

多獲性魚を原料とした食品素材の開発に関する基礎研究

青 木 秀 敏*

Basic Research in the Development of Food Material from Raw Fish

Hidetoshi AOKI*

Abstract

For basic research in the development of food material from saury and sardines, FPC (Fish Protein Concentration) and FFP (Functional Fish Protein Concentration) are produced experimentally. FPC and FFP are powdered and easily handled and preserved.

Extraction and drying are common manufacturing processes for food materials. The effects of those extracting and drying conditions on the quality of food materials are examined.

Furthermore, cookies are made by adding this powdered food material to wheat, and these tastes, smells and appearances are compared and contrasted.

Keywords: food material, saury, sardines, powder, extraction

1. はじめに

イワシ、サバ、サンマ、アジ等はプランクトンを食生とする浮魚で、回遊する魚群を巻き網によって一網打尽に捕ることから多獲性魚と呼ばれている。多獲性魚は八戸の漁獲量の約60%を占め、その大部分はマイワシである。近年のマイワシとサバの漁獲量の減少、サンマの豊漁、消費者の健康グルメ志向に対し、従来からの干物、缶詰、練り製品等の生産以外の新製品の開発に迫られている。消費者側においても、魚は落ろすのに手間がかかる、魚臭くなる、骨があって食べにくい、等の不満が多く、食卓からの魚離れが叫ばれて久しい。

調理の簡素化、料理の洋風化、総菜いわゆる中食販売高の増加等の情勢をふまえ、今後多獲性魚の消費拡大を図るためには、調理がしやすく、子供も食べやすく、栄養化も高い食品の開

発が必要と考えられる。その一つの方法として、著者は魚肉の粉末化を取り上げている。魚肉を粉末状にして食品の素材に作り変えてしまえば、小麦粉に混ぜることによってパン、うどん、そば、クッキー、コロケ、ミートボール等、魚から広範囲にわたる食品を作り出すことが可能となる。しかもイワシやサンマに含まれているタンパク質は必須アミノ酸がバランス良く含まれており、鉄分、EPAも多く含まれ、他の魚種以上に栄養価が高い。そのため、食品素材を作る際には、上記のような原魚のもつ栄養バランスを崩すことなく水分と脂質を取り除き、栄養価だけを濃縮させる技術の開発が必要とされる。

本報では多獲性魚を原料とした食品素材を開発する基礎研究として、魚肉タンパク質を保存性が良く、扱いやすい粉末状に濃縮したFPC(魚類タンパク濃縮物, Fish Protein Concentration)とFFP(機能性魚類タンパク濃縮物, Functional Fish Protein)を種々試作し、匂い、見た目等を比較検討した。さらに食品素材を作

平成9年11月25日受理

* エネルギー工学科
食品工学研究所(併任)

るプロセスの一つの抽出および乾燥条件によって、タンパク質の変成と脂質の酸化がどのように変化するのかを検討した。

2. 魚肉タンパク濃縮物の製造方法

魚肉タンパク質を保存性が良く、しかも扱いやすい粉末状にする試みは昔から数多く行われている。それらの製造方法の骨子は、魚肉から水分、場合によっては油脂をもできるだけ取り除くことである。その結果、タンパク質が濃縮された形となり、多くは粉末状になる。最も一般的なものは魚粉であり、八戸でも多獲性魚を蒸気で煮て柔らかくし、圧搾して水分と油脂を除き、さらに乾燥することによって魚粉を製造している。魚粉は特有の不快臭があるので、トウモロコシ等と混ぜることにより家畜の飼料となり、戦後の食料不足の時を除き食品の素材としては製造されていない。この理由として、蒸煮・圧搾・乾燥の物理的的操作だけでは、十分に油脂が除去できないため魚臭が残り、舌にザラつくのでまづい点が挙げられる。

これらの欠点を改良したのが下記に示すFPC製法、FFP製法である。それぞれの製法を以下に示す。

(1) **FPC製法** 水分の多い魚から効率良く脱脂するための溶剤は、水や脂肪酸に溶解する性質のあるエタノールを使用した。まず原料魚(マイワシ、サンマ)の頭、内臓を取り除き、乳鉢で骨をつけたまますりつぶし、これを三角フラスコに入れ、エタノールで最初30°Cの低温で抽出し、次に80°Cで煮沸させて抽出し、それを2回繰り返した。抽質後は一回ごとにろ過を行った。その抽出物を真空乾燥機で平衡含水率になるまで乾燥し、市販のミルサーで粉末にした。

