

ホタテガイ副産物の有効資源化に関する研究

河野慎一*・岩下敦子*・清水英樹**・箕嶋裕典***

Studies on the Utilization of Scallop Waste

Shinichi KONO, Atsuko IWASHITA, Hideki SHIMIZU and Hironori MINOSHIMA

Besides shells, about eighty to ninety thousand tons of underutilized scallop byproducts (i. e. digestive glands, mantles, gonads, etc.) are discarded in Hokkaido. To utilize the scallop waste, we investigated the manufacturing process of scallop meal, which would be used as a fertilizer or feed.

The scallop waste contains a considerable amount of cadmium. Hokkaido Industrial Research Institute had developed a removal method for cadmium using dilute sulfuric acid. To prevent the oxidization of the fat, scallop waste should be sealed and preserved in the freezer for use as feed. When the scallop waste was processed into fertilizer, it could be temporarily preserved at room temperature in the dilute sulfuric acid.

The dehydration and defatting process was compared using a screwpress and an extruder. With the extruder, dehydration and defatting efficiencies were better than those with the screwpress. Either boiling and mashing the scallop waste before screwpress processing, or heating the axis of the screwpress had improved efficiencies of dehydration and defatting significantly.

We also analyzed the dried scallop meal after removal of cadmium, excess water, and excess fat. It had an acceptable quality as a fertilizer, but it needed to be mixed with other materials, which contained less fat, for use as feed.

Since scallop meal contains considerable amounts of unsaturated fatty acid, a low cost preserving method for the scallop meal, that prevents oxidization, should be developed.

ホタテガイの漁業生産は平成9年度で37万トン、552億円に達し、北海道水産業にとって主要な地位を占めている。しかし、一方では生産量の増大に伴って、加工の際に発生する残滓の処理という新たな問題が生じている。なお、本報で扱った残滓は、ホタテガイの貝柱及び貝殻を除いた、生殖巣(卵)、中腸腺(ウロ)、外套膜(ヒモ)などを含んだものを指し、これらをまとめて「軟体部」とした。

道内で排出される軟体部の量は年間8万トン～9万ト

ンと推定され、ほとんどが埋め立て処分されている。しかし、これらの廃棄物中にはカドミウムなどの重金属が含まれており、環境汚染が懸念されている。さらに、オホーツク海や噴火湾沿岸では悪臭の発生等により、用地の確保が年々困難になってきている。このため軟体部の処理は、その対策が社会的にも重大な問題となっている。

現在、埋め立て処分に代わる方法として焼却処理、炭化処理、消滅型発酵、肥料・飼料(家畜用)及び餌料(養魚用)としての有効利用、有用成分(DHA, EPA

* 北海道立食品加工研究センター (〒069-0836 北海道江別市文京台緑町589-4)

** 十勝圏地域食品加工技術センター (〒080-2462 北海道帯広市西22条北2丁目23-1)

*** 北海道立工業試験場 (〒060-0819 北海道札幌市北区北19条西11丁目)

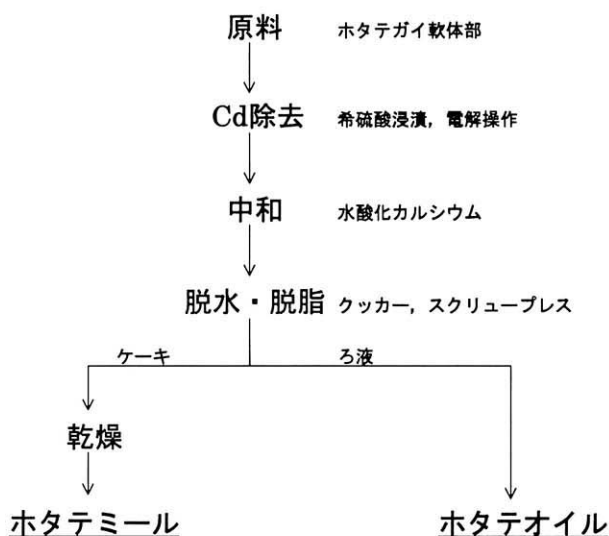


図1 ホタテミール及びホタテオイルの製造フロー

など)の抽出, 海洋還元などが検討及び一部実施されているが, いずれの方法にしても含まれるカドミウムを安全に処理して, 二次公害の発生を防止しなければならない。

ここでは, パイロットプラントを用い, 共同研究によって軟体部のカドミウム除去, 資源化工程, 製品の用途別評価といった一連の試験を行った。本報では, その中の資源化工程, すなわち, 脱カドミウム後の軟体部から, 乾燥品(ホタテミール)を製造する工程及び保存性について検討した結果を報告する。

実験方法

1. 供試材料

軟体部の保存試験で用いた原料は, 平成10年8月, 長万部町の加工工場が生じたものを用いた。ホタテミールの分析及び保存試験, ホタテオイルの分析で用いた原料

は, 平成9年10月, 伊達市の加工工場が生じたものを用いた。また, 脱脂試験の原料は平成8年8月, 猿払郡, 平成8年8月, 砂原町(中腸腺のみ)及び平成10年9月, 伊達市のそれぞれの加工工場が生じた軟体部を用いた。

