オキアミの煮熟処理によるたん白質の損失防止 および自己消化の防止†

桑 野 和 民, 大 沢 良 子, 関 山 教 子
津久井 亜紀夫, 三田村 敏 男
東京家政学院短期大学栄養研究室

Boiling Process for the Prevention of the Loss and Autolysis of Protein from Antarctic Krill (*Euphausia superba*)

Kazutami KUWANO, Yoshiko OSAWA, Noriko SEKIYAMA,
Akio TUKUI, Toshio MITAMURA
*Laboratory of Nutrition, Tokyo Kasei Gakuin Junior College, Sanban-cho,
Chiyoda-ku, Tokyo*

An experiment was carried out to find out an better conditions for processing of krill (Okiami) as a food material. The following results were obtained: (1) An amount of soluble protein was 67% of that of the total protein in intact krill. When this was boiled for 5 minutes in a 3% NaCl solution which corresponded to sea water, the soluble protein amount was reduced down to 20%. (2) A gel filtration study using Sephadex G-25 showed that, as a result of the boiling, low-molecular peptides and free amino acids were increased and 0.1 M phosphate (pH 7.6)-extractable proteins were decreased. (3) It was also found that the krill proteins were denatured by the boiling treatment and got rid of the autolysis. These results suggest that the boiling process is necessary before freezing on board in order to preserve the krill protein in a better condition.

(Received November 25, 1974)

世界的な食糧不足が目前にせまっている昨今、これからの食糧源を求めて、海洋資源の研究開発が進められている。その中で最も注目を集めているものの一つに、オキアミがある。オキアミの開発は、ソ連が先駆者で、1961年に試験操業が行なわれ、現在ではチーズに混ぜたペースト等も市販されている。日本では、1972年から海洋水産資源開発センターにより研究が進められているが、本格的な操業や製品化には至っていない。

製品化の遅れている原因として、嗜好的なもののほかに、可食化、保存上に次のような問題点のあることがあげられている。1) エビに比べて小形であり甲殻が30%もある。2) そのままの状態でも食用可能であるが、サクラエビの需要から見ても、大量消費には向かない。3) 鮮度低下、自己消化が速い。4) 可溶性のたん白質が多いため、凍結製品の解凍時にドリップへの移行が多い。5) チロシナーゼ様酵素により黒変することがある¹⁾。

われわれは、上記の3)~5)に着目し、食品原料として

のオキアミを、より良い状態で安定に保存するために、1972年の試験操業時に行なわれ、成果が認められている船上での凍結前の煮熟処理²⁾について、実験的に基礎的な検討を加えた。その結果、煮熟処理によるたん白質の変性(不溶化)ならびに、自己消化によるたん白質可溶化の防止について、若干の知見がえられたので報告する。

実 験 方 法

1. 実験材料

1973~1974年にかけての試験操業時、南氷洋で漁獲されたオキアミ 12.5 kg 凍結ブロックを約 10 cm 角に切断し、-20°C 以下のストッカーに保存して置き、できるだけすみやかに実験に使用した。

2. 体型の測定

凍結ブロックを解凍し、少量の冷水で洗浄後、無作為に200尾を選び、体重を測定した。体長別に3~4 cm, 4~5 cm, 5~6 cm の3段階に分け、全重量と尾数から、それぞれの平均体重を算出した。

3. 一般成分の分析

一般成分の分析は、試料を凍結乾燥後粉碎し、38メッシュのふるいを通して以下に行なった。

† オキアミの煮熟処理について (第1報)

On the Boiling Process of the Antarctic Krill
Euphausia superba (Part I)

水分：常圧乾燥法，また簡易的に，ケット赤外線水分計も使用した。生試料の水分は，凍結乾燥前後の重量の差から求めた。

粗たん白質：ケルダール法で窒素を定量し，6.25 を乗じた。

粗脂肪：ソックスレー抽出器を用い，16 時間エーテルで抽出した。

粗灰分：550～600°C の電気炉中で灰化した。

可溶性窒素物：100% から上記の 4 項目の値を差し引いた。

4. 煮熟処理法

凍結ブロックを解凍後，50 g 秤取し，ステンレス製の金網（約 20 メッシュ）に入れ，沸騰した 20 倍量の 3% 食塩水（船上では真水の使用に制限があるので，海水での煮熟処理が望まれる。そこで本実験では 3% 食塩水を使用した）中で，1～15 分間煮熟処理を行なった。2 分間の水切後，ピーカーに移し，30 分間ファンにより強制的に風冷し，以下の試験に使用した。