(2) **FFP製法** FPC製品は水に溶けにくいので単独で調理することは難しい。そこで、その欠点を改良したのがFFP製品で、親水性、乳化力、グル形成能などの機能性がある。製造工

表1 FPC, FFP 製品の製造工程

FPC 製法	FFP 製法
原料魚	原料魚
↓	↓
すりつぶし	すりつぶし
↓	↓
エタノール処理 1	pH 9.0 調整
↓	↓
エタノール処理 2	エタノール処理 1
↓	↓
エタノール処理 3	エタノール処理 2
↓	↓
エタノール処理 4	エタノール処理 3
↓	↓
乾燥	乾燥
↓	↓
粉砕	粉砕
↓	↓
FPC 製品	FFP 製品

程は、原料魚をすりつぶし、重曹水溶液でpHを9.0に調整し、その後の操作はFPC製法と同様である。抽出は80°Cで3回行った。

それぞれの製造工程を表1に示す。FPC製法、FFP製法は20年前に論文発表¹⁾²⁾され、FPC、FFP製品は市場に出回っている。

表1のFPC、FFP製法をもとに、抽出、乾燥条件を下記のように変えてFPC、FFP製品を試作し、抽出、乾燥条件によって粉末の性状がどのように変化するのかを検討した。

- エタノール量(魚重量g: エタノール量ml); 1:1~1:4
- エタノール温度; 30~80°C
- 抽出時間; 30分~1時間
- 抽出回数; 1回~4回
- 乾燥温度; 50~140°C

3. 実験結果

3.1 FPC製品

魚肉をエタノール抽出しないで真空乾燥(80°C)しただけの粉砕物の性状を写真¹⁾³⁾に示す。魚肉に含まれる脂質が酸化するため褐色に変色し、粉砕するとグル状に固まり、魚臭がか



写真1 マイワシ真空乾燥粉砕物



写真2 マイワシ FPC 製品



写真3 サンマ FPC 製品



写真4 サンマ FPC 製品 (抽出不完全の場合)

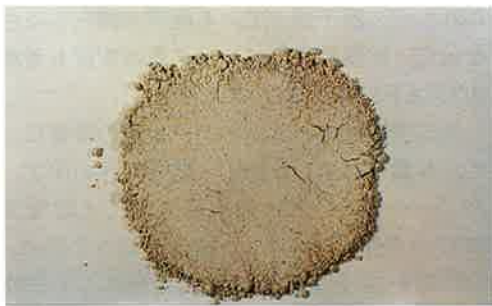


写真5 マイワシ FFP 製品



写真6 マイワシ FFP 製品 (乾燥温度 120°C)



写真7 マイワシ FFP 製品 (抽出不完全の場合)



写真8 マイワシ FFP 製品を小麦粉に 20% 混ぜて試作したクッキー

なり残った。

試作した FPC 製品の一例として、写真 2 にマイワシを原料にエタノール量 (1:2)、エタノール温度 (50-80-80-80°C)、抽出時間 (1 hr)、抽出回数 (4 回)、乾燥温度 (60°C) の場合の FPC 製品を示す。脂肪が除去されるため乾燥時間はかなり短くなり、多少の魚臭があるものの、粉碎すると白茶色の微細な粉末となった。水分と脂肪分が完全に近く除去できたものと思われる。同じ抽出・乾燥条件でサンマを原料とした FPC 製品を写真 3 に示す。粉末の色、表面状態はイワシ FPC 製品の場合とほとんど変わらず、白茶色の微細な粉末となっている。

FPC 製法の中で魚肉の脂質を抽出する操作が重要であり、抽剤のエタノール量と抽出回数が増える程、また抽出温度が高い程脂質が良く除去された。写真 4 にエタノール量 (1:2)、エタノール温度 (80°C)、抽出時間 (1 hr) で 1 回だけ抽出した場合の FPC 製品を示す。エタノール抽出操作をやらない乾燥品 (写真 1) の場合より乾燥は速いものの、脂質の酸化が大きく赤茶色となっている。臭いは多少減少したが、抽出が不完全で脂質がかなり残っているため、粉末状に粉碎できずゲル状の固まりとなった。白茶色の粉末状の FPC 製品を得るには、抽質回数は 3 回以上必要で、エタノール量が (1:3) と多い場合には 2 回でも良いが、抽出温度は 50°C 以上は必要である。

