マイワシ落し身の減圧アルカリ晒しによる 品質改善と食品素材化

村田裕子*・西岡不二男*,**

Qualitative Improvement of Minced Sardine Meat by a Brief Alkaline-leaching *in Vacuo*

Yuko MURATA* and Fujio NISHIOKA**

* National Research Institute of Fisheries Science, Fukuura,
Kanazawa-ku, Yokohama-shi 236

** Present Address : Toyama Food Research Institute,
Yoshioka, Toyama-shi 939

Alkaline-pyrophosphate leaching under reduced pressure is a method devised for removing fat and preventing protein denaturation effectively from fatty pelagic fish (so-called red-meat fish) meat in surimi processing. In this study, an attempt was made to improve the quality of minced sardine meat by a modified vacuum-alkaline leaching. Minced sardine meat was briefly washed once with a small quantity of cold sodium bicarbonate solution containing pyrophosphate *in vacuo* (at about 10 mmHg for 20 min) to liberate an excess amount of fat, and to retain as much tasty substances as possible. The free fat and excess aqueous layer were removed by centrifugation. It was found that by this treatment, more than one third of fat in the original minced meat was removed, and that the solubility of myofibrillar protein in the minced meat and its gel-forming ability increased. The hamburger prepared from vacuum treated minced meat was somewhat sticky and elastic compared with ordinary meat hamburger (such as beef hamburger), and had a bland taste with little fishy smell.

(Received Sep. 29, 1995)

マイワシは呈味成分や健康に有効な成分を豊富に含んでいる¹⁾。これらの成分を食品として有効に利用することによって付加価値向上,あるいは利用の拡大を計ろうとする試みは多く成されてきたが^{2)~6)},食用化はあまり進んでいない。その理由は赤身魚の生化学的性質によるものが大きく、(1)脂肪含量が高いこと、(2)特有のにおいが強いこと、(3)血合肉の占める割合が高く、製品が暗褐色となりやすいこと、(4)魚の死後、筋肉が酸性化しやすく、その結果、筋肉タンパク質とくにミオシンが保水性、ゲル形成能等の機能性を失い易いこと、などがあげられる⁶⁾。これらの点が難点となって、冷凍すり身化,あるいは落し身を用いるハンバーグ様食品素材化等も遅れてい

る⁶⁾。しかし近年、これらの難点のある程度克服して、冷凍すり身化技術の改良が各方面で進められている⁷⁾。その基本的な考え方は以下のように水晒し工程の改良に集約される。(1)筋肉を筋原繊維レベルまで細片化し、血色素、脂肪の遊離を容易にする。(2)ピロリン酸塩存在下でアルカリ晒しする。すなわち、筋肉細片の酸性化を抑制しつつ、ピロリン酸によりゲル形成への寄与の大きいミオシンの遊離を容易にする(アルカリピロリン酸晒し)。(3)さらに晒しを減圧下で行い、脂肪、臭気の除去効果を大きくする。

本研究においては上記の考えに基づき、マイワシの落し身を炭酸水素ナトリウム、ピロリン酸塩存在下で減圧

* 水産庁中央水産研究所 (〒236 神奈川県横浜市区金沢区福浦 2-12-4)

** 現在富山県食品研究所 (〒939 富山県富山市吉岡 360)

晒しすること(本論文では、この操作を減圧処理と呼ぶ)によって過剰な脂肪、血色素、臭気成分をある程度除き、かつ呈味、健康性成分をできるだけ多く落し身中に残留させることにより、落し身の品質改善を試みた。このようにして得た減圧処理落し身について、脱脂効果、保存性、ゲル形成能、試作したハンバーグのテクスチャーなどから品質評価を行った。

実験方法

1. 試料

1993年9月に銚子沖(平均体長21 cm, 平均体重130 g)および1994年2月に三陸沖(平均体長21 cm, 平均体重110 g)で漁獲されたものを試料とした。いずれも市場から購入した生鮮のものを実験に供した。

2. 実験装置

本実験で用いた減圧処理装置の模式図をFig. 1に示す。すなわち、塩ビ製のタンク内を真空ポンプとメカニカルブースタポンプを用いて減圧(10 mmHg程度)することにより落し身を減圧処理した。真空ポンプは神港精機(株)製SW-50形(排気速度; 850 l/min), メカニカルブースタポンプは神港精機(株)製SMB-100D形(排気速度; 75 m³/h)を用いた。

