

第 10 章 常温流通における加工食品の高品質化技術 の開発

10.1 はじめに

魚肉の柔らかさを維持しつつ骨まで喫食可能とする加圧加熱処理技術^{1~3)}および魚のにおいを低減する技術^{1,4~6)}は、水産加工食品の品質向上において重要な役割を果たしている。しかし、これらの技術を単独で適用するだけでは、依然として消費者の魚離れの問題を根本的に解決するには至らない現状がある。

本研究では、これら両技術を融合し、魚肉の柔らかさと骨まで食べられる優れた食感、さらに魚のにおいを低減させる高品質な水産加工食品の製造技術を開発することを目的とする。具体的には、魚のにおい低減および骨軟化を同時に実現するための最適な処理条件を見出し、様々な魚種や加工品に適用可能な手法として確立することを目指す。この技術の発展により、高品質な水産加工食品の普及を促進し、魚離れの原因を解消することが期待される。加えて、この技術の幅広い適用範囲により、消費者の選択肢が増え、健康的な食生活の実現に貢献できる可能性がある。

本研究の意義は、従来技術の枠を広げることで、魚のにおいや骨の硬さといった消費者の不満点を効果的に解消し、魚の魅力を再認識してもらう点にある。これにより、消費者の魚離れを抑止し、水産物の消費拡大に寄与することができる。また、環境負荷の低減や資源の有効利用の観点からも、水産加工産業に新たな価値を創出する可能性がある。さらに、この取り組みが実現すれば、各種の水産加工品に適用可能な技術が確立され、加工品の多様化が進む。このことにより、消費者の需要に応えつつ、持続可能な水産資源の利用を推進し、魚離れを解消が期待できる。将来的には、より多くの人々が魚を手軽に楽しめる社会の実現を目指す。

10.2 においを低減し、骨を軟化した一夜干しの製造条件の検討

背景

日本の食文化が進化を続ける中で、魚の消費が減少しているという課題に直面している⁷⁾。この現象の主要な要因として、魚の独特なにおい（魚臭さ）や食べる際の手間（骨を除くといった煩わしさ）が挙げられ、これが消費者にとって魚離れの一因とな

っている⁷⁾。魚には豊富な栄養素が含まれており、健康維持に不可欠な食品であるにもかかわらず、その利点を十分に享受している消費者は限られている。この問題を解決するためには、魚のにおいや食べる手間という障壁を取り除く新たな加工技術の開発が急務である。

本研究項目 1 では、魚種に応じた抗酸化処理および加圧加熱処理条件を詳細に検討し、魚のにおいを効果的に低減させると共に、骨まで喫食可能な水産加工品製造技術の開発を目指す。

1) ホエイパウダーを用いた簡易なにおい低減処理の検討

(1) 目的

従来抗酸化素材として利用されてきたとうふホエイや小豆煮汁といった加熱処理品に対し、チーズホエイは非加熱品を使用している。チーズホエイは乳酸菌を多く含むため保存性に課題があるという特性を有している。一方、大手乳業会社では、チーズ製造過程で生成されるホエイを加熱乾燥し、ホエイパウダーとして利用しており、これにより保存性や取り扱いの容易さが向上している。しかし、加熱乾燥工程によって抗酸化効果が損なわれる可能性があるため、そこで、ホエイパウダーがどの程度抗酸化効果が発揮できるかを検証する。

(2) 実験方法

ア. 原料：厚岸産冷凍マサバ

イ. 処理方法：原料魚を 5℃で一晩解凍し、頭部および内臓を除去し、バンドソーにてセンターカット後、図 1-1 に従い、抗酸化処理、低温除湿乾燥したものを真空包装し、加圧加熱処理を行った。

ウ. 抗酸化処理：抗酸化素材はホエイパウダー（よつ葉乳業）を用い、非加熱のチーズホエイと同様の濃度となるよう水道水で加水して処理液中の配合割合を 5%としたものを用いた。食塩濃度は 3%とした。

エ. 低温除湿乾燥処理、加圧加熱処理：1) と同条件で実施した。

オ. 官能評価：1) と同条件で実施した。

(3) 結果および考察

機器分析（GC-MS）の結果、ホエイパウダー処理区において、におい成分 1-hexanal および 1-penten-3-ol（ともににおいの原因となる脂質酸化成分の一種）が対照区に比べて、それぞれ約 30% および約 50%低下したことが確認された（図 1-1）。官能評価では、パネル全員がチーズホエイお

