slightly. Furthermore, the EPA and DHA content of walnut miso-baked salmon was significantly lower than that of the raw fish. To indicate the nutritional components, the tolerance of lipid content was calculated. The tolerance of sesame miso-baked mackerel, spicy miso-baked mackerel, and curry teriyaki salmon was -10.3%, -11.0%, and +17.5%, respectively. Moreover, when the differences in the nutritional components of EPA and DHA were compared, the largest differences were found to be +22.4% and +24.8% for mackerel and +35.4% and -53.5% for salmon, respectively.

Overall, it is desirable to use the actual analytical values to provide accurate information regarding EPA and DHA content, as large differences can be expected between the calculated nutrient and actual analytical values.

Key words: タイセイヨウサバ, ギンザケ, EPA, DHA, 栄養成表示

緒 言

タイセイヨウサバやギンザケには、エイコサペンタエン酸 (Eicosapentaenoic acid, EPA) やドコサヘキサエン酸 (Docosahexaenoic acid, DHA) が豊富に含まれていることが知られている¹⁾。また、EPAやDHAの摂取により心血管性疾患、糖尿病、肝臓がんや直腸がんのリスクが減少することが報告されている²⁻⁷⁾。

日本人の食事摂取基準2015年版⁸⁾では、18～29歳の女性1日当たりのn-3系脂肪酸の目安量は、1.6gと定められている。最近の国民健康・栄養調査の結果によれば20～29歳女性のn-3系脂肪酸の摂取量は1.88gであり⁹⁾、現状では若い女性のn-3系脂肪酸の摂取量は目安量を上回っている。しかし、同調査における脂質の食品群別構成比

日本人の食事摂取基準2015年版⁸⁾では、18～29歳の女性1日当たりのn-3系脂肪酸の目安量は、1.6gと定められている。最近の国民健康・栄養調査の結果によれば20～29歳女性のn-3系脂肪酸の摂取量は1.88gであり⁹⁾、現状では若い女性のn-3系脂肪酸の摂取量は目安量を上回っている。しかし、同調査における脂質の食品群別構成比

*1 食品生産科学研究室, 女子栄養大学: Food Production Science, Kagawa Nutrition University

*2 国立研究開発法人 水産研究・教育機構 中央水産研究所: Fisheries Research Agency

の推移を見た場合、主なn-3系脂肪酸供給源である魚介類の摂取量は、2014年から2017年にかけて減少し、特に40歳代以下の摂取量は50歳代以上の世代と比べて3割程度少なくなってきた⁹⁾。今後も若年世代の魚介類摂取量の減少が続くとn-3系脂肪酸の摂取量も減少する可能性があると考えられる。そこで、特定給食施設において18～22歳を中心に提供されている食事の情報提供に関して、魚介類に多く含まれるEPA及びDHAなどn-3系脂肪酸の含有量を明確化し、栄養機能を強調することで、消費者の魚介類摂取の減少抑制に少しでも繋がることが期待される。しかしながら、n-3系脂肪酸の含有量に関して、日本食品標準成分表（以下食品成分表）を用いて計算された栄養計算値と調理された食事を実際に分析した値では、それらの間に少なからず乖離のあることが報告されている¹⁰⁾。また、給食施設などにおける大量調理によって、EPAやDHAなどの機能性成分が受ける影響に関する報告はほとんどみられない。本研究ではタイセイヨウサバ及びギンザケに含まれるEPAやDHAなど脂質成分を中心に、実際に特定給食施設で提供されている2魚種を材料とした料理の献立作成時の栄養計算値（日本食品成分表の「焼き」あるいは「生」の値を用いた計算値）と、調理後の料理（以下調理魚）の分析値との比較を行い、調理魚の栄養成分表示について検討した。

方 法

1. 試 料

2017年7月から2018年6月までに特定給食施設（女子栄養大学坂戸カフェテリア）で提供された魚を試料とした。事前に「女子栄養大学 学食メニュー集 2016」¹¹⁾から魚メニュー中の調理魚を分類し、使用頻度が高いこと

からタイセイヨウサバ（*Scomber scombrus*）とギンザケ（*Oncorhynchus kisutch*）を選択した。全ての提供されている魚メニュー146品の中でサバ及びサケのメニューの割合は、それぞれ21%及び30%だった。また、揚げ物など食用油を多く使用しているものを除いた魚メニュー90品において、サバ32%及びサケ37%と2つの魚種が主要なメニューを占めていた。これらの事実から、本研究の試料としてタイセイヨウサバとギンザケを選択した。以下、タイセイヨウサバを「サバ」、ギンザケを「サケ」と示す。

双方の魚種とも調理条件は「焼き」料理を選択し、「サバのごまみそ焼き」、「サバのピリ辛みそ焼き」、「サケのくすみみそ焼き」及び「サケのカレー風味照り焼き」の4種類の調理品に限定して分析した。4種類の調理品の献立内容をTable 1に示す。給食施設に対して、あらかじめ試料の脂質分析を行うことを告げ、食事が提供される営業時間に調理された魚とともに調理前の冷凍切身（以下原料魚）を買い上げた。なお、サバとサケは重量、厚さ等の補正は行わず、そのまま試料として用いた。

サバ及びサケは、それぞれノルウェー産及びチリ産の冷凍切り身で、Table 2に示す購入日の前日までに給食施設に納入されたものだった。

2. 脂質の分析用サンプルの調製

4種のメニューで使用されている冷凍切り身（原料魚）と調理された切り身（調理魚）の各5～6検体をサンプルとして実験に用いた。Table 2に示したように、給食施設で異なる日に提供された原料魚と調理魚を各々5～6回サンプリングした。サンプルを受け取り後、切り身の長さ、高さ及び厚さと重量を測定し記録した。調理魚については、1食分に取り分けられたものを1検体分