2. 軟体部の保存試験

保存条件は冷凍-包装区, 冷凍-開放区, 希硫酸浸漬区の3試験区とし, 保存は5ヶ月間行った。

冷凍-包装区では, 軟体部をチャック付きポリ袋ユニパック(㈱生産日本社製)に詰めた後, 発泡スチロール製の箱に詰め, 冷凍庫で保存を行った。冷凍-開放区では, 軟体部を直接発砲スチロール製の箱に詰め, 冷凍庫に保存した。冷凍庫の温度は -20°C とした。

希硫酸浸漬区では, 希硫酸10 lに軟体部6 kgを浸漬させた。希硫酸の濃度は, 1% (v/v)とした。

3. ホタテミール及びホタテオイルの製造方法

ホタテミール及びホタテオイルの製造は, フィッシュミールの製造工程を参考にして行った。製造方法を図1に示した。

(1) 脱カドミウム, 中和工程

軟体部を1% (v/v)の希硫酸に浸漬し, カドミウムイオンを溶液中に浸出させた。続いて電圧を印可し, 陰極板上に析出させることで, カドミウムを除去した。

中和は, 水酸化カルシウムを軟体部に直接添加し, ミキサーにより攪拌混合する事により行った。

(2) 脱脂工程

クッカーで熱処理を行い, 原料から水及び脂質を遊離させた。クッカーは, パイロットプラント用に開発した連続式装置を用いた。処理温度は 90°C 以上, 滞留時間は約30分であった。続いて, スクリュープレスによって脱脂, 脱水を行った。この際, ろ液から脂質を回収しホタテオイルを得た。

表1 スクリュープレス実験条件

No.	原料形態	原料熱処理の有無	軸内スチーム kg/cm ² -G	原料処理量 kg/h	スクリュープレス仕様		
					型番	内径(mm)	長さ(mm)
1-1	ホール	×	×	15	HX-100	100	1000
1-2	ホール	×	×	24			
1-3	粉碎	×	×	15			
1-4	ホール	○	×	15			
2-1	ホール	×	×	100	SHX-200	200	2000
2-2	ホール	×	1.2	100			
2-3	粉碎	×	1.2	100			
2-4	粉碎	○	1.2	100			

(3) 乾燥工程

乾燥機は連続式で、パイロットプラント用に開発した乾燥機を用いた。ジャケット蒸気による加熱を行い、圧力は2 kg/cm²-Gであり、これは約120℃に相当する。滞留時間は約90分であり、水分が10WB%以下のホタテミールを得た。

4. 脱水・脱脂試験

(1) スクリュープレス法

実験条件を表1に示した。スクリュープレスはHX-100及びSHX-200（いずれも富国工業(株)製）を用いた。軟体部の粉碎は、フードカッター（(株)花木製作所製）を用い、約30秒間粉碎を行った。熱処理は湯浴中、90℃以上において約30分間行った。また、SHX-200ではスクリュー軸内にスチームの負荷が可能であり、併せて実験を行った。蒸気使用量は約12kg/h、圧力は1.2kg/cm²-G（123℃に相当）とした。

(2) エクストルーダ法

エクストルーダは神鋼テクノ(株)製 TCO-30を使用した。バレルはフィード側から加熱バレル、脱水バレル、加熱バレルと配置した。加熱バレルの温度は、100℃、180℃とした。原料処理量は15kg/h、スクリュー回転数は100 rpm とし、軟体部の形態はホールとした。

5. ホタテミールの保存試験

保存試験に用いたミールは、乾燥時に酸化防止剤として、エトキシキン300ppmを添加した。これを表2に示す各種の保存環境に置き、約5ヶ月間、品質評価を行った。

6. 分析方法

(1) 一般成分

水分は105℃、絶乾法により、粗タンパク質量はケルダール法によりそれぞれ求めた。

粗脂肪分はソックスレー抽出法により求めた。抽出溶

媒にジエチルエーテルを用い、抽出時間は16時間とした。なお、脱脂試験では、原料から水及び粗脂肪が除かれるため、粗脂肪分の表記を質量基準（WB%）や乾量基準（DB%）で示すと、脱脂効率を比較することが困難である。すなわち、脱脂試験の際、脱脂効率を比較するには、基準物質に対する脂質含量を求めることが必要となる。本報では、基準物質を全重量から水分、脂肪分を除いた固形重量とし、固形重量基準粗脂肪分を以下の式により求め、DS%として表記した。