3.2 FFP 製品

試作した FFP 製品の一例として、マイワシを原料に、エタノール量 (1:2)、エタノール温度 (80°-80°-80°-80°C)、抽出時間 (1 hr)、抽出回数 (4 回)、乾燥温度 (60°C) の場合の FFP 製品を写真 5 に示す。エタノール抽出の前に重曹 (炭酸水素ナトリウム) を加え、pH を 9 に調整する以外は写真 2 の FPC とほぼ同じ抽出・乾燥条件である。多少の魚臭はあるものの、イワシ FPC の場合より色は白っぽく、微細な柔らかい粉末が得られた。

FFP 製品の親水性について、水に対する溶解度を測定したところ、FPC 製法の粉末と同様に 80°C で 0.1 (g/水 100 g) 以下で、水に極めて溶けにくい粉末であることがわかった。しかし重曹を加えた FFP 製法の粉末の方が水が染み込みやすく、どろっとした液状のものになった。しばらく放置すると、FPC 粉末の場合は懸濁状態のままであるのに対し、FFP 粉末の場合は粒子が沈降し、上澄み液と分離された。攪拌すると再び懸濁状態となった。このように FFP 粉末に親水性があることから、食品素材として考えた場合、FFP 製法の粉末の方が他の素材と混ざり易いと考えられる。

乾燥温度の影響について、エタノール量 (1:4)、エタノール温度 (80-80°C)、抽出時間 (0.5 hr)、抽出回数 (2 回)、乾燥温度 (140°C) の場合のイワシ FFP 製品を写真 6 に示す。乾燥時間は短かく、微細な粉末状にはなったが、色が茶色になった。乾燥温度が 120°C 以上の場合、抽出条件が適切であれば脂肪が除去され粉末が得られるが、若干残っている脂質が酸化し茶色になった。乾燥温度はタンパク質の変成も考慮し 60°C 以下が望ましい。

抽出用溶剤であるエタノール量の影響について、写真 5 に示した抽出・乾燥条件の中で、エタノール量 (1:2)、抽出温度 80°C、乾燥温度 60°C の条件を変えずに、抽出回数を 2 回に、抽出時間を 30 分間とそれぞれ半分にして試作したイワシ FFP 製品を写真 7 に示す。抽出が不完全で脂質がかなり残っているため、粉末状に粉碎できず、からみ合った挽き肉状の物が得られた。また、残留している脂質が酸化したため、茶褐色に変色した。このように、FFP 製品を製造する最適な抽出条件は FPC 製品の場合と同様と考えられる。

FPC、FFP 製品の応用例として、サンマ FFP 製品を小麦粉に 20% ほど混ぜて作ったクッキーを写真 8 に示す。FPC 製品のクッキーは見た目、味は良かったが、多少の魚臭が残った。一方、FFP 製品粉末で作ったクッキーは、見た目

は良かったが、重曹を使用した影響で塩辛さが残った。また FPC 製品の場合より歯ごたえ等の食感は良かった。

3.3 食品素材の品質に及ぼす抽出及び乾燥条件の影響

イワシ、サンマの生鮮品、真空乾燥させた乾燥物及び FPC 製法と FFP 製法で作成した粉末を用い、それぞれの脂質含有量、脂質の酸化程度およびタンパク質の変成を分析することにより、食品素材の品質に及ぼす抽出及び乾燥条件の影響を検討した。

脂質酸化の程度を表わす指標として、本実験では過酸化価 (POV) と酸化 (AV) をとりあげた。POV, AV および脂質酸化量の測定は Folish 法により脂質のみを抽出して行った。魚肉タンパク質変成の測定は、75% SDS-ポリアクリルアミドゲル電気泳動法により行った。

