

## 加熱変性法を利用した,多孔質オキアミたんぱく質濃縮物(P-KPC)の製造

誌名	日本水産學會誌
ISSN	00215392
著者	桑野, 和民 津久井, 亜紀夫 三田村, 敏男
巻/号	45巻1号
掲載ページ	p. 93-97
発行年月	1979年1月

## 加熱変性法を利用した、多孔質オキアミたんばく質濃縮物 (P-KPC) の製造<sup>\*1</sup>

桑野和民・津久井亜紀夫・三田村敏男

(1978年7月10日受理)

### Manufacture of Porous Antarctic Krill Protein Concentrate (P-KPC) by a Heat Denaturation Method

Kazutami KUWANO<sup>\*2</sup>, Akio TSUKUI<sup>\*2</sup>, and Toshio MITAMURA<sup>\*2</sup>

The porous antarctic krill protein concentrate (P-KPC) was manufactured from a frozen block of the antarctic krill by the following process (1-6). 1. The exskeleton was eliminated from the minced krill by centrifuging. 2. Sponge-like krill cake was prepared by a heat denaturation method (100°C, 30 min). 3. This was frozen (-40°C) and stored (-20°C). 4. The frozen krill cake was cut into 0.5-1 cm cubes. 5. The cubes were dehydrated and defatted by ethyl alcohol, and washed with *n*-hexane. 6. They were dried under a vacuum at 60°C. The yield of the P-KPC from 4,500 g of the krill was 364 g (8.09%). The chemical composition of the P-KPC was as follows: moisture, 5.15%; crude protein, 79.03%; crude fat, 0.20%; crude ash, 12.02%; nitrogen free extract, 3.60%. The P-KPC was immersed into 4 times its weight of hot water (80°C). The water-absorbed P-KPC could be mixed with minced meat food.

From the above results, it was found that more than 4,000 tons of the minced meat-like protein matter could be obtained by these processing steps from the 10,000 tons of antarctic krill.

オキアミ (*Euphausia superba*) は、トロール漁法により、操業期間内には船倉にあふれるほど漁獲されるようになった。1978年には、すでに2万tを越すオキアミが日本に陸揚げされている。そのほとんどが煮熟後凍結された製品で、200~300g入のバック詰めや、オキアミの風味を生かした冷凍食品、たとえば、シューマイ、ギョウザ等に加工され小売りされている。しかし、そうしたバック入惣菜や、風味を生かした冷凍食品の需要の伸びは、今後とも多くは望めない。そこで、現在大量消費に向く製品の開発が多方面から進められている。スリ身や、マリンビーフ<sup>1~4)</sup>への利用は、その代表的なものである。著者らは前報<sup>5)</sup>で、オキアミたんばく質濃縮物 (KPC) 製造の一方法を報告した。しかし、大量処理は可能と思われるが、魚肉たんばく濃縮物 (FPC) と同様、水になじみ難く、食品としての利用価値は少なかつた。

そこで我々は、歩留が良く、かつ利用しやすい KPC の製造法を確立すべくさらに開発を進めている。本報で

は、企業化も可能と思われる多孔質-KPC (P-KPC) 製造法の一方法並びに、同法で製造した P-KPC の化学成分等について報告する。

### 実験方法

**実験材料** オキアミ生凍結ブロックを日本陸揚後、ただちに -40°C のストッカーに入れ、約6カ月間保存したものを使用した。

**KPC の製造** 凍結ブロックをノコギリ並びにカッターを用いて約3cm角に切断し、-20°C のストッカー中に一夜保存し、切断ブロックの温度を上昇させた。-20°C の切断ブロックを、電動機付挽肉機を用いて2回磨砕し、得られたペーストを、ホーロータンクに入れ約40°Cの温水中で、+2°Cまで加温解凍した。

解凍したペースト4.50kgを、スキミングノズル付の、無孔壁型バスケット遠心分離機<sup>\*3)</sup>に入れ、3500×gで5分間遠心分離後、約5分間かけてスキミングを行い、甲殻の入らないペースト3.15kgを得た。

<sup>\*1</sup> オキアミのたんばく質濃縮物 (KPC) について-II (On the Antarctic Krill Protein Concentrate (KPC)-II).