$$R = (F/S) \times 100$$

ただし R (DS%) 固形重量基準粗脂肪分

F (g) 粗脂肪含量

S (g) 固形重量

(2) 油脂分析

測定項目はAV（酸価）・POV（過酸化物価）・COV（カルボニル価）・SV（ケン化価）とした。これらの分析は「基準油脂分析試験法」¹⁾ に準じて行った。

(3) VB-N（揮発性塩基窒素）

軟体部及びホタテミールのVB-Nは、コンウェイの拡散分析²⁾で測定を行った。

(4) 水溶性タンパク質量

軟体部の保存試験では、水溶性タンパク質量を測定した。測定はBradford法³⁾に準じて行った。

(5) 水素イオン濃度

軟体部の希硫酸浸漬保存では、溶液中の水素イオン濃度を測定した。測定はpHメーター（東亜電波工業(株)製、HM-50V）を用いた。

(6) ペプシン消化率

ホタテミールのペプシン消化率を測定した。測定は、AOCO法により求めた⁴⁾。

(7) 酸化防止剤含有量

ホタテミールの保存試験において、酸化防止剤含有量を測定した。測定は、メタノール抽出、ろ過を行い試料溶液とし、高速液体クロマトグラフにより測定を行った。高速液体クロマトグラフはSC-8020（東ソー(株)製）を用い、表3に示す条件で分析を行った。

表2 製品の保存方法

環境温度	包装形態	光の有無
室温	開放	—
室温	真空パック	—
室温	ビニール袋	—
室温	ビニール袋	光(窓際)
室温	ビニール袋	暗所
4℃	ビニール袋	暗所

※ビニール袋は(株)生産日本社製ユニパック（ポリエチレン製、チャック付）を用いた。

※真空パックは旭化成(株)製キューパック（ポリ塩化ビニル他製）を用いた。

表3 高速クロマトグラフの条件

検出器	蛍光検出器（励起波長 370nm, 蛍光波長 415nm）
カラム	TSKgel ODS-80TS（4.6mmID×25cm, 30℃）
容離液	アセトニトリル：水＝9：1
流速	0.5ml/min
注入量	10μl

表4 キャピラリーGCの分析の条件

カラム	SPELCO WAX 10(0.25mm×30m)
キャリアーガス	He
検出器	FID
カラム温度	190℃(30分保持)~230℃(30分保持)(2℃/分)
注入口温度	250℃
検出器温度	250℃
サンプル量	1 μl(Split ratio 1/50)