よびとうふホエイの処理区におけるにおいが、対照区に比べて弱いと評価した。

今回の結果から、ホエイパウダーは非加熱のチーズホエイに代わる有効な材料であることが示唆された。ホエイパウダー処理によるにおい成分の顕著な低下は、非加熱のチーズホエイ同様、においの低減効果が期待できることを裏付けている。また、パネル全員が官能評価においてにおいの弱さを評価し、実際の利用現場においてもその効果が期待できることが示された。したがって、ホエイパウダーはにおい低減に効果を持ち、非加熱のチーズホエイに代わる材料として有用であることが明らかになった。

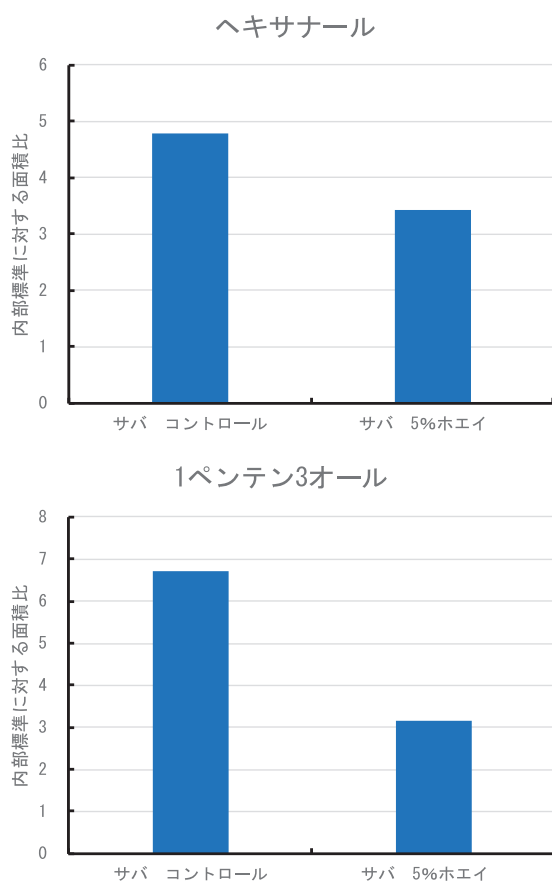


図 1-1 ホエイパウダーで抗酸化処理したサバー夜干しのにおい成分量

2) サバに適した処理技術の開発

(1) 目的

サバに適した抗酸化処理および加圧加熱処理を併用した場合に、におい低減効果、骨の軟化硬化、および加圧加熱処理後の魚肉(身)の柔らかさが両立可能であるかを明らかにする。

(2) 実験方法

ア. 原料：厚岸産冷凍マサバ

イ. 処理方法：原料魚を 5℃で一晩解凍し、頭部および内臓を除去し、バンドソーにてセンターカット後、図 1-1 に従い、抗酸化処理、低温除湿乾燥したものを真空包装し、加圧加熱処理を行った。

ウ. 抗酸化処理：抗酸化素材はチーズホエイ（町村農場、非加熱）およびとうふホエイ（オシキリ食品、85℃40 分加熱済み※）を用い、水道水で加水して、処理液中の配合割合は、双方とも 50%とした。食塩濃度は 3%とした。浸漬は 16 時間行った。

※とうふ製造工程において、とうふが凝固した後の上澄み液

エ. 加圧加熱処理条件：第 2 期戦略研究でマサバの骨が十分軟化するとの結果を得た 115℃40 分で行った。

オ. 低温除湿乾燥処理：18℃で 16 時間行った。

カ. 官能評価：パネルは臭気判定士国家試験で使用するにおい基準臭（第一薬品産業）を用いてにおいの識別能力を有することを確認したパネル 4 名にて行った。食感の評価も同一パネルにて実施した。なお、これらの評価は、抗酸化処理において抗酸化素材を含まない 3%食塩水で処理した対照品を試験区と同一の乾燥および加圧加熱処理条件で調製した対照品と比較した。

キ. におい成分の分析：ミンチにした試料 3g に 0.3% (w/w) シクロヘキサノール水溶液 100μL を内部標準として添加し、40℃で 20 分予備加熱後、SPME ファイバー（スカイブルー（85μm Carboxen / PDMS、SUPELCO））をバイアルピンに突き刺し、ヘッドスペースに 30 分暴露して揮発性成分を吸着させ、GC-MS 分析に供した（目盛りは 1.0）。分析条件はカラム：DB-Wax(0.25mm.i.d × 30m、膜厚 0.25 μm、J&W Scientific)、カラム昇温条件は、35℃5 分間保持、35℃から 100℃まで毎分 2℃昇温、100℃から 240℃まで毎分 10℃昇温、キャリアーガス：ヘリウム、線速度 36.1mL/秒で流し、注入口および検出器温度は 250℃とし、検出器は FID を用い、スプリットレスモードで行った。