イワシ FPC 粉末及び FFP 粉末の POV, AV, 及び脂質含有量の値を抽出・乾燥条件と関連づけて表 2⁴⁾ に示す。比較のため表中には生鮮品及び真空乾燥品の値を示した。脂質含有量は生鮮品が 12.7% 乾燥品が 8.5% に対して、

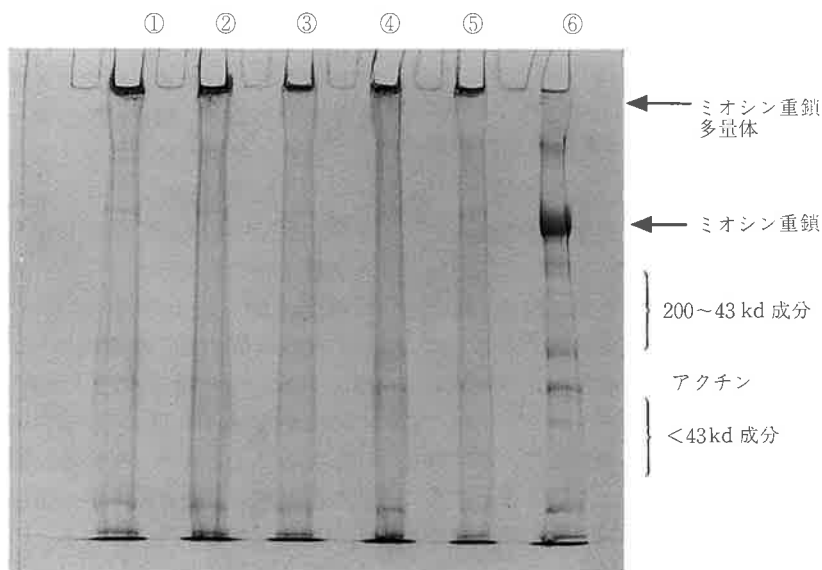
FPC 製法・FFP 製法の粉末は抽出条件によって差はあるが、2~3% であり、脂質が除去されていることがわかる。抽剤のエタノール量と抽出回数が多い程、脂質が除去された結果が得られ、前述の粉末性状の結果と合致している。

一方、脂質が酸化して生じる遊離脂肪酸の量を示す AV, 及び脂質が酸化する際初期に生ずる過酸化物の量を示す POV の値は、ともに乾燥温度が 60°C 以上の場合は高い。当然のことながら乾燥時間が長くなるにつれて POV の値は減少する。FFP 粉末の方が POV の値が小さくなっているが、100 以上の POV の値はかなり酸化していることを示している。原因として、乾燥温度が高いことと粉碎中の摩擦熱によって酸化が進んだことが考えられる。FPC, FFP 粉末を平衡含水率になるまで乾燥するには長時間かかるため、酸化を抑えるには 40°C 以下の温度で乾燥し、冷却機付きの粉碎机で粉碎するのが最適と考えられる。

抽出・乾燥過程におけるタンパク質組成の変成について、サンマ FPC の魚肉タンパク質を電気泳動法により分離した結果⁵⁾ を写真 9 に示す。写真中のパターン ①~⑤ は抽出および真空

表 2 抽出および乾燥条件による POV, AV, 脂質含有量の変化

イワシ	試料; アルコール	アルコール 抽出温度 (°C) 回数	アルコール 抽出時間 (h)	乾燥 温度 (°C)	乾燥 時間 (hr)	POV (meq/kg)	AV (meq/kg)	脂質 含有量 (%)
生鮮品						32	8.26	12.67
乾燥物				60	19	194	12.84	8.50
FPC 1	1:2	50-80	1	60	5	199	21.56	2.48
// 2	1:3	50-80-80	0.5	60	5	237	20.18	2.51
// 3	1:2	50-80-80	0.5	60	20	165	18.69	2.89
// 4	1:3	50-80-80	1	60	20	187	22.92	2.21
// 5	1:1	30-50-50-50	1	80	6	189	21.44	2.48
// 6	1:3	50-80-80-80	1	60	18	206	25.58	1.65
// 7	1:2	80-80-80	0.5	50	19	137	9.40	5.39
FFP 1	1:2	80-80-80	0.5	60	21	129	11.21	4.09
// 2	1:1	80-80-80	0.5	50	19	102	9.12	7.13
// 3	1:2	80-80-80-80	1	60	5	101	18.76	2.97