Fig. 1 A diagram of the vacuum treatment apparatus

t: Vacuum tank (Material, vinyl chloride; Internal diameter, 36 cm; Height, 965 cm; Internal volume, 982 l; Thickness of tank wall, 2.5 cm), p₁: Mechanical booster pump, p₂: Water ring vacuum pump, s: Sample (minced sardine meat in water containing NaHCO₃ and Na₄P₂O₇), g: Manometer, v₁, v₂: Valve

3. 落し身の調製と減圧処理

試料魚はそのまま自動魚体処理機で頭、内臓、骨を取り除いた後、採肉機(ベルト式, 4 mm 目)にかけて落し身にした。本研究で用いた減圧処理の条件をFig. 2に示す。すなわち、落し身を所定量の炭酸水素ナトリウム(重曹)およびピロリン酸ナトリウム(SPP)等を含む蒸留水に懸濁後、10 mmHg以下の減圧下に20分置いた後、遊離した脂肪および過剰の水分を遠心分離(10 000 ×g, 20 min)で除去し、減圧処理落し身を得た。

4. 分析方法

(1) 水分および粗脂肪の定量

水分および粗脂肪含量は常法により、それぞれ105℃定温加熱乾燥法⁹⁾およびソックスレー抽出法⁹⁾によって測定した。

(2) タンパク態窒素およびエキス窒素

落し身(未処理あるいは処理後の)各10 gの試料をFig. 3に示すような3つの方法で抽出を行った。1) 試料をリン酸緩衝液(イオン強度(I)=0.1, これを抽出液I-1とする)190 mlとともにホモジナイズ(ノンバブリングホモジナイザー(SMT(株)社製)使用)し、そのホモジネートを遠心分離(11 000 ×g, 20 min)し、上澄を水溶性N区(I-1区)とした。2) 試料を同量のリン酸緩衝液(I=0.6: I-6, 190 ml)とともに同様にホモジナイズ、遠心分離し、上澄を塩溶性N区(I-6区)とした。3) 試料を0.1 N水酸化ナトリウム水溶液(190 ml)で同様にホモジナイズ後、遠心分離し、上澄をアルカリ可溶性区(NaOH区)とした。さらにI-1区50 mlに30%トリクロロ酢酸を10 ml加え混合し、沈殿したタンパク質を除去した画分をエキス区(Ex区)とした。

各区の一定量をマクロケルダール法により¹⁰⁾、窒素(N)量を測定した。試料中の水溶性タンパク態N、およ

Minced sardine meat

Suspended in 0.7 time or the same volume of water containing 0.6% NaHCO₃ and 0.6% Na₄P₂O₇

Allowed to stand *in vacuo* (below 10 mmHg) for 20 min

Centrifuged (10 000 ×g, 20 min) after being put back to atmospheric pressure

Vacuum treated minced sardine meat

Fig. 2 The procedure for treatment *in vacuo* of minced sardine meat

Fig. 3 The schemes of sample preparation

A : For determination of extractive nitrogen and water-soluble nitrogen ("EX" and "I=0.1")

B : For determination of salt-soluble nitrogen (I=0.6)

C : For determination of alkaline-soluble nitrogen (NaOH)

び塩溶性タンパク態 N は次の式によって求めた。

水溶性タンパク態 N = I-1 区全 N - Ex 区全 N

塩溶性タンパク態 N = I-6 区全 N - I-1 区全 N

筋原繊維タンパク質の溶解度(%) = [(I-6 区全 N - I-1 区全 N) / (NaOH 区全 N - I-1 区全 N)] × 100

5. pH 測定

落し身試料を4倍量の蒸留水とともにホモジナイズ後、ホモジネートの pH を pH メーターで測定した。

6. カマボコゲルの調製

冷凍すり身品質検査基準¹¹⁾に従った。すなわち、落し身に食塩を3%添加して15分間播潰した。得られた塩すり身をステンレス製の容器(直径3.2 cm, 高さ3 cm)に充填し、直加熱(坐りなし, 87±3°C, 30分間加熱)と2段加熱(坐りあり, 30±2°C, 60分間加熱後 87±3°C, 30分間加熱)を行ってゲルを調製した。

7. 物性値の測定

破断力、破断凹み、軟らかさはレオメーター(不動工業(株)製 NRM-2002J)とレオプロッター(理化電機工業(株)製 FR-801)を組み合わせて、球状プランジャー(5 mmφ)による押し込み試験で測定した。ゼリー強度は破断力(g)×破断凹み(cm)で、軟らかさは破断凹み(cm)/破断力(g)で表示した。