(3) 結果および考察

機器分析（GC-MS）の結果から、におい成分 1-penten-3-ol（脂質酸化成分の一種）がチーズホエイおよびとうふホエイの処理区において、対照区に比べて 50%以上減少したことが確認された（図

1-2)。二重盲検法を用いた官能評価においても、パネル全員がチーズホエイおよびとうふホエイ処理区におけるにおいが対照区に比べて顕著に弱いと評価した。

この結果は、チーズホエイおよびとうふホエイの利用がサバのにおい成分の低減および食感改善に効果的であることを示している。特に、チーズホエイ 50%溶液に 5℃で 16 時間浸漬後、18℃で 16 時間除湿乾燥し、さらに 115℃で 40 分間加圧加熱処理を行うことで、におい成分の大幅な削減が実現され、骨および魚肉の柔らかさが顕著に向上した。この方法により製造された一夜干しのサバは、骨が容易にかみ砕けるほど軟化すると同時に、魚肉も対照区に比べて顕著に柔らかくなった。このことから、チーズホエイととうふホエイは水産加工物の風味改良および食感改善に有効であることが示された。また、加圧加熱後においてもその効果が発揮していることから、新たな活用法の可能性が示唆された。

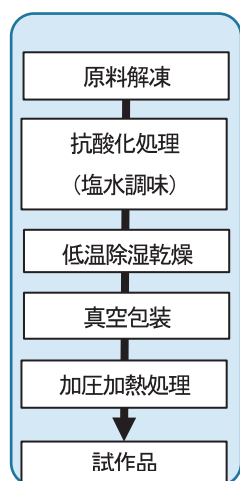


図 2-1 においの低減と骨の軟化を両立させる一夜干しの製造フロー図

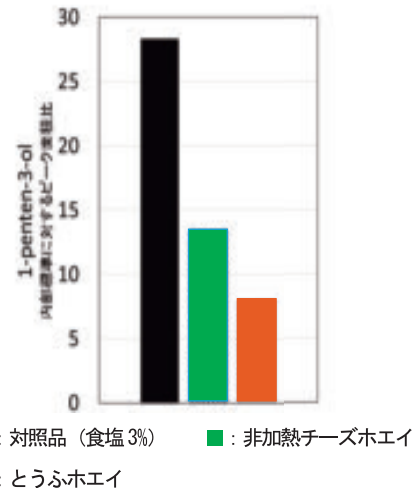


図 2-2 抗酸化処理したサバー夜干しのにおい成分量

3）各種魚種におけるにおい低減と骨軟化を両立する製造条件の検討

（1）目的

抗酸化処理および加圧加熱処理をこれまでに検討したことのない魚種に対して、においの低減効果、骨の軟化および硬化、さらに加圧加熱処理後の身の柔らかさの両立を可能とする製造条件を明らかにする

3-1）コマイ

（2）実験方法

ア．原料：道東産冷凍コマイ（ドレス）

イ．処理方法：原料魚を 5℃で一晩解凍し、図 1-1 に従い、抗酸化処理、低温除湿乾燥処理したものを真空包装し、加圧加熱処理を行った。

ウ．抗酸化処理：抗酸化素材はとうふホエイおよび小豆煮汁（ともに処理液中の配合割合 10、25、50%）、ホエイパウダー（同 0.5、1、2、4%）を用い、水道水で加水した。食塩濃度は 3%とした。

エ．加圧加熱処理条件：110℃30、40、50、60 分、115℃20、30、40、50 分、120℃10、20、30 分を行った。

オ．低温除湿乾燥処理：18℃で 16 時間行った。

カ．官能評価：1）と同条件で実施した。

（3）結果および考察

抗酸化処理後の重量は、試料が処理液を吸収することで約 10%増加したが、乾燥 2 時間後には原料魚と同程度の重量に減少し、乾燥 8 時間後には原料魚の 80%程度にまで減少した。重量の減少は

乾燥時間にほぼ逆比例して進行し、抗酸化素材の種類や濃度に関わらず同様の傾向が観察された（図 3-1）。加圧加熱処理後のドリップは、4 時間以上の乾燥処理により顕著に減少し、8 時間処理でほぼ抑制された（図 3-2）。

加圧加熱処理は 115℃で 40 分および 50 分、120℃で 30 分および 40 分行い、115℃40 分および 50 分処理で中骨が容易に噛み砕ける程度に軟化した。一方、120℃での処理では対照区よりも身が硬化した（表 3-1）。110℃30 分では F 値が常温流通基準（120℃4 分処理相当）に達しなかった。これにより、骨の軟化条件は 115℃で 40 分および 50 分が最適であることが明らかとなった。