Table 1 Ingredients of cooked fish

A Sesame miso-baked mackerel		B Spicy miso-baked mackerel	
Material	Quantity	Material	Quantity
Mackerel (raw)	80 g	Mackerel (raw)	80 g
Red spicy miso	8.0g	Red spicy miso	5.0g
Sake	4.0g	Sweet sake	5.0g
Sugar	4.0g	Welsh onion	5.0g
Roasted sesame	2.0g	Chinese chili bean sauce	1.5g
		Regular soy sauce	1.5g
		Sake	1.0g
		Sesame oil	1.0g
		Sugar	1.0g
C Walnut miso-baked salmon		D Curry teriyaki salmon	
Material	Quantity	Material	Quantity
Salmon (raw)	80 g	Salmon (raw)	80 g
Walnut	10 g	Regular soy sauce	9.0g
Red spicy miso	10 g	Sweet sake	9.0g
Sweet sake	6.0g	Sake	5.0g
Sake	3.0g	Sugar	2.0g
Sugar	2.0g	Curry powder	1.5g
Regular soy sauce	1.0g	Garam masala	0.5g

Table 2 Fillet sizes of mackerel and salmon

Menu	Purchase date	Type	Length (cm)	Height (cm)	Thickness (cm)	Weight (g)
Sesame miso-baked mackerel	2017.08.10	Raw (n=5)	13.4±0.5	5.4±0.3	2.05±0.1	82.8±3.5
		Baked (n=5)	10.1±1.6	5.3±0.8	1.98±0.2	75.4±0.3
	2017.09.29	Raw (n=5)	14.9±0.8	5.3±0.1	1.98±0.1	93.2±2.5
		Baked (n=5)	11.8±0.3	5.8±0.3	1.80±0.1	82.8±4.7
	2017.10.31	Raw (n=5)	—	—	—	85.8 ^a
		Baked (n=5)	11.5±0.4	5.8±0.1	1.9±0.1	87.0±3.3
	2017.12.21	Raw (n=5)	13.1±0.6	5.3±0.2	2.0±0.1	79.4±2.6
		Baked (n=5)	11.4±0.6	5.6±0.1	1.7±0.1	78.6±3.5
	2018.02.15	Raw (n=5)	14.3±0.6	5.2±0.4	1.8±0.1	86.4±2.2
		Baked (n=5)	11.4±0.4	5.6±0.6	1.5±0.1	70.4±5.7
Spicy miso-baked mackerel	2017.07.14	Average Raw	13.9±0.1	5.3±0.1	2.0±0.0	85.5±4.6
		Average Baked	11.3±0.5	5.6±0.3	1.8±0.1	78.8±5.8
	2017.07.14	Raw (n=5)	7.38±0.3	6.4±1.0	2.0±0.2	84.2±8.9
		Baked (n=5)	11.7±3.5	7.4±0.5	2.3±0.1	75.4±4.7
	2017.09.08	Raw (n=5)	13.0±0.3	5.3±0.2	2.1±0.1	85.4±7.4
		Baked (n=5)	10.9±0.2	5.9±0.2	1.8±0.1	75.2±2.7
	2017.11.16	Raw (n=5)	—	—	—	82.6 ^a
		Baked (n=5)	11.7±0.4	5.4±0.2	1.8±0.1	76.0±3.0
	2018.03.06	Raw (n=5)	13.9±1.4	5.4±0.7	1.7±0.2	80.6±9.5
		Baked (n=5)	12.3±0.9	6.0±0.0	1.6±0.1	71.4±1.4
	2018.05.11	Raw (n=5)	14.4±0.7	5.4±0.1	1.9±0.1	87.4±2.4
		Baked (n=5)	11.7±0.7	5.7±0.1	1.7±0.1	76.4±3.6
	Average	Raw	12.2±0.4	5.6±0.4	1.9±0.1	84.0±2.3
	Average	Baked	11.7±1.2	6.1±0.2	1.8±0.0	74.9*±1.8
Walnut miso-baked salmon	2017.07.12	Raw (n=6)	14.5±0.8	4.7±0.3	1.7±0.1	89.2±4.8
		Baked (n=6)	16.7±0.8	4.6±0.5	1.7±0.2	101.0±6.8
	2017.08.08	Raw (n=6)	15.5±0.5	4.9±0.4	2.2±0.2	87.4±3.3
		Baked (n=6)	16.4±0.7	4.5±0.3	1.7±0.4	89.4±26
	2017.10.13	Raw (n=6)	15.0±0.4	6.1±0.2	1.8±0.2	89.0±1.7
		Baked (n=6)	15.5±1.5	5.4±0.3	1.8±0.2	100.0±5.7
	2017.01.10	Raw (n=6)	15.5±0.8	5.8±0.4	1.8±0.2	94.2±5.0
		Baked (n=6)	14.0±1.1	5.1±0.5	1.5±0.2	97.2±8.4
	2018.02.27	Raw (n=6)	14.1±0.5	5.0±0.5	1.8±0.3	78.2±3.2
		Baked (n=6)	14.5±0.7	4.3±0.6	1.9±0.4	86.6±9.7
	2018.06.07	Raw (n=6)	15.4±0.5	4.4±0.3	2.0±0.1	84.8±4.1
		Baked (n=6)	14.8±0.6	4.3±0.5	2.2±0.3	82.4±6.1
	Average	Raw	15.0±0.2	5.2±0.1	1.9±0.1	87.1±4.9
	Average	Baked	15.3±0.3	4.7±0.1	1.8±0.1	92.8*±7.1
Curry teriyaki salmon	2017.07.25	Raw (n=5)	15.3±0.6	5.9±0.4	1.7±0.3	92.4±2.7
		Baked (n=5)	16.0±0.6	5.7±0.3	1.9±0.9	73.4±1.4
	2017.10.05	Raw (n=5)	15.4±0.4	5.5±0.3	1.8±0.1	90.2±3.3
		Baked (n=5)	15.0±1.2	4.7±0.2	1.5±0.3	73.2±2.9
	2017.11.09	Raw (n=5)	14.8±0.3	5.7±0.6	1.9±0.1	90.2±4.1
		Baked (n=5)	15.3±0.8	5.5±0.2	1.5±0.3	79.0±7.7
	2018.01.15	Raw (n=5)	14.9±0.5	4.7±0.3	2.0±0.4	93.8±3.7
		Baked (n=5)	15.6±1.6	4.3±0.3	1.6±0.3	77.2±6.7
	2018.02.13	Raw (n=5)	15.4±0.4	4.9±0.1	1.6±0.4	70.0±3.0
		Baked (n=5)	15.3±0.7	4.2±0.1	1.4±0.1	66.4±1.0
	Average	Raw	15.2±0.1	5.3±0.2	1.8±0.1	87.3±8.9
	Average	Baked	15.5±0.4	4.9±0.1	1.6±0.3	73.8±4.4