折り曲げ試験は、直径3.2 cm, 高さ0.5 cmの試験片を調製し、これを指で折り曲げて、5段階法により評価した。評点は以下のとおりである; 5点: 4つ折りにして亀裂なし, 4点: 2つ折りにして亀裂なし, 3点: 2つ折り

Table 1 Recipe for sardine hamburger

Material	Quantity (g)
Minced sardine meat	100
Salt	1.2
Vegetable protein	10
Diced onion	20
Sugar	3
Black pepper	0.1

にして除々に亀裂が入る, 2点: 2つ折りにしてすぐに亀裂が入る, 1点: 指で押すと崩れる。

8. イワシハンバーグの調製および物性値の測定

イワシハンバーグは Table 1 に示す材料割合で調製した。全材料をフードミキサーで混合し、混合物から物性測定用と試食用の2種類の試料を調製した。物性測定用はカマボコゲルと同様にステンレス容器に詰めて87±3°Cで30分間加熱した。試食用は通常のハンバーグ(約8×6 cm 楕円形, 厚さ約2 cm)の形にして家庭用のホットプレートで加熱して調理した。

このハンバーグの物性をカマボコゲルと同様に破断力、破断凹み、ゼリー強度、軟らかさから評価を行った。

結 果

1. 落し身からの脂肪除去における減圧処理の効果

減圧処理を行った場合の落し身中に含まれる粗脂肪量

の変化を Table 2 に示す。粗脂肪量は減圧処理によって、12.6% から 8.0% に減少した。

2. 水分, pH, および筋原繊維タンパク質の遊離に対する減圧処理の効果

水分, pH および筋原繊維タンパク質の溶解度について、減圧処理の効果を検討すると同時に、処理後のこれらの変化を調べた。比較は減圧処理落し身と蒸留水だけ(蒸留水に懸濁液)で減圧したもの、および Control で

行った。なお、Control とは、落し身を等量の蒸留水中に懸濁させた後、水分を遠心分離で除去したものである。Table 3 に水分, pH の測定結果を示す。減圧処理後、水分は 73% で原料のそれよりも高かった。減圧処理したものの pH は 7.2 と Control および蒸留水だけのもののそれより、当然ながら高かったが、貯蔵 6 日後にわずかに低下した。

筋原繊維タンパク質の溶解度も Table 4 に示すとおり

Table 2 Removal of fat from minced sardine meat by reduced pressure

	Untreated minced meat	Minced meat stood <i>in vacuo</i> in	
		Water	Water containing $\text{NaHCO}_3 + \text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$
Crude fat content (%)	12.6	12.2	8.0

Table 3 Moisture and pH of minced sardine meat after vacuum treatment

	Storage at 5°C (day)	Control*	Minced meat stood <i>in vacuo</i> in	
			Water	Water containing $\text{NaHCO}_3 + \text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$
Moisture (%)		66.1	67.1	73.0
pH	0	5.95	5.95	7.20
	6	5.87	5.70	6.84

* Control: Minced sardine meat which was briefly washed with water and removed excess aqueous layer

Table 4 The amount of extractable nitrogenous compounds, and extractability of water- and salt-soluble proteins and solubility of myofibrillar protein (Mf) in the vacuum treated minced sardine meat

	Storage at 5°C (day)	Control*	Minced meat stood <i>in vacuo</i> in	
			Water	Water containing $\text{NaHCO}_3 + \text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$
Total extractable nitrogenous compounds*		3 290	3 018	2 751
Extractive nitrogenous compounds*		377	126	110
Water-soluble protein*		836	517	348
Salt-soluble protein*	0	1 684	1 841	1 906
	6	684	817	915
Solubility of Mf (%)	0	85.1(100)	79.7(100)	90.2(100)
	6	34.5(41)	35.4(44)	43.3(48)

(): percentage against the figure at 0 day

* mgN/100 g minced meat

** Control: Minced sardine meat which was briefly washed with water and removed excess aqueous layer

り、減圧処理によって上昇した。また0日、6日ともに減圧処理した落し身は通常の落し身に比べ高い値を示した。

3. 減圧処理落し身を材料としたカマボコゲルの物性

減圧処理した落し身のゲル形成能を調べる目的で、Fig. 2 に示した条件で減圧処理した落し身を材料としてカマボコゲルを調製し、その物性を未処理落し身（通常の落し身）から同様に調製したカマボコゲルのそれと比較した。その結果、Table 5 に示すように減圧処理落し身からのゲルは、未処理のものに比べ坐り工程を入れない場合は、破断力、破断凹み、ゼリー強度の値は小さく、軟らかさは同程度であったが、折り曲げ試験値は高かった。一方、坐り工程を入れた場合には、破断凹み、ゼリー強度、軟らかさの値が小さいが、破断力と折り曲げ試験値は高かった。これらの結果は、減圧処理落し身は軟らかでしなやかなゲルになることを示すものであるが、ゲル形成能そのものの増強を示す物性値は得られなかった。