FPCの抽出乾燥条件

1	抽出	60°C	3回		真空乾燥	60°C	20 hr
2	//	80°C	2回		//	60°C	5 hr
3	//	80°C	2回		//	60°C	20 hr
4	//	50°C	1回	80°C 3回	//	60°C	18 hr
5	//	30°C	4回		//	80°C	6 hr
6	生鮮品の魚肉タンパク						

写真9 魚肉たんぱく濃縮物 (FPC) の電気泳動パターン

乾燥条件を変えて作成したFPC製品、⑥は生鮮品の魚肉タンパクの場合である。ここでミオシン重鎖とは、魚肉を構成している主要タンパク質（筋原繊維タンパク質）であるミオシンのサブユニットである。生鮮品のミオシン重鎖成分のバンドは濃く、ミオシン重鎖成分が多く含まれていることがわかるが、抽出乾燥の工程を経たFPC製品はいずれの条件の場合もミオシン重鎖のバンドは薄くなっている。これはミオシン重鎖が多量化反応（高分子化）を起こし、ミオシン重鎖重合物に変わるためと思われる。これについて、ミオシン重鎖は乾燥温度が0°Cの場合は大きな変化は示さないが、乾燥温度が高くなるにつれて減少速度が増大し、50°Cの場合24時間後には10~25%にまで低下するという報告⁶⁾もあり、40°C以下の温度で乾燥することが適切と考えられる。

ま と め

多獲性魚を原料とした食品素材を開発することを目的に、魚肉タンパク質を保存性が良く扱いやすい粉末状に濃縮したFPC（魚類タンパク濃縮物）とFFP（機能性魚類タンパク濃縮物）を試作し、比較検討を行った。さらに製造プロセスの一つの抽出・乾燥条件によって、脂質の酸化とタンパク質の変成がどのように変化するのかを検討し、下記のことが明らかになった。

1) FPC製法およびFFP製法の両者の粉末とも抽剤であるエタノール量が増す程、抽出回数が増える程、魚肉中の脂質が効率良く除去され、粉末の脂質含有量は2~3%に減少する。脂質の除去が不十分な場合、脂質の酸化で茶褐色の粉末に変色し、挽き肉状の素材が得られる。

2) FPC 製法に比べ FFP 製法の方がやや白っぽく柔らかい微細な粉末が得られる。また両者の粉末とも水に対する溶解度は小さいが、FFP 粉末の方が水になじみやすく、懸濁後粒子の沈降も早い。そのため、食品素材として考えた場合、FFP 粉末の方が他の食品素材と混ざりやすく、粘性のある調理溶液をかく拌する場合も小さな力で済む。

3) 乾燥温度が 60°C 以上になると、脂質酸化の程度を示す POV の値が上昇し、主要タンパク質であるミオシン重鎖も多量化反応を起こし、ミオシン重鎖重合体に変成する。そのため脂質の酸化およびタンパク質の変成を抑えるには、40°C 以下の温度で長時間乾燥し、かつ摩擦熱を除去しながら粉碎する必要がある。

本研究は、八戸市の平成 3 年度、4 年度「21 はちのへ研究奨励金」の助成を受けました。関係各位の皆様に感謝の意を表します。本研究を遂

行するにあたり御指導頂いた青森県水産物加工研究所化学試験部長の中谷肇氏、同所主管研究員の石川哲氏、本学食品工学研究所の奥田慎一教授、若生豊助教授に心より感謝いたします。また本研究に際し、実験指導を行った本学エネルギー工学科技術職員中谷勝美氏、実験に協力された卒業生の加藤弘紀、相場雅文、増田隆広の各氏に感謝致します。

引用文献

- 1) Suzuki, T., et al.: Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, **44**, 781 (1978)
- 2) 鈴木たねこ: 食品と容器, **19**, 324 (1978)
- 3) 青木秀敏: 21 はちのへ研究概要 (八戸市) p. 18 (1992)
- 4) 青木秀敏: 21 はちのへ研究概要 (八戸市) p. 54 (1993)
- 5) 青木秀敏: ケミカル・エンジニアリング, **39**, 42 (1994)
- 6) 福田 裕: 水産ねり製品技術研究会誌, **13**, 481 (1988)