5. 変性（不溶化）たん白質の測定

煮熟処理しないオキアミ，および各一定時間煮熟処理を行なったオキアミを，それぞれ 10 g 秤取し，純水 30 ml を加え，2 分間ホモジナイズを行ない，ホモジネイトを一定量とした。遠心分離（3500 rpm 15 分）後，東洋濾紙 No. 3 で濾過し，得られた濾液の可溶性窒素（以下 S-N とする）を測定し，全窒素（以下 T-N とする）から S-N を差し引き，不溶性窒素を求め，変性（不溶化）たん白質量とした。

6. 自己消化試験

各オキアミ 20 g を秤取し，Sørensen リン酸緩衝液（pH 7.6）を 60 ml 加え 2 分間ホモジナイズ後，二つにわけ，半量を 50 ml 容プラスチック遠沈管に入れ，45°C で 4 時間自己消化させた³⁾。自己消化後，およびホモジネイトの残り半量は，前項同様一定量としたのち遠心分離，濾過を行なった。濾液について窒素を定量し，これを緩衝液抽出窒素（以下 Sb-N とする）とし，さらにホルモール態窒素（以下 F-N とする）の分析を行なった。

7. Sephadex G-25 によるゲル濾過

Sephadex G-25 を常法により膨潤，脱気後内径 3 cm のカラムに充填し，3×50 cm のゲルベットを作製した。

Table 1. Body sizes of the antarctic krill.

Length (cm)	Average weight (g)	Ratio (%)
3—4	0.53	4.0
4—5	0.90	63.5
5—6	1.12	32.5

先のリン酸緩衝液を用い十分に平衡化を行なったのち，自己消化前後における抽出液を希釈（1 ml 当たり，1 mg の窒素を含有）し，3 ml 添加した。溶出は，マリオートビンを使用し，40 ml/hr の速度で溶出を行なった。溶出液を 5 ml ずつ分取したあと，280 mμ の吸光度を測定した。

実験結果

1. 体型

Table 1 に示したとおり，実験に使用した凍結ブロックは，体長 4～5 cm，平均体重 0.90 g を有する中型のオキアミを 63.5% 含むものであり，オキアミ以外の夾雑物の存在は認められなかった。

2. 一般成分

Table 2 に示したように，粗たん白質 13.3%，粗脂肪 2.5% を含んでおり，現在までに報告されている他の文献値⁴⁾ と大差はなかった。

3. 煮熟処理によるたん白質の変性（不溶化）

煮熟処理しないオキアミでは，全たん白質中不溶性のたん白質が 33.0% であり，多くの可溶性たん白質を含んでいた。しかし Fig. 1 に示したとおり，煮熟処理およびその時間を長くするにつれ，不溶性たん白質画分が多くなり，5 分間の煮熟処理では 78.2% が不溶性となった。その後，時間を長くしても，ほとんど不溶化は進行せず，10 分，15 分の処理で，それぞれ 80.6%，80.5% であった。

4. 自己消化試験

Fig. 2 に自己消化前後における T-N に対する Sb-N，および F-N の割合を示した。煮熟処理しないオキアミの Sb-N は 72.1% であり，純水で抽出した画分より 5.1% 多かった。また，煮熟処理しないオキアミを自己消化させると，抽出率は 78.6% にまで上昇し，不溶

Table 2. Chemical composition of the antarctic krill.

Moisture	Crude protein	Crude fat	Crude ash	N.F.E.*
79.6	13.3	2.5	2.8	1.8

* nitrogen free extract.

Fig. 1. Relationship between denaturation and boiling time.

Fig. 2. Ratios of Sb-N and F-N to T-N before and after autolysis.

Ratios of 1/10 M phosphate buffer (pH 7.6) soluble nitrogen (Sb-N) and folmol-titration nitrogen (F-N) to total nitrogen (T-N) of the krill before and after autolysis.

before autolysis	after autolysis
—●— Sb-N	○..... Sb-N
—▲— F-N	△..... F-N

性の画分が、可溶化されたことがわかった。F-N は、自己消化前には 13.2% だったが、自己消化後には 37.3% に増加し、たん白質が分子量の小さなペプチドや、アミノ酸に加水分解されていることが認められた。2 分間の煮熟処理を行なったものを自己消化させると、Sb-N が約 2% 多くなり、F-N の上昇もわずかであることが認められた。

5. Sephadex G-25 によるゲル濾過パターン

Fig. 3-(A) に示したパターンは、煮熟処理をしないオキアミの自己消化前後における緩衝液抽出液を、Sephadex G-25 に通した際の 280 mμ での吸収曲線である。自己消化後には分子量の大きいもののピークが低くなり、分子量の小さなもののピークが高くなった。

Fig. 3. Gel filtration patterns of buffer extracts from the krill on Sephadex G-25.