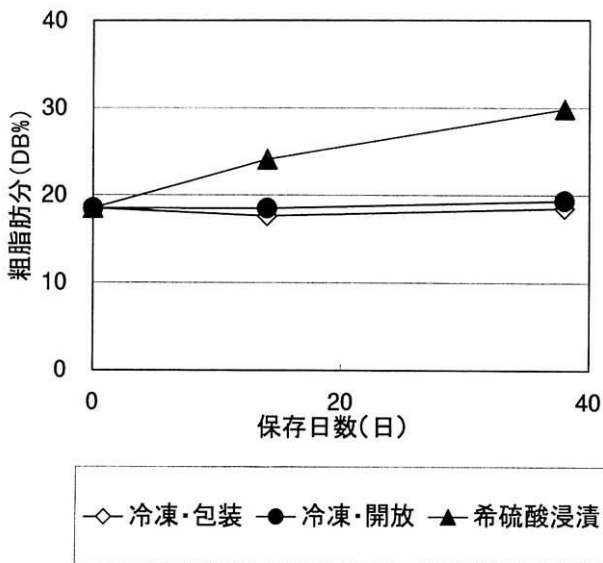


図2 保存条件の違いによる軟体部の粗脂肪分の経日変化

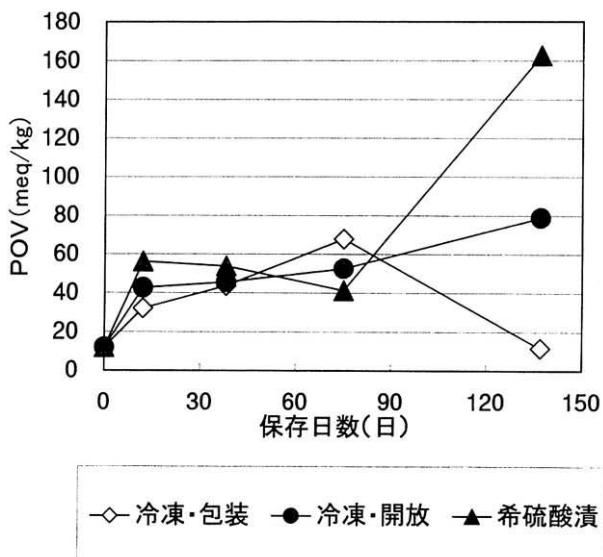


図3 保存条件の違いによる軟体部のPOVの経日変化

(8)脂肪酸組成

脱酸・脱色精製後のホタテオイルについて、キャピラ

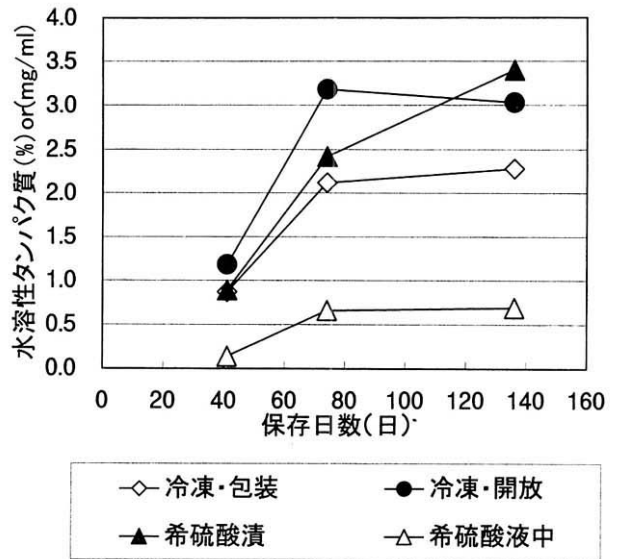


図4 保存条件の違いによる軟体部の水溶性タンパク質量の経日変化

リーGCによる脂肪酸組成分析を行った。分析は、精製油をメチルエステル化した後に行った。装置はGC-15A (㈱島津製作所製)を使用し、表4に示した条件で分析を行った。

結果及び考察

1. 軟体部の保存安定性

軟体部処理の実用プラントを運営するにあたり、原料を安定して供給することが重要な問題となる。ホタテガイは、漁獲量が季節変動するため、原料となる軟体部の通年安定供給に課題を残すことになる。このため、資源化工程には含まれないが、脱カドミウム工程の原料、すなわち軟体部の保存試験を行った。

保存中の粗脂肪分の変化を図2に、POVの変化を図3に示した。図2から、粗脂肪分は希硫酸浸漬区のみ増加傾向を示した。これは、水溶性タンパク質の減少及び希硫酸によるリン脂質とタンパク質との分離等により、エーテル可溶性の脂質が増加したものと考えられる。図3からPOVは、保存80日以前では保存条件による変化は見られないが、約140日を経過した時点では希硫酸浸漬区、冷凍-開放区、冷凍-包装区の順に高い値を示した。一方、保存条件によらず10日で、養魚飼料用の品質規格である30 (meq/kg) を越えていた。

図4に水溶性タンパク質量の変化を示したが、いずれの保存条件においても保存日数の増加に伴い増加傾向を示した。この傾向は冷凍-開放区、及び希硫酸浸漬区において大きく、冷凍-包装区が最も低い値を示した。希

硫酸中では原料中のタンパク質が加水分解し低分子化した事によるものと考えられるが、冷凍-開放状態では低温のためタンパク質の加水分解は考え難くタンパク質の変性によるものと推定される。また、図4には希硫酸浸漬区の、希硫酸中の水溶性タンパク質量変化を併記したが、経過日数の増加に伴い増大しており、実際には希硫酸浸漬による水溶性タンパク質量の増加は図のデータ以上に大きな値であることが推定された。また、この希硫酸液を脱カドミウム工程でリサイクル使用する場合の実験が必要になると考えられた。

以上から、原料の保存は、包装した後に冷凍する方法が望ましいが、本法でも保存10日でPOVが30 (meq/kg) を越え、飼料、餌料用としては課題を残した。一方、希硫酸浸漬法による脂肪及びタンパク質の劣化は今回の実験では最も顕著であったが、常温保存であるため、保存コストで非常に有利な方法であり、製品の用途を肥料用等とすることにより、有効な保存方法であると考えられた。

2. 脱水・脱脂試験

脂質が多く含まれる飼料を動物に投与すると、様々な弊害を伴うことが知られている⁵⁾。ホタテガイ軟体部の粗脂肪量は季節変動が大きく、これについては林、中川により調査されている^{6,7)}。それによると、乾量基準で10~60%の粗脂肪を含有し、特に中腸腺での変動が激しいと報告されている。このため、ホタテミール製造工程の中でも、脱脂は重要な工程である。

また、乾燥工程の負荷を軽減するために、乾燥工程の前段で、試料の水分を出来るだけ低くすることも重要な問題である。

そこで、前述の製造工程を決定するにあたり、脱水・脱脂試験を行い検討を行った。

(1) スクリュープレス法

フィッシュミールの製造で用いられているスクリュープレス法を、ホタテミール製造に応用するために、運転条件の検討を行った。ここでは軟体部の形態や熱処理の条件が、ケーキの粗脂肪分、水分に与える影響を調べた。

実験結果を表5に示した。HX-100を用いた試験(1-1~1-4)では、いずれの試験でも水分が60WB%以上であった。これらの試験で得られた圧搾ケーキは、いずれも手で搾れる状態であり、スクリュープレスの脱水能力が発揮できなかったと判断された。この原因はホタテガイ軟体部の圧搾性の悪さや、スクリューへの食い込みの悪さ等、原料側に起因するものと思われた。これは、原料処理量(運転条件)のみを変化させた、1-1と1-2の水分、粗脂肪分がほとんど同じ結果であったことから裏付けられた。

しかし、粉碎を行った1-3や、原料の熱処理を行った1-4が、水分、粗脂肪分共に、相対的に良好な結果であった。これらの処理は脱水、脱脂に有効な方法であることが示唆された。

SHX-200を用いた試験(2-1~2-4)では、全体的にHX-100の試験よりも、良好な脱水、脱脂が行われたと判断できた。SHX-200は内径が200mmであり、HX-100の内径100mmと比較すると、スクリューの深さが相対的に大きくなる。このため、原料の食い込みが良くなり、本来のスクリュープレス能力が発揮出来たと思われた。スクリューへの食い込みを良くするためには、ある程度以上のスクリュー口径を必要とすることが示唆された。