においの低減効果は、とうふホエイおよび小豆煮汁では処理液中の配合割合が 25%および 50%、ホエイパウダーでは 1%、2%、4%で得られた（表 3-2）。しかし、小豆煮汁 25%および 50%配合区で

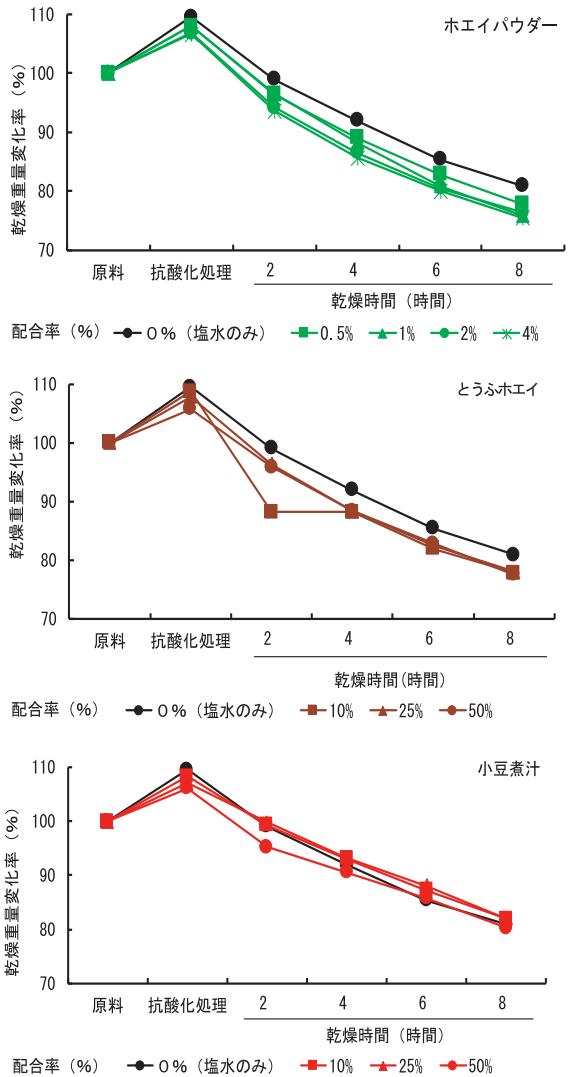


図 3-1 抗酸化処理および低温除湿乾燥中のコマイの重量変化

は煮汁由来の色素によると思われる着色が確認された（図 3-3）。

これらの結果から、コマイのにおい低減と骨軟化を同時に達成するためには、抗酸化処理液にとうふホエイを 25%および 50%、ホエイパウダーを 1%、2%、4%含む処理液を 5℃で一晩浸漬し、18℃で 8 時間除湿乾燥した後に、115℃で 40~50 分加圧加熱する処理条件が最適であると考えられた。

加熱温度 (°C)	乾燥時間 (時間)			
	0	2	4	8
ドリップ				
	+++	++	+	±

図 3-2 乾燥処理時間が加圧加熱後のドリップ発生に与える影響

表 3-1 コマイ一夜干しの加圧加熱処理後の食感に関する官能評価

処理時間(分)	加圧加熱処理温度(°C)					
	110		115		120	
	骨	身	骨	身	骨	身
10	-	-	-	-	2	1
20	-	-	1	2	2	1
30	1	3	1	2	3	1
40	1	3	3	3	3	1
50	2	3	3	3	-	-
60	2	3	-	-	-	-

対照区は、3%食塩水に 5℃16 時間浸漬後、低温除湿乾燥し、115℃40 分加圧加熱処理した。硬さの評価は対照区と比較し、骨がかみ砕けるかを 1：かみ砕けない、かみ砕けるがやや硬い、3：容易にかみ砕けない、の 3 段階の評点法で評価した。身の硬さは、対照区（抗酸化素材を含まない 3%食塩水で処理した）と比較し、1：対照品より硬い、2：対照品と同程度、3：対照品より軟らかい、の 3 段階の評点法で評価した。

表 3-2 加圧加熱処理後のコマイ一夜干しのにおいに関する官能評価

抗酸化素材	濃度 (%)	におい
ホエイパウダー	0.5	2
	1	1
	2	1
	4	1
とうふホエイ	10	2
	25	1
	50	1
小豆煮汁	10	2
	25	1
	50	1