<sup>\*2</sup> 東京家政学院短期大学栄養研究室 (Tokyo Kasei Gakuin Juhior College, 22 Sanban-cho, Chiyoda-ku, Tokyo, Japan).

<sup>\*3</sup> アサヒ製作所試験機 EX 1-12, 三相 200 V 2.2 kW, バスケット 4.5 l.

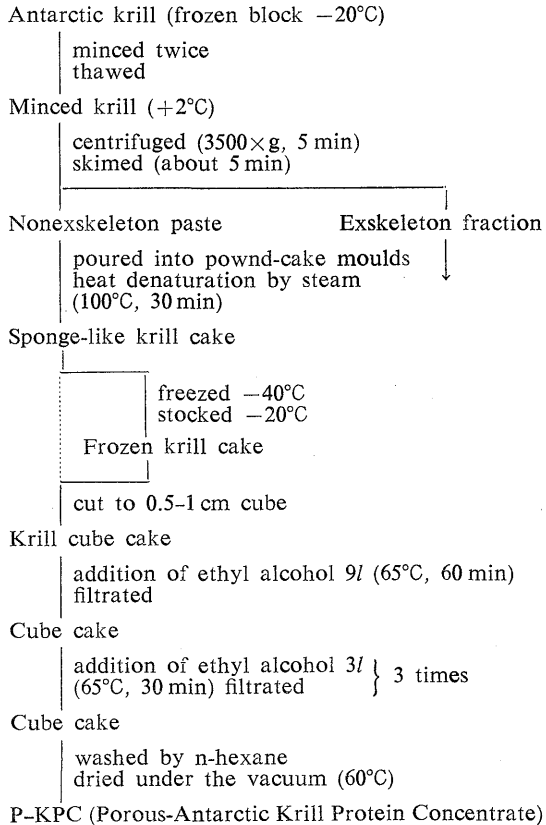


Fig. 1. Manufacture of the P-KPC

脱殻ペーストを、内面にパラフィン紙を敷いた容量約 1300 ml のパウンドケーキ型 4 個に分注し、100°C で 30 分間蒸煮した。この加熱処理により、脱殻ペーストはゲル化し、スポンジ状のケーキが形成された。

このオキアミケーキを放冷後、ビニルシートで密封し、-40°C のストッカーで凍結し保存した。

冷凍オキアミケーキを凍結状態のまま、カッターで約 0.5~1 cm 角に細断し、エチルアルコールを用い、4 回の脱脂脱水処理を行った。さらに残存脂肪を取り除くため、*n*-ヘキサンを用いて洗浄した。

その後、*n*-ヘキサンを除去乾燥し、P-KPC を得た。以上の製造工程を Fig. 1 に示した。

**化学成分の分析** 化学成分の分析は、すべて前報と同様に行った。ペプチド態窒素 (Pe-N) は、非たんぱく態窒素画分を、6N-HCl で加水分解した後、アミノ態窒素 (A-N) を測定し、加水分解前の A-N 量を差し引いて求めた。ヌクレオチド態窒素 (N-N) は、非たんぱく態窒素画分を、活性炭カラム<sup>6)</sup> を通し、ヌクレオチドを吸着させた後、非吸着画分を一定量としてケルダール法で窒素を測定し、カラム通過前の窒素量と、通過後の窒素量の差から求めた。

**水もどし並びに食品への添加** 本製造法による P-KPC に対して、3~5 倍量の水、または温水を加え、吸水並びにもどり状態を試験した。また、もどした KPC を挽肉に添加してハンバーグを作り、試食した。

### 実験結果および考察

**KPC の製造** 1. 脱殻工程 オキアミを船上処理するには、自己消化、黒変などが進行しない 2~4 時間内に行わなければならない<sup>7-8)</sup>。そのためには、大量処理が可能で、かつシンプルな装置が必要である。現在、オキアミから甲殻を取り除くには、ゴムローラーを用いた身取り機により行われているが、歩留が 15% 前後と低く、また、能力も小さいので、大量処理にはあまり向かない。我々は挽肉機と遠心分離機を用いることにより、甲殻をまったく含まないペーストを、70% の歩留で得ることに成功した。前報では加水磨砕と遠心分離を 3 回行って、甲殻を含まない溶液を得たが、数々の予備実験の結果、1 回の遠心分離で、十分に目的を達することができた。本実験に使用した遠心分離器は、3500×g が得られるが、実用的には、1000×g 程度のものでも、分離時間を長くすることにより、脱殻は可能である。現在各方面で使用されている遠心分離機の中には、液の充填からスキミング、沈でん物のかき取りまで、完全に自動化されている装置があるので、挽肉機と遠心分離機を組み合わせることにより、連続的かつ大量に甲殻を除くことが可能である。