a: The weight per piece was calculated from the weight after mincing.

*: Asterisk indicates that there is a significant difference ($p<0.05$) in the cooked fish compared to the raw fish.

"Raw" refers to only fish, while "Baked" refers to fish cooked with other ingredients and seasonings.

として付着していた調味料も含めて測定した。その後、原料魚と調理魚のそれぞれについて各個体を混合し、フードプロセッサーでミンチにした。骨は、喫食時に取り除くと考えられる約1cm以上のものを除去し、皮はヒレを切除してから細断した。調製したミンチは脱酸素剤とともに脱気密封し、直ちにドライアイスで急速凍

結後、 -40°C で保存した。

3. ソックスレー法による粗脂肪測定

原料魚2種類と調理魚4種類及び各種大量調理で使用された脂質を多く含むくるみ、いりごま、みそ、調合油、ごま油の副原料についても下記の方法により測定した¹²⁾。

前処理として、アルミカップに試料を3g量り取り、酸化を防止するために−50℃で2時間凍結後、凍結乾燥機 (FTS SYSTEMS FD2085) で2日間凍結乾燥した。乾燥した魚肉の重量を測定し、−50℃で保存した。その後、ソックスレー溶媒抽出装置ソクステスト (株式会社アクタック) で、約2時間脂肪を抽出した後、105℃で30分間加熱乾燥し、デシケーター内で放冷後、抽出脂肪の重量を測定し、測定値から粗脂肪量を計算した。

4. 脂肪酸の分析

脂質抽出は、Folch 法¹²⁾と「日本食品標準成分表2015年版 (七訂) 分析マニュアル・解説」¹³⁾に準じて行った。すなわち、魚肉10gにメタノール50mLとクロロホルム25mLを加え、ポリトロンでホモジナイズした。ブフナーロートで減圧濾過後、分液ロートに移し振盪・静置後、下層のクロロホルム層を分取し、ロータリーエバポレーターで減圧濃縮後、脂質の重量を測定してから、窒素を充填し、脂肪酸分析用サンプルとして−50℃で保存した。

脂肪酸分析用サンプルをサンプル瓶に約20mg量り取り、内部標準物質として200 µg/mLトリコシル酸 (C23:0) を含むn-ヘキサン溶液2mLを添加後、遠心濃縮機でn-ヘキサンを除去した。0.5M水酸化ナトリウム-メタノール溶液1.5mLを加え、窒素を充填して密封した後、100℃で9分間加熱した。放冷後、3フッ化ホウ素-メタノール溶液 (濃度14~15%) 2mLを加え、再度窒素を封入後、100℃で7分間加熱した。放冷後、飽和食塩水5mLとn-ヘキサン2mLを加え、ヘキサン層を回収した。その後、遠心濃縮機にてn-ヘキサンを除去し、固相抽出ミニカラムのSep-Pak®Silicaを用いてメチルエルテル化合物を精製した後、ガスクロマトグラフィーにて脂肪酸を分析した。

ガスクロマトグラフGC17A (株式会社島津製作所) を用い、次の条件で分析を行った。スタンダードとしてCRM47885, PUFA3+2mix 及びCRM47885 (Supelco) を毎回分析し、日内変動を考慮して各脂肪酸のリテンションタイムを確認した。

【機器の分析条件】

検出器: FID

カラム: DB-23 [Agilent Technologies] φ0.25mm×60m,
膜厚0.25 µm

検出器260℃

試料注入口温度250℃

ヘリウムガス圧力: ヘリウム209kPa (1min 保持) →6.4kPa
/min 昇圧→259kPa→1.7kPa/min 昇圧→283kPa
(17min 保持)

水素ガス圧力: 60kPa, 空気圧力: 50kPa

試料導入: スプリット比 (1:50)

5. 栄養計算及び統計解析

栄養計算は特定給食施設の栄養計算方法に準じ、ソフトウェアは栄養 Pro Ver3.01 (女子栄養大学出版部) を

用いた。調理魚の栄養計算は、食品成分表¹⁴⁾による「たいせいようさば 焼き」と「たいせいようさば 生」及び「ぎんざけ 養殖 焼き」と「ぎんざけ 養殖 生」を使用した。調味料は、材料の分量通りに栄養計算を行った。「サバのピリ辛みそ焼き」に含まれるねぎは、食品成分表の「根深ねぎ 葉軟白 生」を用いた。

各調理魚について栄養計算により、エネルギー¹⁵⁾、たんぱく質、脂質、炭水化物、食塩相当量などの栄養成分表示モデルを作成した。一方、実際に分析した実測値を用いた栄養成分表示については、脂質量はソックスレー抽出法により得た粗脂肪の値を使用し、炭水化物量は、水分、たんぱく質、脂質及び灰分の合計量を一切れ当たりに重量換算した魚 (g) から差し引いた値とした。また、水分、たんぱく質、灰分及び食塩相当量の分析は、一般財団法人日本食品分析センターに委託して、「サバのごまみそ焼き」、「サバのピリ辛みそ焼き」、「サケのくるみみそ焼き」及び「サケのカレー風味照り焼き」について、それぞれ2017年12月21日、2018年3月6日、2018年2月27日及び2018年2月13日の調理品の分析値を得ることにした。