Sample solutions were extracted by 1/10 M phosphate buffer solution (pH 7.6) from boiled and unboiled krill. These solutions were diluted to 1 mg-nitrogen per 1 ml with the same buffer. 3 ml of diluted solution was added to a column (3×50 cm) of Sephadex G-25 equilibrated with the same buffer, and elution was carried out with the same buffer at a flow rate of 40 ml per hour.

(A) unboiled: — before autolysis, after autolysis.

(B) boiled for 5 min: — before autolysis.

Fig. 3-(B) に示したのは、5 分間煮熟処理後の緩衝液抽出液のゲル濾過パターンで、第 1 のピークが極端に低くなっており、たん白質が熱変性を受け不溶性となり、抽出されにくくなっていることを示した。なお、同じ煮熟処理をしたのち、自己消化を行なったもののゲル濾過パターンは、自己消化前のそれと、ほとんど差は認められなかった。

考 察

煮熟処理の温度については、90°C 前後の温度で行なった場合、オキアミの中心温度の上昇が遅れ、各酵素群の最適温度付近に肉質がさらされている時間が長くなり、自己消化が進行することも考えられる。さらに、たん白質の変性も遅れることが必至であることから、本試験における温度は沸騰した 3% 食塩水（海水）中とした。

上記条件でオキアミを煮熟処理していくと、全たん白質中 67% 含まれていた可溶性たん白質画分が、熱変性し不溶化が進み、可溶性画分が約 20% にまで減少した。抽出された画分についても、Fig. 2 の Sb-N と F-N の比較ならびに Sephadex G-25 を用いたゲル濾過パタ

ーン (Fig. 3-B) から、分子の大きいたん白質が抽出されにくくなっていることがわかる。さらに自己消化の防止にもつながることから、煮熟処理がオキアミのたん白質の損失を防止する方法として適していることが認められた。このことは、築瀬氏の報告²⁾による解凍時に出るドリップ中のたん白質量が、煮熟処理後凍結したもののほうが、生凍結品のそれよりも半分以下になっている点と一致している。また栄養成分がドリップとして体外に溶失することは、食品の価値の低下とともに、解凍が陸上で行なわれた場合には、廃水処理の問題からも不利である。このようなことから、漁獲後ただちに船上で煮熟処理したあとに、凍結した製品の優位性が考えられる。

要 約

食品原料としてのオキアミを、より良い状態で有効的に保存、利用する目的でたん白質の溶失防止、および自己消化の防止について、海水での煮熟処理との関連性を試験し、次の結果が考えられた。

1) オキアミを沸騰している3%食塩水（海水）中で煮熟処理を行なうと、数分間の処理で、たん白質の約80%が不溶性となり、抽出されにくくなっていることが認められた。

2) 煮熟処理したオキアミから抽出されてくる画分の

なかには、Sb-N と F-N との比較、Sephadex G-25 によるゲル濾過パターンから、分子の大きいたん白質は少なく、低分子のペプチド、アミノ酸等が多く含まれていることが認められた。したがって煮熟処理後凍結したものでは、解凍する際にドリップ中へのたん白質の移行が大きく減少するものと考えられる。

3) 自己消化試験を行なったところ、たん白質の抽出率が約6%上昇し、F-N の測定等から、たん白質が低分子のペプチドやアミノ酸に加水分解されていることがわかった。また煮熟処理は、自己消化の防止にも十分に役立った。

以上のことから、船上における煮熟処理は、凍結前の処理として良い方法であると考えられる。

終りに、本実験の試料を提供していただいた株式会社極洋の関係者の方々、ならびに東海水産機械株式会社の大越氏に深く感謝いたします。

文 献

- 1) 築瀬正明：極地，8，(2)13 (1972)
- 2) 築瀬正明：東海水研報，77，97 (1974)
- 3) 築瀬正明：東海水研報，65，59 (1971)
- 4) 衣巻豊輔：食の化学，11，74 (1973)

(昭和49年11月25日受理)