においの評価は、対照区（3%食塩水で処理したもの）と比較し、1：対照品より弱い、2：対照品と同程度、3：対照品より強い、の 3 段階の評点法で評価した。



図 3-3 抗酸化処理による試料の着色

左：ホエイパウダー処理、右：小豆煮汁処理

3-2) サケ

(2) 実験方法

ア. 原料：日高産シロサケ冷凍ドレス（重さ 4kg 前後）

イ. 抗酸化処理条件：処理温度は 5℃とし、処理時間は 8 時間（乾燥状態の改善試験時は、8 および 16 時間）

ウ. 抗酸化素材の種類および配合割合は 3-1) のコマイと同様とした。

エ. 加圧加熱処理：115℃40、50、60 分実施した。

オ. 切り身の厚さ：バンドソーで背骨に直角に 2.0 ～3.5cm まで 5mm 刻みでカットした。

カ. 官能評価：1) と同条件で実施した。

(3) 結果および考察

抗酸化処理後の重量は、試料が処理液を吸収することで約 10%増加した。しかし、2 時間の乾燥後、重量は原料魚と同程度まで減少し、8 時間の乾燥後には原料魚重量の 5～12%減少した。この重量減少は、全乾燥期間中、乾燥時間にはほぼ逆比例して進行した。この傾向は、使用する抗酸化素材の種類や濃度に関わらず一貫して観察された（図 3-4）。

加圧加熱処理の結果、試料の中骨は 115℃で 50 分の処理でかみ砕ける硬さまで軟化したが、わずかに硬い部分が残った（表 3-3）。115℃で 50 分処理した状態では、ホエイパウダーの 1%、2%、4% 処理液およびとうふホエイや小豆煮汁の 25%、50% 処理液での低減が確認された（表 3-4）。しかし、すべての試験区において、加圧加熱処理後のドリップおよびカードの発生が見られた（図 3-5）。

これらの結果から、ドリップやカードの発生原因を乾燥不足と推察し、サケ切り身のカット幅を変更し、低温除湿乾燥時間を 8 時間および 16 時間に設定して再試験を行った。また、加圧加熱条

件は 115℃で 50 分に対し、60 分および 70 分に延長して試験を行った。結果として、8 時間の乾燥時間では、カット幅が 2.0cm および 2.5cm の場合にドリップやカードの発生が抑えられ、16 時間の乾燥時間ではカット幅に関わらずドリップやカードの発生が抑えられた（表 3-5）。しかし、16 時間の乾燥条件では切り身が乾燥しすぎて硬い食感となり、115℃で 60 分処理では中骨に硬い部分がわずかに残った。

抗酸化処理液中にホエイパウダーを 1%、2%、4% 含む処理液およびとうふホエイや小豆煮汁を 25%、50% 含む処理液に 5℃で一晩（約 12 時間）浸漬し、18℃で 8 時間除湿乾燥し、115℃で 70 分の加圧加熱処理を行うことで、サケ切り身のにおい低減と骨軟化を両立するために最適であることが示唆された。今回の結果は、におい成分の低減および骨の軟化が、適切な抗酸化処理液の使用と乾燥および加圧加熱処理の条件に影響を受けていることを示している。特に、適切な乾燥時間とカット幅を設定することでドリップおよびカードの発生を最