4. 減圧処理落し身を材料としたイワシハンバーグの物性

加工適性を知る目的で、落し身の利用形態としてもっとも普通であるハンバーグを調製して、その性状を調べた。結果は Table 6 に示すように減圧処理済落し身を材料としたハンバーグは通常の落し身（未処理）のそれと比較して、ゼリー強度は明らかに高かった。処理後貯蔵しないものからのハンバーグは比較的軟らかであったが、貯蔵後（6日）の落し身からのものでは、未処理のものそれと変わらなかった。

考 察

魚肉を筋原繊維レベルに微細化して減圧晒しを行うと、マイワシの場合、98%以上の脂肪を取り除くことができるといわれている⁷⁾。本研究において、落し身を減圧処理したときは脂肪除去率は約35%と低かった。一般に赤身魚類の脂肪にはEPA、DHAなどの健康性成分が豊富であるから¹⁾、脂肪をほとんど完全に除去するのはかえって不合理である。しかし、どの程度の除去率が適当かは、用途にもよるので、今後検討する必要がある。

Table 5 Physical properties of the "Kamaboko" gels prepared from minced sardine meat

	Non-treated minced meat		Vacuum treated minced meat	
	With setting*	Without setting	With setting*	Without setting
Breaking force (g)	327.5	271.5	395.5	21
Breaking dent (mm)	8.4	9.1	6.2	6.7
Jelly strength (g·cm)	273.0	245.0	243.0	141.0
Softness (cm/1 000 g)	2.6	3.4	1.6	3.1
Folding test	2	2	3	3

* Setting was made at 30±2°C for 60 min.

Table 6 Physical properties of the fish hamburger (stored at 5°C) prepared from vacuum treated minced sardine meat

	Storage (day)	Non-treated	Vacuum-treated
Breaking force (g)	0	266.0	255.0
	6	409.0	466.0
Breaking dent (mm)	0	7.1	14.4
	6	10.0	10.9
Jelly strength (g·cm)	0	188.0	374.0
	6	409.0	509.0
Softness (cm/1 000 g)	0	2.7	5.7
	6	2.4	2.3

また、今回行った減圧処理条件では呈味性のエキス成分をはじめとした水溶性窒素が 1/3 程度まで減少していた (Table 4) が、すり身製造の際の水晒し肉と比較して、多く保持されていることは確かである。

重曹の添加は落し身の pH を減圧処理直後には 7 付近に安定に保ち、また、重曹の添加によって落し身がわずかに膨潤したことが認められた。

テクスチャー、保水性、ゲル形成能などの肉としての性質は主に筋原繊維中のタンパク質の状態に依存する。減圧処理はこのタンパク質の遊離を容易にする (SPP の作用) のものと考えられた。しかし、5℃、6 日間貯蔵後の変性度合いを溶解度で比較した結果 (Table 4) では、変性の抑制効果は認められなかった。

本文中にデータは載せなかったが、赤身魚類でしばしば問題となるヒスタミン (落し身調製直後は検出されなかった) は貯蔵 (0℃) 6 日目に、未処理の落し身では、0.147 mg/100 g 検出されたが、減圧処理落し身では検出されなかった。また、脂肪の多い魚肉の鮮度低下に伴って発生する臭気成分の一つであるイソ吉草酸アルデヒド¹²⁾の生成が、落し身の貯蔵中にみられた。この生成は、減圧処理落し身では未処理のそれに比べ少なかった。

減圧処理落し身の食品素材としての適性を調べるために、カマボコゲルとイワシハンバーグを調製し、物性等を調べた。カマボコゲルでは未処理の落し身を原料としたそれに比べ、“坐り”を入れないときは、弾力が弱かったが、“坐り”を入れたものではゼリー強度は低いが破断応力と折り曲げテストの評点が高かった。このことから硬くて崩れにくいゲル、すなわちなやかなゲルが得られたものと考えられた。ねり製品の素材として用いるときは、2 段加熱を行うことにより、硬くて崩れにくいテクスチャーを有する製品が得られると考えられる。ハンバーグについては、未処理落し身を材料とした時と異なり、加熱前に坐りか進むことが観察された。この理由については不明であり、今後検討したい。加熱後 (87℃の湯浴中、30 分) のハンバーグはカマボコゲルとは異なり、ゼリー強度が強くかつ軟らかさの値が高かった。減圧処理落し身から調製したハンバーグの貯蔵中 (5℃、6 日間) の物性変化は、未処理落し身のそれとはほとんど同じで、両者ともにゲル強度が高くなっていた (Table 6)。また減圧処理落し身からのハンバーグは、魚臭さのないあっさりした味で、畜肉のハンバーグとカマボコ様ゲルの中間的なテクスチャーであった。以上の結果から、ハンバーグ等の肉だんご様の食品の素材とし