調理魚の成分値を栄養計算により求める方法では、食品成分表に調理した原材料が記載されていない食品については、そのまま原材料の成分値を使用し、食品成分表に「焼き」として調理後の成分値が示されているサバ及びサケなどについては、食品成分表掲載の下記の式により調理された食品の成分量を算出した¹⁶⁾。

調理された全重量に対する成分量 = 調理した食品の成分値 × 調理前の可食部重量 (g) ÷ 100 × 重量変化率 (%) ÷ 100

脂質と脂肪酸のパーセンテージ差は、食品表示基準の許容差に準じて下記の式により求めた¹⁷⁾。

パーセンテージ差 (%) = 分析値 ÷ 栄養計算値 × 100 − 100

切り身のサイズ、粗脂肪及び脂肪酸のデータは平均値 ± 標準偏差で示した。また、有意差検定は原料魚と調理魚の2群間においてt検定を行い、危険率5%未満で有意差ありとした。

結 果

1. サバ及びサケの粗脂肪量

ソックスレー法によるサバとサケの粗脂肪の測定結果をTable 3に示す。サバ原料魚100g当たりの粗脂肪量は、サケ原料魚に比べて高い値を示した。

調理された魚の粗脂肪量の変化に関して、サバの場合、原料魚に比べて調理魚の「ごまみそ焼き」と「ピリ辛みそ焼き」は有意に3.3 ~ 3.4g多く、サケの「くるみみそ焼き」では2.5g多かった。また、Table 1には示していないが、副原料の粗脂肪量を測定した結果、いりごまの脂肪含量は添加した2g当たり1.13g、みそはごまみそ焼

Table 3 Contents of lipids in raw and cooked fish

	Sesame miso-baked		mackerel		Spicy miso-baked mackerel		Walnut miso-baked salmon		Curry teriyaki salmon	
	Raw	Baked	Raw	Baked	Raw	Baked	Raw	Baked	Raw	Baked
Lipid	18.8 ± 1.7 (0.09)	22.2* ± 2.0 (0.09)	19.6 ± 0.9 (0.05)	22.9* ± 2.3 (0.10)	17.0 ± 2.7 (0.16)	19.5* ± 1.7 (0.09)	16.0 ± 2.9 (0.18)	16.1 ± 1.9 (0.12)		

*, An asterisk indicates that there is a significant difference ($p < 0.05$) in the cooked fish compared to the raw fish.

“Raw” indicates only fish and “Baked” indicates fish cooked with other ingredients and seasonings.

The values in parentheses () represent the coefficient of variation.