軸内にスチームを通した2-2~2-4の試験区では、水分がいずれも50WB%台、粗脂肪分が40~50DS%前半台と、スチームを通さなかった2-1よりも、良好な結果であった。スチームを軸に通すことは、脱水能力、脱脂能力を向上させる効果的な手段であることが示唆された。

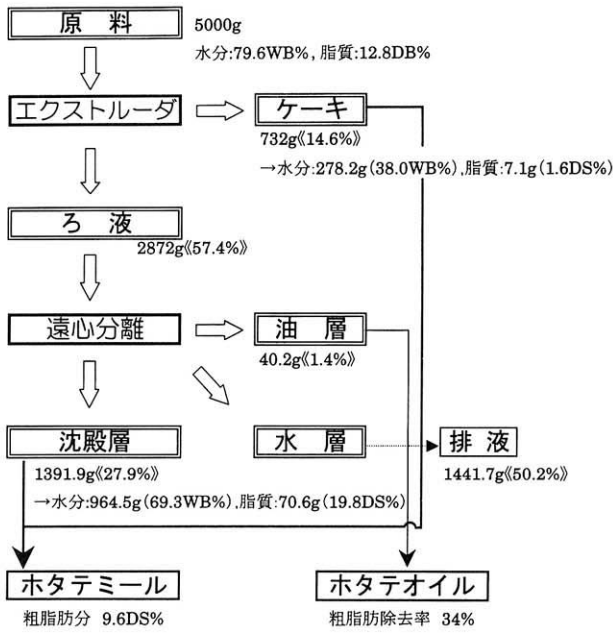
ここで、SHX-200の試験では、中腸腺のみを原料として用いた。中腸腺は軟体部の中でも特に脂質が多く含まれているため、ケーキ中の粗脂肪分のみでは、HX-100とSHX-200の能力を比較出来ないと考え、脂質除去率を算出した。脂質除去率は以下の式により求め、結果を表5に示した。

$$R_f = (P_{mf} \times m - P_{cf} \times m) / (P_{mf} \times m) \times 100$$

ただし R_f (%) 粗脂肪除去率

表5 スクリュープレス実験結果

No.	水分 WB%	脂質 DS%	粗脂肪除去率 %
原料	77.3	58.7	—
1-1	73.0	44.4	24.4
1-2	72.0	45.1	23.2
1-3	68.4	22.5	61.7
1-4	67.5	35.4	39.7
原料	72.1	75.5	—
2-1	65.1	67.8	13.1
2-2	53.6	51.6	40.7
2-3	56.7	40.1	60.3
2-4	50.4	47.2	48.2



※図中《》内の百分率は原料5000gに対する割合とした。

図5 エクストルーダによる脱脂試験フロー

m (g) 単位量

P_{mf} (DS%) 原料中の固形重量基準粗脂肪分

P_{cf} (DS%) ケーキ中の固形重量基準粗脂肪分

その結果、原料の前処理やスチームを使用した試験区では、40~60%の除去率であり、顕著な差は認められないことが確認された。SHX-200では、粗脂肪含有率の高い原料にも対応できることが示唆された。

さらに、脱水効率、SHX-200がHX-100よりも良好な結果であり、軸にスチームを通す方式のスクリーブプレスは、軟体部の脱水、脱脂に有効であることが示された。

なお、SHX-200で追従試験を行ったところ、生殖巣や外套膜等の混入している通常の軟体部を用いた場合には、乾燥後に粗脂肪分が15WB%以下であるホタテミールを安定して得られることが確認された。

(2) エクストルーダ法

使用したホタテガイ軟体部の水分は79.6WB%、粗脂肪分は14.6DS%とやや低いものであった。エクストルーダによる脱脂試験の結果を図5に示した。ケーキの水分が38.0WB%、粗脂肪分が1.6DS%と脱脂及び脱水ともに良好になされていることが確認された。また、ろ液は遠心分離によって油層、水層及び沈殿層の3層に分かれるが、このうち沈殿層の重量割合及び粗脂肪分が高かった。沈殿物は脱水バレルからの固形物のリークによるものであるが、今回使用した脱水バレル(φ1mmパンチングメタル)の構造に検討の必要があると判断された。

ここで、実際の製造工程への適用を考えると、エクストルーダにより処理され生じたるろ液は、デカンタ等により3層分離がなされ、油層は回収へ、水層は濃縮等の処理を経た後乾燥工程へ、また沈殿層は乾燥工程へ、それぞれ回収される。このように実際に分離される粗脂肪は上記油層のみであり、従って粗脂肪の除去率を以下の式