2. 加熱凝固工程 脱殻後は速やかに加熱処理する必要がある。脱殻後、3 時間以上経過したペーストは、加熱してもうまくゲル化せず、歩留も大きく低下した。

この工程により、ペーストはスポンジ状となる。これは、加熱処理により、ペースト中に気泡が生じると同時に、たんぱく質がゲル化凝縮する時、保持しきれなくなった水分が多く空間を造り、スポンジ状のオキアミケーキを形成するものと考えられる。

本製造法における加熱処理は、蒸煮により行つたが、実際には、容器を連続的に沸とう水中を通し加熱する方法、さらに装置の開発によつては、マイクロ波加熱が良いのではないかと考えられる。加熱時間は、予備実験により決定した。ペーストの中心温度が約 90°C になつた時点から 5~10 分でゲル化は終了し、それ以上加熱しても不溶化は進行しなかつた。このことから、本製造では、ペースト中心温度が約 90°C に上昇するのに、15~20 分必要としたので、30 分とした。実用的には、容器の大きさ、熱効率、ペーストの厚さ等を適度にすれば、10~15 分の加熱処理で良いと考えられる。容器は幅×奥行×深さ=550×50×150 mm のものを使用し、深さの 1/3 すなわち 50 mm までペーストを入れて加熱ゲル

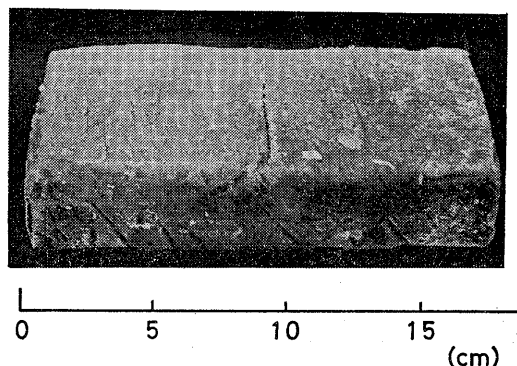


Fig. 2. Frozen Krill Cake.

化すれば、550×50×50 mm の拍子木状のケーキが得られるので、1枚の冷凍パンに、7本入れることが出来る。また、内面はテフロンコーティングしておけば、ケーキの取り出しはスムーズに行き、自動化も容易であると考えられる。

3. 冷凍工程 オキアミケーキの冷凍は、室温放冷後、-40°C のストッカーで行った。船上では、真空冷却等で速やかに冷却後、コンタクトフリーザー等で行うと良いが、冷凍時に、ケーキをビニルシートで被い、冷凍保存中の脂肪の酸化を防ぐ必要がある。このことはKPCの品質保持、ならびにオキアミ油利用の面からも重要である。この冷凍工程は、まったく行わなくてもKPCは製造出来る。しかし、船上で、以下のアルコール処理工程を行うことは、設備スペース、安全の面から不利となる。そこで、ケーキを冷凍し、陸上で以下の処理を行えば、船上での諸問題は容易に解決出来る。さらに、漁獲期間中に漁獲したオキアミすべてを処理しなくても、1年間をかけて処理することが出来るので、処理設備を小さく出来、かつ空期間なしに運転することが出来る。このことは、製品価格に大きく影響するものと考えられる。Fig. 2 に冷凍オキアミケーキを示した。

4. 脱脂脱水工程 冷凍オキアミケーキを細断後、計4回のエチルアルコール処理 (65°C)<sup>9)</sup> を行い、脱脂脱水した後、残存している脂肪を *n*-ヘキサンで抽出洗浄した。この洗浄は、エチルアルコールを用いても良いが、溶媒を回収利用する時に、約 78°C の沸点のものより、約 69°C の沸点のものの方がコスト的に良いのではないかと考え、*n*-ヘキサンを使用した。しかし、企業化時に、大豆等から食用油脂を抽出する抽出機等を用いて、連続的に処理すれば、エチルアルコール使用量も減ると考えられるので、どちらが有利であるかは、パイロットプラント等で、多くの実績を上げなければならないと考えられる。