Table 4 Fatty acid contents of raw and cooked fish

Fatty acid	Sesame miso-baked		mackerel		Spicy miso-baked mackerel		Walnut miso-baked salmon		Curry teriyaki salmon	
	Raw	Baked	Raw	Baked	Raw	Baked	Raw	Baked	Raw	Baked
C14:0	1,011 ± 137 (0.14)	1,023 ± 268 (0.26)	1,018 ± 48 (0.05)	1,116* ± 66 (0.06)	257 ± 32 (0.12)	215 ± 41 (0.19)	261 ± 41 (0.16)	282 ± 38 (0.13)		
C15:0	72 ± 6.2 (0.09)	74 ± 22 (0.30)	71 ± 7.7 (0.11)	78 ± 10 (0.13)	21 ± 4.4 (0.21)	17 ± 3.6 (0.21)	20 ± 4.4 (0.22)	17 ± 2.2 (0.13)		
C16:0	1,942 ± 186 (0.10)	2,165 ± 228 (0.11)	1,994 ± 99 (0.05)	2,229 ± 307 (0.14)	1,512 ± 217 (0.14)	1,612 ± 209 (0.13)	1,446 ± 246 (0.17)	1,490 ± 198 (0.13)		
C18:0	332 ± 31 (0.09)	407 ± 85 (0.21)	338 ± 21 (0.06)	407 ± 77 (0.19)	431 ± 58 (0.13)	492 ± 57 (0.12)	401 ± 87 (0.22)	444 ± 8 (0.13)		
C20:0	20 ± 2.4 (0.12)	25 ± 3.7 (0.15)	20 ± 2.6 (0.13)	23 ± 1.3 (0.06)	30 ± 6.5 (0.22)	25 ± 5.5 (0.22)	26 ± 7.3 (0.28)	19 ± 2.7 (0.14)		
Total SFA	3,377 ± 356 (0.11)	3,694 ± 607 (0.16)	3,441 ± 179 (0.05)	3,853 ± 460 (0.12)	2,251 ± 318 (0.14)	2,361 ± 316 (0.13)	2,153 ± 386 (0.18)	2,252 ± 299 (0.13)		
C16:1	515 ± 52 (0.10)	506 ± 48 (0.09)	561 ± 40 (0.07)	606 ± 161 (0.27)	430 ± 44 (0.10)	351 ± 66 (0.19)	430 ± 58 (0.13)	460 ± 61 (0.13)		
C18:1n7	304 ± 35 (0.12)	305 ± 65 (0.21)	299 ± 25 (0.08)	324 ± 83 (0.26)	347 ± 53 (0.15)	295 ± 48 (0.16)	319 ± 57 (0.18)	351 ± 46 (0.13)		
C18:1n9	1,613 ± 266 (0.16)	2,067 ± 1,728 (0.84)	1,597 ± 161 (0.10)	1,982 ± 650 (0.33)	5,417 ± 865 (0.16)	4,716 ± 746 (0.16)	4,882 ± 965 (0.20)	5,125 ± 676 (0.13)		
Total MUFA	2,431 ± 352 (0.14)	2,878 ± 1,842 (0.64)	2,457 ± 226 (0.09)	2,913 ± 894 (0.31)	6,194 ± 962 (0.16)	5,361 ± 861 (0.16)	5,631 ± 1,079 (0.19)	5,935 ± 784 (0.13)		
C18:2n6	296 ± 146 (0.49)	1,185 ± 1,247 (1.05)	241 ± 11 (0.05)	490 ± 37 (0.08)	2,255 ± 379 (0.17)	5,513 ± 560 (0.10)	1,970 ± 408 (0.21)	2,036 ± 269 (0.13)		
C18:3n3	180 ± 14 (0.08)	299 ± 241 (0.81)	185 ± 17 (0.09)	235* ± 24 (0.10)	780 ± 147 (0.19)	1,503 ± 132 (0.09)	690 ± 160 (0.23)	598 ± 79 (0.13)		
C18:3n6	15 ± 2.1 (0.14)	16 ± 4.0 (0.25)	16 ± 0.3 (0.02)	20* ± 2.2 (0.11)	30 ± 6.5 (0.22)	25 ± 13 (0.52)	31 ± 14 (0.45)	19 ± 2.6 (0.14)		
C18:4n3	524 ± 56 (0.11)	562 ± 193 (0.34)	538 ± 35 (0.07)	674* ± 29 (0.04)	71 ± 8.6 (0.12)	59 ± 18 (0.31)	71 ± 19 (0.27)	66 ± 10 (0.15)		
C20:3n6	11 ± 2.8 (0.25)	10 ± 13 (1.30)	13 ± 1.5 (0.12)	13 ± 2.7 (0.21)	45 ± 11 (0.24)	29 ± 12 (0.41)	44 ± 13 (0.30)	34 ± 4.1 (0.12)		
C20:4n3	130 ± 12 (0.09)	132 ± 31 (0.23)	135 ± 9.0 (0.07)	165* ± 23 (0.14)	51 ± 8.5 (0.17)	33* ± 7.5 (0.23)	48 ± 8.6 (0.18)	49 ± 6.1 (0.12)		
C20:4n6	71 ± 5.0 (0.07)	63 ± 13 (0.21)	73 ± 14 (0.19)	74 ± 12 (0.16)	52 ± 8.0 (0.15)	40* ± 8.6 (0.22)	50 ± 10 (0.20)	43 ± 6.4 (0.15)		
C20:5n3	1,277 ± 100 (0.08)	1,264 ± 291 (0.23)	1,338 ± 132 (0.10)	1,509 ± 202 (0.13)	386 ± 43 (0.11)	291* ± 56 (0.19)	380 ± 53 (0.14)	435 ± 57 (0.13)		
C22:5n3	190 ± 19 (0.10)	185 ± 40 (0.22)	203 ± 18 (0.09)	218 ± 33 (0.15)	170 ± 18 (0.11)	113* ± 20 (0.18)	170 ± 30 (0.18)	212 ± 27 (0.13)		
C22:6n3	1,759 ± 117 (0.07)	1,797 ± 526 (0.29)	1,866 ± 136 (0.07)	2,156 ± 279 (0.13)	575 ± 109 (0.19)	449 ± 90 (0.20)	537 ± 102 (0.19)	432 ± 55 (0.13)		
Total n-3	4,060 ± 318 (0.08)	4,240 ± 1,323 (0.31)	4,265 ± 346 (0.08)	4,959 ± 590 (0.12)	2,032 ± 334 (0.16)	2,447 ± 324 (0.13)	1,897 ± 372 (0.20)	1,798 ± 234 (0.13)		
Total PUFA	4,451 ± 474 (0.11)	5,513 ± 2,601 (0.47)	4,609 ± 372 (0.08)	5,555 ± 644 (0.12)	4,415 ± 739 (0.17)	8,055 ± 917 (0.11)	3,992 ± 818 (0.20)	3,925 ± 516 (0.13)		

*, An asterisk indicates a significant difference ($p < 0.05$) in cooked fish compared to raw fish. The values in parentheses () represent the coefficient of variation.

“Raw” indicates only fish and “Baked” indicates fish cooked with other ingredients and seasonings.

Table 5 Percentage difference in lipids, EPA, and DHA in mackerel and salmon between the actual measured values and the values from the Standard Tables of Food Composition (STFC) in Japan

	Sesame miso-baked mackerel		Spicy miso-baked mackerel	
	Raw	Baked	Raw	Baked
Lipid	-29.9 (18.8 g, 26.8 g)	-24.2 (22.2 g, 29.3 g)	-26.8 (19.6 g, 26.8 g)	-22.2 (22.9 g, 29.3 g)
EPA	-29.1 (1,277 mg, 1,800 mg)	-15.7 (1,264 mg, 1,500 mg)	-25.7 (1,338 mg, 1,800 mg)	-0.6 (1,509 mg, 1,500 mg)
DHA	-32.3 (1,759 mg, 2,600 mg)	-14.4 (1,797 mg, 2,100 mg)	-28.2 (1,866 mg, 2,600 mg)	2.7 (2,156 mg, 2,100 mg)

	Walnut miso-baked salmon		Curry teriyaki salmon	
	Raw	Baked	Raw	Baked
Lipid	32.8 (17.0 g, 12.8 g)	23.4 (19.5 g, 15.8 g)	25.0 (16.0 g, 12.8 g)	1.9 (16.1 g, 15.8 g)
EPA	24.5 (386 mg, 310 mg)	-23.4 (291 mg, 380 mg)	22.6 (380 mg, 310 mg)	14.5 (435 mg, 380 mg)
DHA	-35.4 (575 mg, 890 mg)	-59.2 (449 mg, 1,100 mg)	-39.7 (537 mg, 890 mg)	-60.7 (432 mg, 1,100 mg)

"Raw" refers to fish alone, while "Baked" indicates fish cooked with other ingredients and seasonings.