ての使用を考えると、魚臭さのない、ソフトなテクスチャーの食品ができると考えられる。さらに、このハンバーグを -40℃ で 1 カ月凍結保存した。その結果、未処理落し身を材料としたものでは味、臭い、テクスチャーの劣化が起こるのに対して、この落し身を材料としたものでは、これらが安定に保たれた。

本研究において実施した減圧処理の特徴は、できるだけ少量の添加水中での脱脂・脱臭を行うことにあり、それにより、エキスの流失を少なくすることである。処理された落し身は加熱により従来にないソフトなテクスチャーを与え、新しい食品素材としても有効であると考えられる。

要 約

マイワシから高品質の落し身を製造することを目的として、赤身魚のすり身の品質改善のために導入された減圧晒しを落し身製造に適用することを試みた。落し身に等量の 0.6% 重曹 - 0.6% ピロリン酸ナトリウム水溶液を混合して 10 mmHg の減圧下に 20 分間置いた後、常圧にもどし、遊離した脂肪および過剰の水分を遠心分離で除去した (この処理を減圧処理と呼ぶ)。この 1 回の操作で、原料中の脂肪の 35% を除くことができた。減圧処理した落し身は貯蔵 (5℃、6 日間) 後も水分、pH、筋原繊維タンパク質の溶解度がよく保たれた。また、この落し身を材料としたハンバーグはあっさりした味で魚臭もほとんどなく、カマボコとハンバーグの中間的なテクスチャーであった。

機器分析手法について種々ご教示いただいた東京水産大学嶋倉邦嘉博士、また、魚肉ハンバーグに関する情報と植物タンパク素材を御提供いただいた (株) フジフレッシュフーズ研究開発部川崎正之部長に厚く感謝します。

文 献

- 1) 西元諄一・羽田野六男・佐藤 守・秦 正弘：魚肉の栄養成分とその利用、竹内昌昭編 (恒星社厚生閣、東京)、p. 9 (1990)。
- 2) 堀口辰司・田口 武・吉川征四郎・鈴木たね子：東京水産大学第 14 回公開講座、イワシとその利用、外山健三編 (成山堂書店、東京)、p. 87 (1989)。
- 3) 水産庁研究部研究課編：昭和 58 年度多獲性赤身魚の高度利用技術開発水産加工廃棄物等利用技術開発研究成果の概要、p. 11 (1983)。
- 4) NAKAYAMA, T., KASHIWAGI, Y., KANO, S. and

- Niwa, E., Nippon Suisan Gakkaishi, 54, 123 (1988).
- 5) 野中道夫・平田史生・佐伯宏樹, 笹本泰彦, 日水誌, 55, 1575 (1989).
- 6) 三輪利勝・志水 寛・尾藤方通: 多獲性赤身魚の有効利用, 日本水産学会編 (恒星社恒星閣, 東京), p. 76 (1981).
- 7) 西岡不二男, 冷凍, 68, 1306 (1992).
- 8) 堤 忠一: 加熱乾燥法, 「第2版食品分析ハンドブック」, 小原哲二郎・鈴木隆雄・岩雄裕之編 (健帛社, 東京), p. 17 (1972).
- 9) 堤 忠一・平 宏和: 粗脂肪の定量, 「第2版食品分析ハンドブック」, 小原哲二郎・鈴木隆雄・岩雄裕之編 (健帛社, 東京), p. 129 (1972).
- 10) 堤 忠一・平 宏和: 窒素定量法, 「第2版食品分析ハンドブック」, 小原哲二郎・鈴木隆雄・岩雄裕之編 (健帛社, 東京), p. 35 (1972).
- 11) 西岡不二男: 冷凍すり身の品質評価基準 (日本水産学会水産利用懇話会), 日水誌, 60, 281 (1994).
- 12) 吉中禮二: 魚介類の微量成分, その生化学と食品化学, 池田静徳編 (恒星社厚生閣, 東京), p. 110 (1981).

(平成7年9月29日受理)