表6 フィッシュミール用途別品質規格と試作ホタテミールの品質

			試作 ホタテミール 測定値	フィッシュミールの用途別品質規格値				
				肥料用 特殊肥料	家畜用飼料用			養魚飼料用 全漁連規格
					有害物質 指導基準	単体飼料 公定規格	A社 内規例	
重	鉛	ppm	~1	-	~7.5	-	-	-
金	カドミウム	ppm	~1	~5	~2.5	-	-	-
	水銀	ppm	~0.1	~2	~1	-	-	-
属	砒素	ppm	~6	~50	~7	-	-	-
一	粗タンパク質	WB%	55~	※1	-	50~	65~	67~
般	粗脂肪分	WB%	~10or15	-	-	~12	~12	~10
成	灰分	WB%	~15	-	-	~27	~20	~18
分	水分	WB%	~10	-	-	-	~10	~10
そ	AV	mg/g	~70	-	-	-	-	~20
の	POV	meq/kg	~80	-	-	-	-	~30
他	VB-N	mg/100g	~40	-	-	-	-	~150

※1 副産動物質肥料で窒素を保証する場合はN>6.0%であり、試作ミールのN=55/6.25=8.8%と満足する。

で算出した。

$$R = (W_r/W_m) \times 100$$

ただし R (%) 粗脂肪除去率

W_r (g) ろ液中の油層量

W_g (g) 原料中の粗脂肪量

エクストルーダ法の粗脂肪除去率は34%となり、また、最終的な製品中の粗脂肪分は9.6DS%となった。

(3) 脱水・脱脂方法の比較

スクリュープレス法はホタテウロに対する脱脂効果が完全ではなく、粗脂肪分が高かったが、イニシャルコス

表7 ホタテオイルの分析結果

		ホタテ オイル		フィッシュ オイル	
		精製前	精製後	精製前	精製後
AV	mg/g	13.6	—	2.2	—
IV	g/100g	209	—	143	—
SV	mg/g	191	—	185	—
POV	meq/kg	7.6	32.3	38	—
COV	meq/kg	330	—	11.5	—
色		暗褐色	薄黄色	薄黄色	—
		16以上	9+	—	—
成分組成					
リン脂質	%	22.7	0.9	0.6	N.D.
遊離脂肪酸	%	2.1	N.D.	N.D.	N.D.
中性脂肪	%	72.8	98.0	99.3	100
ステロール	%	0.8	N.D.	N.D.	N.D.
炭化水素	%	1.6	1.1	N.D.	N.D.
脂肪酸組成					
14:0	%	—	6.17	—	11.08
16:0	%	—	14.18	—	10.47
16:1 n-7	%	—	14.43	—	4.57
18:0	%	—	1.34	—	0.81
18:1 n-9	%	—	2.63	—	4.53
18:1 n-7	%	—	4.89	—	0.98
18:2 n-6	%	—	1.31	—	2.16
18:3 n-3	%	—	0.99	—	2.02
18:4 n-3	%	—	4.20	—	8.41
20:1 n-11	%	—	0.40	—	5.59
20:1 n-9	%	—	0.28	—	1.99
20:1 n-7	%	—	1.00	—	0.16
20:4 n-6	%	—	0.31	—	0.57
20:4 n-3	%	—	0.78	—	2.12
20:5 n-3	%	—	31.00	—	11.84
21:5	%	—	0.90	—	0.64
22:1	%	—	N.D.	—	5.15
22:5 n-3	%	—	0.24	—	1.86
22:6 n-3	%	—	6.26	—	12.43

ト面で非常に有利な脱脂方法である。また、従来のフィッシュミール製造工場が採用している方法であるため、近隣にフィッシュミール工場があれば、これを脱カドミウム処理後のホタテウロの受け皿工場とすることが出来る。この際、フィッシュミール製造工場の処理量は多大なものであり、配合によりミールの粗脂肪分を低くする事が可能であると思われる。

エクストルーダ法は、イニシャルコストがかかる。しかし、スクリュープレス法で同一原料の処理を行ったところ、ろ液中の回収油層は見られず脱脂が困難であったことから、本法の脱脂能力の優位性が確認された。エクストルーダ法では高い脱脂効果が得られ、後述するが、飼料及び餌料用の粗脂肪分の規格を満足することが可能であった。さらに、脱脂効果の他、回収ケーキの油焼けによる変色が少なく、また、密閉系のため、においの発生が少ないなどの有意点も確認できた。

3. ホタテミールの評価

フィッシュミールには肥料用、飼料用、餌料用と、用途別にそれぞれ公定規格や、メーカーごとの受け入れ規格がある。この規格とホタテミールの現状を比較し、用途別の検討を行った。

フィッシュミールの用途別品質規格と、ホタテミールの分析結果を表6に示した。

肥料として用いる場合、カドミウム、鉛、水銀及びヒ素の重金属類は規格値以下であり、規格上の対応は可能であった。

飼料の場合は、重金属類の規格の他に、単体飼料として用いる場合は飼料公定規格が、また、配合飼料用原料とする場合には、各社毎の社内購入規格がある。飼料公定規格では、粗タンパク質含量、粗脂肪分、粗灰分等の基準値が定められている。各社毎の社内購入規格は、調査した範囲では、ほぼ単体飼料による公定規格に近いものと判断された。