The values in parentheses () represent the actual measured values per 100 g and the STFC values, respectively.

き添加 8g 当たり 0.214g, ピリ辛みそ焼き添加 5g 当たりでは 0.133g, ごま油は添加量 1g から脂肪含量も 1g だった。

サバ及びサケの原料魚と調理魚の変動係数 (CV) は、各々 0.05~0.10 及び 0.09~0.18 を示した。一方、「カレー風味照り焼き」の粗脂肪量は原料魚と調理魚との間に有意差は認められなかった。

2. サバ及びサケの脂肪酸量

4 種類の調理魚及びそれらの原料魚の脂肪酸分析結果から、サバとサケ可食部 100g 当たりの脂肪酸量を Table 4 に示す¹⁷⁾。サバ原料魚で見出された脂肪酸の多くは、パルミチン酸 (C16:0)、オレイン酸 (C18:1n9)、EPA (C20:5n3) 及び DHA (C22:6n3) であり、サケ原料魚はさらにリノール酸 (C18:2n6) がサバの約 8 倍、 α -リノレン酸 (C1:3n3) は約 4 倍量含まれていた。調理魚については、有意な差は認められなかったものの、サバの「ごまみそ焼き」で原料魚に比べて、パルミチン酸は 1.1 倍、オレイン酸では 1.3 倍多かった。また、サケの「くるみみそ焼き」はパルミチン酸及びリノール酸が原料魚に対してそれぞれ 1.1 倍及び 2.4 倍多かった。

EPA と DHA について比較した結果、サバは「ごまみそ焼き」と「ピリ辛みそ焼き」とともに原料魚と調理魚の間に有意差はなかった。サケでは、原料魚に含まれる EPA に対して、調理魚の「くるみみそ焼き」のみ 0.7 倍有意に少なかった。

食品表示基準に準じて¹⁷⁾、食品成分表の「焼き」の値に対し、それぞれ調理魚の脂質量のパーセンテージ差 (%) を求めたところ、Table 5 に示すように、サバの「ごまみそ焼き」で -24.2%、「ピリ辛みそ焼き」で -22.2%、サケの「くるみみそ焼」で +23.4%、「カレー風味照り焼き」で +1.9% であった。サケの「カレー風味照り焼き」を除いて、調理魚のパーセンテージ差は $\pm 20\%$ を超え、差が大きかった。なお、原料魚 2 種のパーセンテージ差は、調理魚と同様に $\pm 20\%$ を超え、差が大きかった。また、EPA のパーセンテージ差を比較したとき、サバとサケの原料魚では -29.1~+24.5%、調理魚では -23.4%~+14.5% だった。DHA は、原料魚 -39.7~-14.4% を示

し、調理魚は -60.7~+2.7% であった。

3. 調理魚の栄養成分表示

本研究に用いた調理魚の栄養成分表示モデルを Table 6 に示す。分析値において、脂質、EPA 及び DHA は全データの平均値を使用し、それ以外の値は、特定日のサンプルを食品表示基準に従って分析し、測定したすべてのサンプルの平均重量当たりの成分値を示している。その結果、脂質に関して、分析値と食品成分表の「焼き」あるいは「生」の成分値を使用した 2 種の栄養計算値との間には差が認められた。特にサケの「くるみみそ焼」を除く「焼き」の脂質の値において、サバの「ごまみそ焼き」及び「ピリ辛みそ焼き」で、それぞれ -10.3% 及び -11.0%、サケ「カレー風味照り焼き」で +17.5% だった。また、EPA あるいは DHA の栄養成分値の差を比較した場合、サバではそれぞれ最大差で +22.4% と +24.8%、サケではそれぞれ +35.4% と -53.5% だった。

考 察

1. サバ及びサケの脂肪含量

サバの「ごまみそ焼き」と「ピリ辛みそ焼き」は原料魚と比較して調理魚の粗脂肪が有意に多かった。また、副原料のくるみ、ごまなどにも粗脂肪が多く含まれていた。データは示していないが、調味料や副原料を使わないで素焼きを行ったサバでは、調理前後で脂肪含量にあまり変化が認められなかった。これらのことから、サバのように脂肪含量が高い原料魚を使用した調理魚の粗脂肪量が多い理由の一つに、調味料と副原料の添加や調理方法が影響し、調理魚の脂肪含量が有意に増加したと考えられる。

サケの「カレー風味照り焼き」は原料魚に対して有意な差は認められなかった。脂肪含量の変化がなかった理由は、調理上、他の調理魚と比べて脂肪を含む調味料や副原料を使用していないことが考えられる。調理に使用したカレー粉 1.5g の脂肪含量は食品成分表の値で 0.18g であり、カレー粉の添加により調理魚の脂肪含量が増えることは考えにくい。青木らの研究¹⁹⁾において、両面強火のヒーター (出力 1.33KW) で 10~15 分間加熱されたサケ切り身の場合、水分の減少が著しく、栄養成分が濃縮