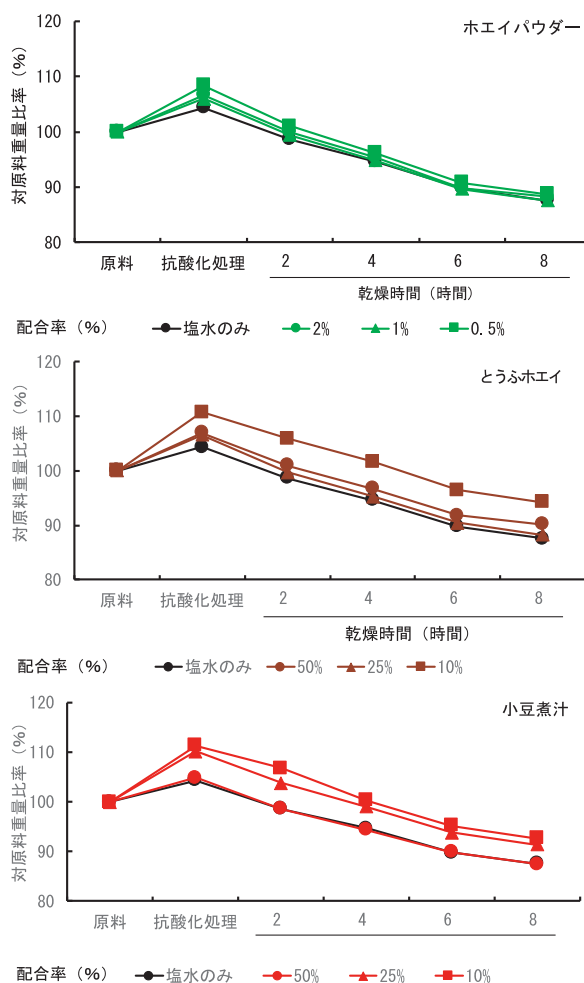


図 3-4 抗酸化処理および低温除湿乾燥中のサケ切り身の重量変化

小限に抑えつつ、骨軟化を実現できることが示された。

以上の結果をふまえ、サケ切り身のにおい低減と骨軟化を両立させるための最適処理条件として、切り身幅を2.5cm以下にし、抗酸化処理液としてホエイパウダー1%、2%、4%およびとうふホエイや小豆煮汁25%、50%を用い、5℃で一晩浸漬後、18℃で8時間除湿乾燥し、115℃で70分の加圧加熱処理が適していることが明らかとなった。

表3-3 加圧加熱処理後(115℃)のサケ切り身一夜干しの食感に関する官能評価

加熱時間(分)	骨の硬さ	身の硬さ
30	1	3
40	2	3
45	2	3
50	3	3

骨の硬さは、対照区と比較して、骨が見碎けるかを1：対照区よりかみ碎ける、2：対照区と同等、3：対照区よりかみ碎けない、の3段階の評点法で評価した。身の硬さは、対照区と比較し、1：対照区より硬い、2：対照区と同程度、3：対照区より軟らかい、の3段階の評点法で評価した。

表3-4 加圧加熱処理後のサケ切り身一夜干しのにおいに関する官能評価

抗酸化素材	濃度(%)	におい
ホエイパウダー	0.5	2
	1	1
	2	1
	4	1
とうふホエイ	10	2
	25	1
	50	1
小豆煮汁	10	2
	25	1
	50	1

対照区は、3%食塩水に5℃16時間浸漬後、低温除湿乾燥し、115℃40分加圧加熱処理した。においの評価は、対照区と比較し、1：対照品より弱い、2：対照品と同程度、3：対照品より強い、の3段階の評点法で評価した。



図3-5 加圧加熱処理後のサケ切り身一夜干しの外観

表3-5 厚さ、乾燥および加圧加熱処理条件によるサケ切り身一夜干しのカードおよびドリップの有無

加圧加熱条件	身の厚さ(cm)	乾燥時間(h)	
		8	16
115℃_60分	2.0	○	○
	2.5	○	○
	3.0	×	○
	3.5	×	○
	3.5	×	○
115℃_70分	2.0	○	○
	2.5	○	○
	3.0	×	○
	3.5	×	○
	3.5	×	○

○：ドリップなし、×：ドリップあり

3-3) ブリ

(2) 実験方法

- ア. 原料：道南産冷凍ラウンド(重さ4kg前後)
- イ. 抗酸化処理：処理温度：5℃、処理時間：8時間(乾燥状態の改善試験：8および16時間)
- ウ. 抗酸化素材の種類および配合割合は3-1)のコマイと同様。

エ. 加圧加熱条件：115℃40、50、60、70分

オ. 切り身の厚さ：バンドソーで背骨に直角に2.0～3.5cmまで5mm刻みでカットした。

カ. 官能評価：1)と同条件で実施した。

(3) 結果および考察

抗酸化処理後の重量について、試料が処理液を吸収することで増加した。しかし、その増加の程度はサケやコマイに比べて原料重量の1～7%と少ない値であった(図3-6)。乾燥2時間後には原料魚と同程度の重量まで減少し、8時間の乾燥後には原料魚重量の5～12%程度まで減少した。重量の減少は乾燥開始から終了まで、乾燥時間にはほぼ逆比例して進行した。この傾向は、抗酸化素材の種類や濃度に関わらず観察された(図3-6)。

加圧加熱処理では、115℃で70分の処理を受けた中骨はかみ碎ける硬さとなったが、わずかに硬さが残る部分があった(表3-6)。115℃で50分処理した試料のにおいは、サケの場合と同様に、ホエイパウダーの配合率1%、2%、4%およびとうふホエイや小豆煮汁の25%、50%で対照品よりも弱まった(表3-7)。しかし、すべての試験区において、加圧加熱処理後にドリップおよびカードが発生したことが確認された(図3-7)。サケの場合と同様、コマイの乾燥による重量変化に比べ、ブリ切り身の重量変化が少ないことから、乾燥不足が原因と推察された。