ホタテミールでは、重金属は規格値以下であった。また、粗タンパク質含量、粗灰分、粗繊維含量、水分についても規格値をクリアした。粗脂肪分については規格値が12WB%以下となっているが、ホタテミールは15WB%以下となり若干上回った。ホタテガイ軟体部の脂質含有率は季節変動が激しく、前述のエクストルーダ法では、粗脂肪分の基準をクリアできるが、スクリュープレス法では、原料の脂質含量に影響されない脱脂技術の確立が課題とされる。

餌料用原料として用いられる場合の規格は、最も厳しい。ここでは全漁連規格を例示したが、ミールに含有す

る脂質及びタンパク質の変質の指標となるAV、POV、VB-N等の規格があり、一般成分では粗タンパク質含量及び粗脂肪分が規格を満たしていなかった。粗タンパク質含量は、脱カドミウム工程で使用した希硫酸を消石灰(水酸化カルシウム)で中和した際に生成する石膏(硫酸カルシウム)が、製品あたり約1割に相当し、これにより、見掛け上粗タンパク質含量が低下しているものと考えられた。また、その他の項目についてはPOV、AVがいずれも規格値を上回り課題を残した。原料、脱カドミウム工程でPOVを測定したところ、既に全漁連規格値を上回っており、ホタテガイ特有の要因であるのか検

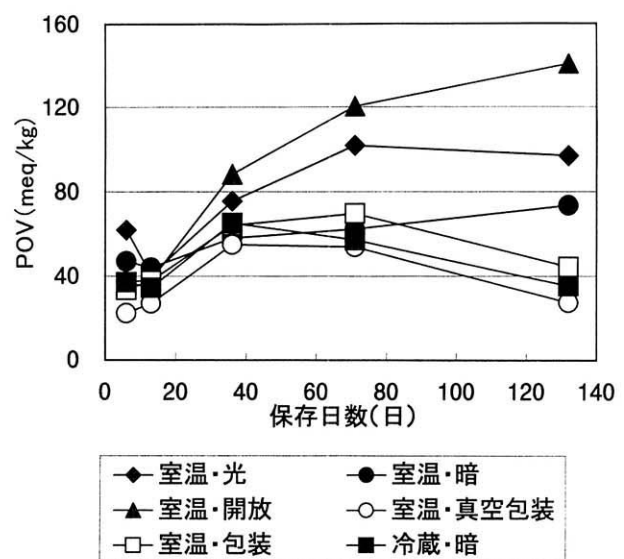


図6 保存条件の違いによるホタテミールのPOVの経日変化

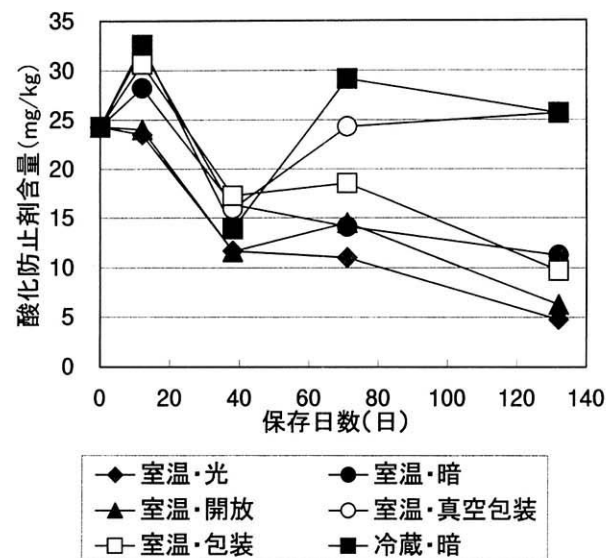


図7 保存条件の違いによるホタテミールの酸化防止剤量の経日変化

討が必要である。

なお、対策の一つとして、脱水・脱脂試験の項で述べたように、他の原料と混合して処理することが考えられる。この方法により、飼料、餌料として利用することは可能であると推定される。

4. ホタテオイルの評価

フィッシュミール製造時には、魚油が生じ、貴重な副産物となっているが、ホタテミールでも同様に、ホタテオイルが副産物として回収される。このホタテオイルの性状について分析評価を行い、用途の検討を行った。

また、比較のために、既存のミール工場から入手した魚油を同時に分析した。

表7に結果を示した。ホタテオイルは魚油に比べ、COVが高く、酸化変質が進行していることが示され、またIV値が高いことから不飽和度が高いことが認められた。魚油をその主用途であるマーガリン用原料として用いる際には、水素添加反応により硬化油に変えて使用される。この場合、不飽和度が高いと水素添加反応におけるコストがかさむ結果となり、ホタテオイルは通常の魚油と同様の用途では、使用は難しいと思われた。他の用途として、印刷インキ用ワニス、鉛筆芯用含浸油などが考えられ、メーカーに検討を依頼したところ、適用の可能性があると回答を得た。また、発熱量を測定した結果、9,390kcal/kgと、通常の燃料油と同等であり、利用可能であると判断された。