Table 6 Comparison of the nutritional labeling models for each cooked fish

A Sesame miso-baked mackerel				
Nutrient	Unit	Actual measurement (78.8 g per cooked fish)	Nutritional calculation (Baked)	Nutritional calculation (Raw)
Energy	(kcal)	233	274	307
Protein	(g)	14.5	14.8	15.2
Lipid	(g)	17.5±1.6	19.5 (−10.3)	22.9 (−23.6)
Carbohydrate	(g)	4.3	6.6	6.6
Sodium chloride equivalent	(g)	0.8	1.2	1.2
EPA	(mg)	996±229	924 (7.8)	1,440 (−30.8)
DHA	(mg)	1,416±415	1,294 (9.5)	2,080 (−31.9)
The values in parentheses () represent the percentage difference.				
B Spicy miso-baked mackerel				
Nutrient	Unit	Actual measurement (74.9 g per cooked fish)	Nutritional calculation (Baked)	Nutritional calculation (Raw)
Energy	(kcal)	213	267	300
Protein	(g)	13.9	14.3	14.7
Lipid	(g)	17.2±1.7	19.3 (−11.0)	22.7 (−24.2)
Carbohydrate	(g)	0.8	5.2	5.2
Sodium chloride equivalent	(g)	1.0	1.4	1.4
EPA	(mg)	1,131±151	924 (22.4)	1,440 (−21.5)
DHA	(mg)	1,615±209	1,294 (24.8)	2,080 (−22.3)
The values in parentheses () represent the percentage difference.				
C Walnut miso-baked salmon				
Nutrient	Unit	Actual measurement (92.8 g per cooked fish)	Nutritional calculation (Baked)	Nutritional calculation (Raw)
Energy	(kcal)	261	277	279
Protein	(g)	18.3	18.7	18.6
Lipid	(g)	18.1±1.6	17.3 (4.6)	17.7 (2.3)
Carbohydrate	(g)	6.1	8.5	8.5
Sodium chloride equivalent	(g)	1.2	1.6	1.5
EPA	(mg)	270±52	237 (13.9)	248 (8.9)
DHA	(mg)	416±84	686 (−39.4)	712 (−41.6)
The values in parentheses () represent the percentage difference.				
D Curry teriyaki salmon				
Nutrient	Unit	Actual measurement (73.8 g per cooked fish)	Nutritional calculation (Baked)	Nutritional calculation (Raw)
Energy	(kcal)	184	211	213
Protein	(g)	17.9	16.7	16.7
Lipid	(g)	11.9±1.4	10.1 (17.5)	10.5 (13.3)
Carbohydrate	(g)	1.3	8.2	8.2
Sodium chloride equivalent	(g)	0.6	1.5	1.4
EPA	(mg)	321±42.1	237 (35.4)	248 (29.4)
DHA	(mg)	319±40.6	686 (−53.5)	712 (−55.2)
The values in parentheses () represent the percentage difference.				

され、見かけ上の脂質含量の増加とともに、EPA やDHA の顕著な増加を示すことが報告されている。本研究において調理前後での水分量の比較は行えなかったが、おそらく水分の減少により、他の食品成分が濃縮されたと考えられるが、サケの「カレー風味照り焼き」には大きな変化がなかったものと思われる。

食品成分表の値と実測した脂肪含量を比較すると Table 5 の食品成分表「生」の値に比べて¹⁴⁾、サバの原料魚は低く、一方でサケは高かった。この原因としては漁場、漁期、魚体の大きさ、成熟度等により個体差が大きかったことが考えられた。

食品表示基準に従い¹⁷⁾、食品成分表の「焼き」の値に対して、それぞれ調理魚の脂質量のパーセンテージ差

(%) を求めたところ、サケの「カレー風味照り焼き」を除いて、±20% を超え、差が大きかった。従って、これらサバやサケの脂質含量の差は、調理方法などによって20% を超えることがあることを示している。さらに EPA 及びDHA においても、栄養計算値と分析値で差が大きいくことがわかった。そのため、サケやサバの脂質成分について喫食者により正確な情報を提供するには、実測による分析値を示すことが望ましいと考えられた。おそらく他の魚種においても同様なことが考えられるため、調理方法を含めさらに検証する必要があると思われる。

2. サバ及びサケの脂肪酸含量

脂肪の多い魚として、焼いたアンチョビ、調理されたニシンやニジマスにおいて、EPAやDHAの損失が報告されている¹⁸⁾。本研究においても同様に調理によって一部の脂肪酸が少なくなったと考えられた。サバの「ごまみそ焼き」のEPAとDHA含量は、原料魚と調理魚で有意な差は認められなかった。100g当たりの食品成分値とするために、調理によって水分が滲出すると、見かけ上、調理品の脂質含量が高くなることもある。サバの「ピリ辛みそ焼き」については、推測ではあるが、水分が減少したために、見かけ上EPAやDHAの含量が高くなったのではないかと思われた。Larsen *et al.*は¹⁹⁾、油を使用せずにキングサーモンをオープン焼きした結果、原料魚に対してn-3系脂肪酸含量が高く保持され、脂質の顕著な損失を防いだと考察している。しかしながら、サケの「くるみみそ焼き」のEPAが有意に少なくなっていたのは、加熱により魚肉が収縮し、水分だけでなく脂質が滲出したために起きたと推測される。今後、魚肉の加熱後の水分や脂質の滲出量を検討することも必要である。

3. 栄養成分表示の検討

Table 3において、原料魚の脂肪含量の変動係数は、サバで0.05~0.09、サケで0.16~0.18と変動範囲が大きかったと考えられる。Table 5の食品成分表とのパーセンテージ差においてサバの原料魚は-29.9~-26.8%、サケは+25.0~+32.8%を示し、差の大きいことがわかった。サバと同じく脂質を多く含むサンマでは9月中旬から11月中旬まで同じ海域、同じ魚網で捕獲されたもので、脂肪含量に7~28%のバラツキがあることが報告されている²⁰⁾。これらのことから、本研究で使用したサバやサケも、漁場、漁期、魚体の大きさ及び成熟度等により脂質含有量の変動し、また部位別の切り身の個体差なども影響したと考えられた。