5. 脱溶媒乾燥工程 脱脂脱水された細断オキアミケ

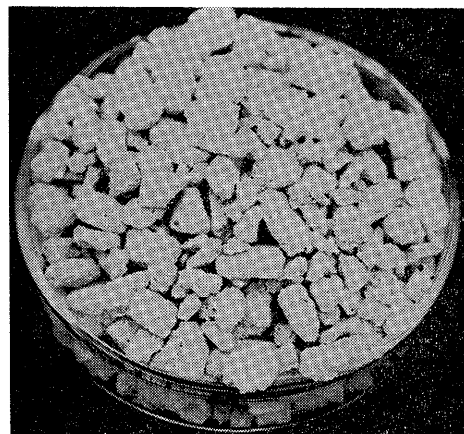


Fig. 3. Porous-Antarctic Krill Protein Concentrate (P-KPC).

Table 1. Yield of the P-KPC

	Yield (kg)	Yield (%)	Crude Protein (%)	Nitrogen Yield (%)
Antractic krill	4.50	100	12.53	100
Nonexskeleton Paste	3.15	70.0	12.60	70.4
Krill Cake	2.90	64.4	13.69	70.4
P-KPC	0.364	8.09	79.03	51.0

ーキから加熱減圧乾燥はより、*n*-ヘキサンを除去乾燥した。この工程も、企業化時にエチルアルコールだけで処理出来るならば、溶媒除去のために、高度の減圧を行わなくとも、食品衛生上の問題はなくなるものと考えられる。

P-KPC の歩留ならびに化学成分 本製造法で得られた KPC の外観は、Fig. 3 に示したように軽石を細かく切つたようであり、ほとんど匂いは感じられなかつた。

歩留は、Table 1 に示したように、8.09% であり、たんぱく質歩留は、51.0% であつた。

また、Fig. 4 に窒素収率を示した。図のように原料にしたオキアミ凍結ブロック中の、全窒素 (T-N) を 100 とすると、たんぱく態窒素 (P-N): 72.0%, Pe-N: 7.34%, A-N: 8.09%, N-N: 10.4%, その他、2.14% で、P-N, Pe-N, A-N の合計は、87.4% であつた。脱殻することにより、T-N の収率は 70.4% となつたが、水溶性窒素 (S-N) の収率は 94.4% であつた。S-N 中の、成分比率は、原料のそれと、ほとんど変らなかつた。この脱殻ペーストを加熱すると、水溶性たんぱく態窒素 (SP-N) の 89.8% が不溶化した。少量の水で抽出した水溶性画分を、再加熱したが、不溶化は起らなかつたので、加熱時間は十分であつたことがわかつた。このこ

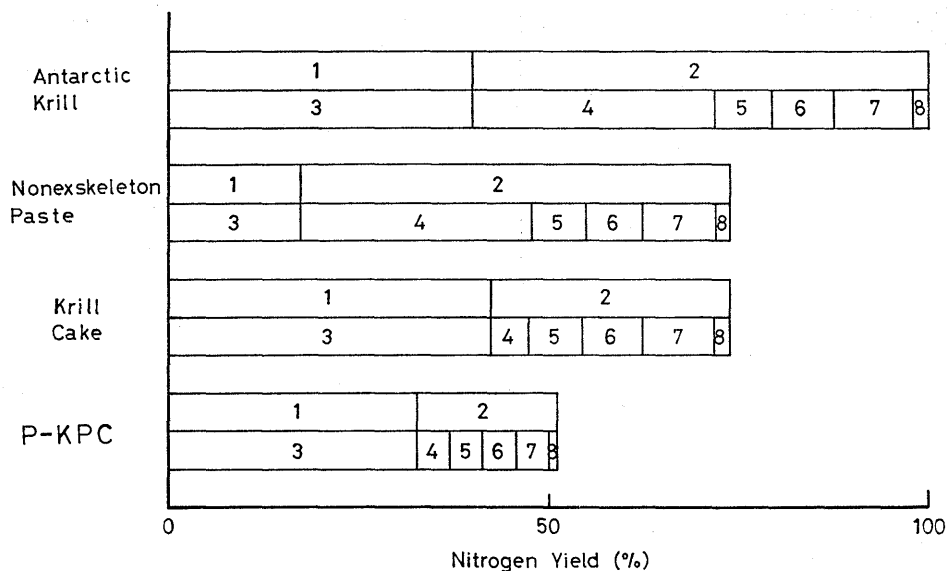


Fig. 4. Nitrogen (N) yield in each production process.