乾燥度合いの改善を図るため、ブリ切り身のカ

ット幅を変更し、低温除湿乾燥時間を8時間と倍の16時間に設定して試験を実施した。また、加圧加熱条件は115℃で70分に対し、80分および90分に延長して試験を行った。結果として、乾燥時間が8時間の場合、115℃で80分および90分処理した状態では、カット幅が2.0～3.0cmの場合にドリップやカードの発生が抑えられた(表3-8)。乾燥時間が16時間の場合はカット幅に関わらずドリップやカードの発生が抑えられた。しかし、16時間の乾燥条件では切り身が乾燥しすぎて硬い食感となった。

抗酸化処理液中にホエイパウダーを1%、2%、4%含む処理液およびとうふホエイや小豆煮汁を25%、50%含む処理液に5℃で一晩(約12時間)浸漬し、18℃で8時間除湿乾燥し、115℃で80～90分の加圧加熱処理が、ブリ切り身において低減と骨軟化を両立するために最適であることが示唆された。今回の結果は、において成分の低減および骨の軟化が、コマイやサケと同様に適切な抗酸化処理液の使用と乾燥および加圧加熱処理の条件に影響を受けていることを示している。つまり、適切な乾燥時間とカット幅を設定することでドリップおよびカードの発生を最小限に抑えつつ、骨軟化を実現できることが示された。

以上の結果から、ブリ切り身において低減と骨軟化を両立させるための最適処理条件として、切り身幅を3.0cm以下にし、抗酸化処理液としてホエイパウダー1%、2%、4%およびとうふホエイや小豆煮汁25%、50%を用い、5℃で一晩浸漬後、18℃で8時間除湿乾燥し、115℃で80～90分の加圧加熱処理が適していることが明らかとなった。

表 3-6 加圧加熱処理後(115℃)のブリ切り身一夜干しの食感に関する官能評価

加熱時間(分)	骨の硬さ	身の硬さ
40	1	3
50	1	3
60	2	3
70	3	3

骨の硬さは、対照区と比較して、骨が見碎けるかを1：対照区よりかみ碎ける、2：対照区と同等、3：対照区よりかみ碎けない、の3段階の評点法で評価した。身の硬さは、対照区と比較し、1：対照区より硬い、2：対照区と同程度、3：対照区より軟らかい、の3段階の評点法で評価した。

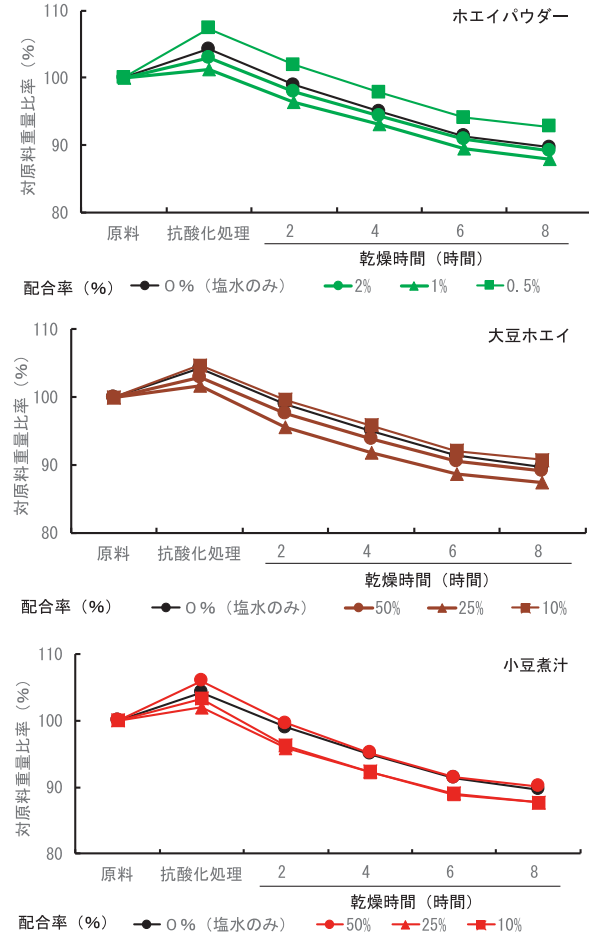


図 3-6 抗酸化処理および低温除湿乾燥中のブリ切り身の重量変化

表 3-7 加圧加熱処理後のブリ切り身一夜干しにおいてに関する官能評価

抗酸化素材	濃度(%)	において
ホエイパウダー	0.5	2
	1	1
	2	1
とうふホエイ	10	2
	25	1
	50	1
小豆煮汁	10	2
	25	1
	50	1