EPAやDHAは栄養機能を強調する上で、調理された食品に栄養成分表示を行う意義があると考えられる。そこで、サバやサケ調理魚のEPA及びDHA含量の実測値と、食品成分表掲載値を使用した栄養成分表示モデルを比較したところ、サバ調理魚のEPAの差は最大で+22.4%、DHAの差は最大+24.8%、サケ調理魚のEPAでは+35.4%、DHAは-53.5%と差が大きかった。これらは前述したように、主要な食材である切り身の脂肪含量が食品成分表の値と異なっていることに加え、調理による変化が大きい成分であることが、相違の主な原因と思われた。以上のことから、EPAやDHAなどn-3系脂肪酸について、より正確な情報を栄養成分表示として喫食者に伝えるためには、それら脂肪酸量の実測値を利用した表示がより適切であろう。最近、カフェテリア方式の生協食堂を利用する大学生を対象とした魚料理に関する食事頻度調査が行われ、魚離れが進行していることが報告されている²¹⁾。今後、調理された魚を積極的に摂取してもらう働きかけの一つの手段として、魚料理におけるEPAやDHA

の栄養成分表示が有効になると考えられる。

謝 辞

魚メニューの情報提供にご協力いただきました松柏軒坂戸カフェテリア管理栄養士の菅原久美子様に心より御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会編：日本食品標準成分表2015年版（七訂）脂肪酸成分表編，全国官報販売協同組合，東京（2018）
- 2) Iso H., Kobayashi M., Ishihara J., Sasaki S., Okada K., Kita Y., Kokubo Y., Tsugane S.: Intake of fish and n3 fatty acids and risk of coronary heart disease among Japanese: the Japan Public Health Center-Based (JPHC) Study Cohort I. *Circulation*, **113**, 195-202 (2006)
- 3) Yamagishi K., Iso H., Date C., Fukui M., Wakai K., Kikuchi S., Inaba Y., Tanabe N., Tamakoshi A.: Fish, omega-3 polyunsaturated fatty acids, and mortality from cardiovascular diseases in a nationwide community-based cohort of Japanese men and women the JACC (Japan Collaborative Cohort Study for Evaluation of Cancer Risk) Study. *J. Am. Coll. Cardiol.*, **52**, 988-996 (2008)
- 4) Yokoyama M., Origasa H., Matsuzaki M., Matsuzawa Y., Saito Y., Ishikawa Y., Oikawa S., Sasaki J., Hishida H., Itakura H., Kita T., Kitabatake A., Nakaya N., Sakata T., Shimada K., Shirato K.: Effects of eicosapentaenoic acid on major coronary events in hypercholesterolaemic patients (JELIS): a randomised open-label, blinded endpoint analysis. *Lancet*, **369**, 1090-1098 (2007)
- 5) Nanri A., Mizoue T., Noda M., Takahashi Y., Matsushita Y., Poudel-Tandukar K., Kato M., Oba S., Inoue M., Tsugane S.: Fish intake and type 2 diabetes in Japanese men and women: the Japan Public Health Center-based Prospective Study. *Am. J. Clin. Nutr.*, **94**, 884-891 (2011)
- 6) Sasazuki S., Inoue M., Iwasaki M., Sawada N., Shimazu T., Yamaji T., Takachi R., Tsugane S.: Intake of n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acids and development of colorectal cancer by subsite: Japan Public Health Center-based prospective study. *Int. J. Cancer*, **129**, 1718-1729 (2011)
- 7) Sawada N., Inoue M., Iwasaki M., Sasazuki S., Shimazu T., Yamaji T., Takachi R., Tanaka Y., Mizokami M., Tsugane S.: Consumption of n-3 fatty acids and fish reduces risk of hepatocellular carcinoma. *Gastroenterology*, **142**, 1468-1475 (2012)
- 8) 菱田 明，佐々木敏，加藤友昭：日本人の食事摂取基準2015年版，p119-122，第一出版株式会社，東京（2014）
- 9) 厚生労働省：平成29年「国民健康・栄養調査」の結果. <https://www.mhlw.go.jp/content/10904750/000351576.pdf>（閲覧日：2018年12月15日）
- 10) 望月てる代，田頭弘子，原みずほ，石永正隆：給食施設における食事の脂質成分の測定値と計算値の比較. 日本栄養・食糧学会誌，**50**，77-86（1997）
- 11) 広報戦略課 学園広報課：女子栄養大学学食メニュー集 2016，学校法人香川栄養学園（2017）
- 12) Folch, J., Lees, M. and Sloane-Stanley, G. A.: A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, **226**, 497-509 (1957)

- 13) 文部科学省科学技術・学術政策局政策課資源室監修：日本食品標準成分表2015年版（七訂）分析マニュアル・解説, p33-47, 建帛社, 東京 (2016)
- 14) 文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会編：日本食品標準成分表2015年版（七訂）, 全国官報販売協同組合, 東京 (2018)
- 15) Atwater W. O.: Principles of nutrition and nutritive value of foods. *United States Department of Agriculture. Farmers Bulletin*, **142**, p48-50 (1910)
- 16) 香川明夫監修：七訂食品成分表2019, p21-22, 女子栄養大学出版部, 東京 (2019)
- 17) 消費者庁：食品表示基準（平成27年内閣府令第10号）別表第9. <http://www.saqp.jp/Topix/20150530-pdf.pdf>（閲覧日：2018年12月15日）
- 18) Gladyshev M. I., Sushch N. N., Gubanenko G. A., Demirchieva S. M., Kalachova G. S.: Effect of boiling and frying on the content of essential polyunsaturated fatty acids in muscle tissue of four fish species. *Food Chem.*, **101**, 1694-1700 (2007)
- 19) Larsen D., Quek S.Y., Eyres L.: Effect of cooking method on the fatty acid profile of New Zealand King Salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Food Chem.*, **119**, 785-790 (2010)
- 20) 木宮 隆：水産物の品質管理を支援する非破壊計測技術－近赤外分光法による内部品質選別は可能か－. *冷凍*, **92**, 42-47 (2017)
- 21) 多々納道子, 安積文香, キッド ダスティン：大学生協食堂を利用する大学生の魚食の実態と課題. 島根大学教育臨床総合研究, **16**, 145-153 (2017)