1, Water-insoluble N; 2, Water-soluble N; 3, Water-insoluble protein-N; 4, Water-soluble protein-N; 5, Peptide-N; 6, Amino-N; 7, Nucleotide-N; 8, Other-N.

Table 2. Chemical composition of the P-KPC (%)

Moisture	5.15
Crude Protein* <sup>1</sup>	79.03
Total-nitrogen (N)	12.64 (100 )
Protein-N	9.16 ( 72.5)
Peptide-N	0.93 ( 7.33)
Amino-N	1.11 ( 8.82)
Nucleotide-N	1.25 ( 9.88)
Other-N	0.19 ( 1.47)
Crude Fat	0.20
Crude Ash	12.02
N.F.E.* <sup>2</sup>	3.60

\*<sup>1</sup> Total-nitrogen  $\times$  6.25.

\*<sup>2</sup> Nitrogen free extract.

とにより、オキアミたんぱく質の中には、加熱により不溶化しない画分が存在していることが示唆された。オキアミケーキを凍結保存後、エチルアルコール処理等を行って、P-KPCを製造したところ、窒素収率は、51.0%となつた。ここでの収率低下は、アルコール処理や、*n*-ヘキサン洗浄時に、スラッジとして、または、溶媒にけんだく、溶解して、各成分が減少したためと考えられる。水不溶性画分の減少は、オキアミケーキの同画分に対して21.9%であり、水溶性画分は、42.4%の減少であつた。本製造では、これらの成分の回収は行っていないが、溶媒からのオキアミ油回収と同様重要な要因であるので、今後検討を加える必要がある。

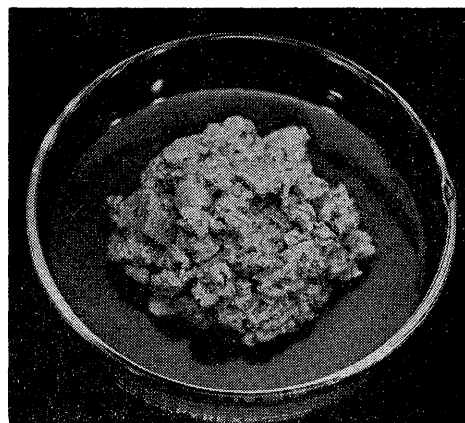


Fig. 5. Water-absorbed P-KPC.

Addition of hot water (80°C) of 4 times to the P-KPC.

P-KPCの化学成分は、Table 2のようであつた。粗たんぱく質は、79.03%であつたが、T-Nのうち、P-N, Pe-N, A-Nの合計は、88.65%であり、N-N, その他が、11.35%含まれていた。粗脂肪は、0.20%であつた。これは、*n*-ヘキサンでの洗浄を増せば、痕跡程度にまで低下させることが出来ると考えられる。粗灰分、可溶性無窒素物に対する細かな分析は行っていないが、オキアミ資源をより有効に利用するには、これらの内容の把握と共に、除去して、たんぱく質の相対濃度を上昇させるよりも、たんぱく質と共に利用する方向を考えた

方が、より良いのではないかと考えられる。

水もどし並びに食品への添加 P-KPC に対して、水または熱水 (80°C) を 3~5 倍量加えてのもどし試験では、熱水の方が比較的速くもどしが進行した。いずれにせよ、数分~十数分間で吸収は終了した。3 倍量加水では、加水不足でもどしきれなかつた。4 倍量加水では、P-KPC は完全に水にを含み、挽肉状となつた。5 倍量加水では、やわらかな状態となつたが、利用法によっては使用可能であると考えられる。Fig. 5 に 4 倍量加水でもどした P-KPC を示した。