精製前のホタテオイルは暗褐色を呈しているが、これはホタテウロの中腸腺の色であるカロチノイド及びビクロロフィルに基づくものと思われた。成分分析においては、ホタテオイルにはリン脂質が多いが、脱カドミウムの酸処理による影響と考えられた。脂肪酸組成では、EPA(20:5 n-3)が魚油に比べ約3倍含まれており、今後、高付加価値化への研究が期待される。

5. ホタテミールの保存安定性

ここでは、ホタテミールの保存試験を行い、適切な保存方法について検討を行った。

保存中のPOV変化を図6に、酸化防止剤含量の変化を図7にそれぞれ示した。図6からPOVは室温-開放区、室温-光区、室温-暗区、室温-包装区、冷蔵区、真空包装区の順に高いものとなった。この変化は図7の酸化防止剤含量の変化からも裏付けられた。すなわち、図7より冷蔵区及び真空包装区では、4ヶ月後においても酸化防止剤は約26ppm残存しているが、その他は12ppm以下であり、開放及び光の当たった状態では7ppm以下にまで低下していた。しかし、20日後には餌料の規

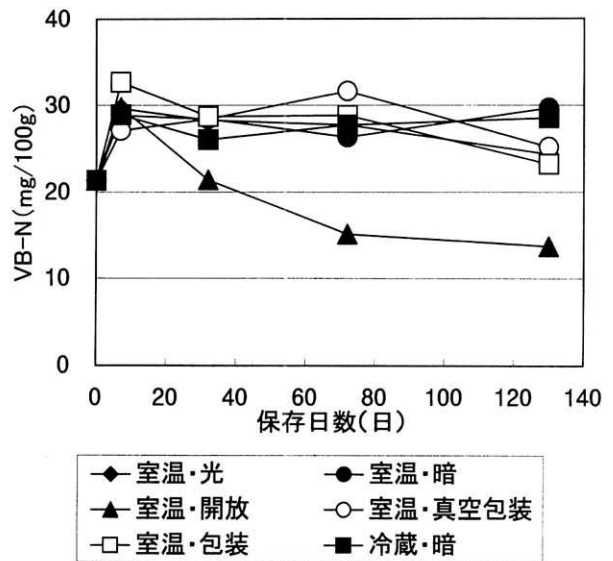


図8 保存条件の違いによるホタテミールのVB-Nの経日変化

格値であるPOV=30を越え、酸化劣化を受けやすい物質であることが伺えた。

また、保存中のVB-N変化を図8に示した。これよりVB-Nの変化は小さく、概ね40を下回り顕著な差は認められなかった。室温開放状態のみ低い値であるが、これは大気中へのアンモニアの揮散によるものと考えられた。

以上から、ホタテミールの保存では、タンパク質の劣化は少ないが、脂肪の酸化劣化が大きいことが認められた。これを防止するためには、真空包装または冷蔵保存が望ましいものであるが、POVを30以下とすることは困難であり、保存はコスト面から、光を避け、ビニール袋等で保存する方法を採用すべきであると思われた。

要 約

1. ホタテガイ軟体部の保存試験を行った。その結果、保存は包装して冷凍する形態が望ましいものであった。しかし、希硫酸浸漬法は、脂肪及びタンパク質の劣化が激しいが、保存コスト面で非常に有利な方法であり、製品の用途を肥料用等とすることにより、有効な保存方法であると考えられた。
2. スクリュープレス法、エクストルーダ法で脱水・脱脂試験を行った。脱水及び脱脂効率を上げるには、原料の熱処理を行い、粉碎することが有効であった。スクリュー軸内にスチームを通すことで脱水・脱脂効率が上がることが確認された。エクストルーダ法は、脱脂及び脱水効果が優れていた。回収ケーキの変色やにおいの発生が少

ないなどの優位点も認められた。

3. フィッシュミールの規格を参考に、ホタテミールの用途別検討を行った。肥料としては規格上の対応は可能であった。飼料、餌料としては規格を満たさない項目があった。しかし、他の原料と混合して処理することで、対応可能であると思われた。

4. ホタテオイルの品質評価を行った。印刷インキ用ワニス、鉛筆芯用含浸油として、適用の可能性が認められた。燃料油として利用可能であると判断された。EPAが魚油に比べ約3倍含まれており、高付加価値化への研究が期待される。

5. ホタテミールの保存試験を行った。タンパク質の劣化は少ないが、脂肪の酸化劣化が大きいことが認められた。真空包装及び冷蔵保存が望ましいが、コスト面から、光を避け、ビニール袋等で保存する方法を採用すべきであると思われた。

参考文献

- 1) 日本油化学協会編：基準油脂分析試験法，2.4.12-71
- 2) 東京農芸化学教室編：実験農芸化学，下，667，朝倉書店，1960
- 3) BRADFORD, M. M.: *Anal. Biochem.*, : 72 : 248-254, 1976
- 4) 秦忠夫他：アミノ酸・タンパク質の分析，(株)講談社，1971
- 5) 野中順三九編：新水産学全集23，水産利用原料，(株)恒星社厚生閣，95 (1987)
- 6) 中川義彦，林 賢治：北海道立水産試験場月報，53，9，58-66 (1978)
- 7) 外山健三：食料工業，(株)恒星社厚生閣，865-879 (1985)