4 倍量加水した P-KPC を牛挽肉に 50% 混入して作ったハンバーグは、違和感なく食べることが出来た。食品への添加については、スープでのもどし試験や、混入する食品の種類、添加量の試験、レオロジーの試験等を行いさらに検討をしなければならない。

本製造法による P-KPC は、歩留並びに加水試験から算出すると、1 万 t のオキアミから、挽肉に混入しうるたんばく素材として 4000 t 以上が得られることになる。鈴木氏は、マリンビーフの製造法を用い、オキアミから高品質のたんばく質濃縮物\*1を得ている。同法では、オキアミから身だけを取る身取り機の能力の問題や、歩留が約 3% となつてしまう等、オキアミを原料にするには、難があると考えられる。また、帝人(株)の開発した方法\*2は、魚体を処理し、スリ身とし、最大氷結晶生成帯を長時間かけて通過させ、多孔質化した冷凍スリ身を、細断、変性、脱脂して FPC を作るものである。この方法もマリンビーフと同じような点から、オキアミを原料とするには不向きであると考えられる。また、前者は、pH 調整のための重曹、アクトミオンを溶かすための食塩、後者は食塩を添加する必要があるが、本 P-KPC は、まったく添加物無しで製造することが出来る。この点も装置スペース等から、船上加工には良いと考えられる。

P-KPC 製造の陸上アルコール処理施設は、日本国内に置くと、輸送コストが高くなるので、南極洋に近い場所に基地を造れば、かなりのメリットがあると考えられる。

この先、P-KPC 利用法の試験と同時に、品質、歩留の向上、またコストの点についても、さらに検討を進めなければならない。

## 要 約

オキアミを原料として、水になじみ、利用しやすい、多孔質-オキアミたんばく質濃縮物 (P-KPC) を製造し、その化学成分分析、加水もどし試験、食品への添加試験を行い、以下の結果を得た。

1. オキアミをミンチし、遠心分離により甲殻を除き、得られた脱殻ペーストを蒸煮することにより、スポンジ状のオキアミケーキを製造した。このケーキを冷凍冷蔵後、細断、エチルアルコール処理、*n*-ヘキサンによる洗浄、脱溶媒乾燥して P-KPC を製造した。

2. P-KPC の歩留は、8.09% であり、たんばく質歩留は、51.0% であつた。

3. 化学成分は、水分 5.15%、たんばく質 79.03%、脂肪 0.20%、灰分 12.02%、可溶性無窒素物 3.60% であつた。

4. 水もどし試験の結果、4 倍量加水が適当であつた。また、水よりも熱水 (80°C) の方が、速やかにもどすことが出来た。

5. 4 倍加水もどし P-KPC を牛挽肉に 50% 混入して作ったハンバーグを試食したところ違和感なく食べることが出来た。

以上のように、本製造法による P-KPC は、4 倍量加水もどしを行うことにより、オキアミ 1 万 t から、挽肉状たんばく素材として、4 千 t 以上得られることがわかつた。

## 文 献

- 1) 鈴木たね子: ジャパンフードサイエンス, 15 (4), 68-73 (1976).
- 2) 鈴木たね子: 食品と科学, 19 (5), 81-83 (1977).
- 3) 鈴木たね子: 水産振興, 11 (8), 3-24 (1977).
- 4) 鈴木たね子: 食の科学, No. 37, 89-92 (1977).
- 5) 桑野和民, 三田村敏男: 日水誌, 43, 559-565 (1977).
- 6) 食品工学実験書下巻, 訂正第 2 版, 養賢堂, 東京, 1976, p. 221.
- 7) 築瀬正明: 極地, 8 (2), 13-18 (1972).
- 8) 木村 進: 化学と生物, 13, 432-441 (1975).
- 9) 後藤道生・太田静行: 総合食料工業 (桜井芳人, 斎藤道雄, 東 秀雄, 鈴木明治編) 恒星社厚生閣, 東京, 1970, p. 238.

\*1 鈴木たね子, 神名孝一, 渡辺武彦, 守田典子: 昭和 52 年度日本水産学会秋季大会講演旨集 p. 148 (1977).

\*2 特開昭 49-61359, 昭和 49. 6. 14 (1974).