対照区は、3%食塩水に5℃16時間浸漬後、低温除湿乾燥し、115℃50分加圧加熱処理した。においての評価は、対照区と比較し、1：対照品より弱い、2：対照品と同程度、3：対照品より強い、の3段階の評点法で評価した。



図 3-7 加圧加熱処理後のブリ切り身一夜干しの外観

表 3-8 幅、乾燥および加圧加熱処理条件を変えたブリ切り身一夜干しのカードおよびドリップ

加圧加熱条件	身の厚さ (cm)	乾燥時間(h)	
		8	16
115℃_80分	2.0	○	○
	2.5	○	○
	3.0	○	○
	3.5	×	○
115℃_90分	2.0	○	○
	2.5	○	○
	3.0	○	○
	3.5	×	○

○：ドリップなし、×：ドリップあり

3-4) ホッケ

(2) 実験方法

- ア. 原料：北海道産ホッケ（340g/尾前後）
 イ. 身の形態：頭部、内臓を取り除いた背開き
 ウ. 抗酸化処理条件：ホエイパウダー1、2%、とうふホエイ 50%、25%を使用し、浸漬温度 5℃、処理時間は 16 時間で行った。
 エ. 乾燥条件：低温除湿乾燥機で 18℃、16 時間行った。
 オ. 加圧加熱処理：115℃35、40、45 分で実施した。
 カ. 官能評価：1）と同条件で実施した。

(3) 結果及び考察

各種抗酸化処理を行い乾燥後、加圧加熱処理したホッケについて、なおいに関する評価を行った。魚臭の低減効果については、ホエイパウダー1%および2%がすべての加圧加熱条件（115℃で35分、40分、45分）において確認された（表3-9）。また、ホエイパウダーを使用した場合、すべての条件で加圧加熱臭が発生しないことがわかった。一方、とうふホエイ25%および50%については、115℃で35分の条件では魚臭低減効果は確認されなかったが、115℃で40分および45分の条件では低減効果が確認された。しかし、50%の高濃度では、と

うふホエイ由来の成分により風味が悪くなると評価される試験区が見られた。なお、加圧加熱臭はどの加圧加熱条件および濃度においても発生していないと評価された。

Hexanal および 1-penten-3-ol の生成量の比較において、ホエイパウダー1%が特に Hexanal の生成を最も効果的に抑えることが確認された（図3-8）。とうふホエイは、濃度が高くなると 1-penten-3-ol の生成が増加する傾向があり、特に50%の条件ではこの傾向が顕著であったが、Hexanal の生成は中程度に抑えられた。また、コマイ、サケ、ブリにおいて顕著に発生したドリップについては、ホッケにおいては目立った発生は見られなかった（図3-9）。

以上の結果から、ホエイパウダー1%および2%の濃度、およびとうふホエイ25%を使用した場合、115℃で40分の加圧加熱処理が魚臭の低減効果および加圧加熱臭の抑制において適した条件であることが明らかとなった。特にホエイパウダーは、Hexanal の生成を最も効果的に抑制し、食品の品質向上に寄与する可能性がある。一方で、とうふホエイ50%の高濃度使用時には、官能評価および1-penten-3-ol の生成が増加から、風味の悪化が見られるため、注意が必要である。

表 3-9 抗酸化処理および加圧加熱処理条件したホッケの官能評価

加熱時間 (分)	抗酸化 処理条件	評価項目				
		骨	身	におい	レトルト臭	風味
35	ホエイパウダー1%	2	2	1	2	3
	ホエイパウダー2%	2	2	1	2	3
	とうふホエイ25%	2	2	2	2	3
	とうふホエイ50%	2	2	2	2	2
40	ホエイパウダー1%	2	2	1	2	3
	ホエイパウダー2%	2	2	1	2	3
	とうふホエイ25%	2	2	1	2	3
	とうふホエイ50%	2	2	1	2	2
45	ホエイパウダー1%	2	2	2	2	2
	ホエイパウダー2%	2	1	1	2	3
	とうふホエイ25%	2	1	2	2	3
	とうふホエイ50%	2	1	1	2	3

対照区は、3%食塩水に5℃16時間浸漬後、16時間低温除湿乾燥し、それぞれの条件で加圧加熱処理した。骨の硬さは、対照区と比較して、骨がかり砕けるかを1：対照区よりかり砕ける、2：対照区と同等、3：対照区よりかり砕けない、の3段階の採点法で評価した。身の硬さは、対照区と比較し、1：対照区より硬い、2：対照区と同程度、3：対照区より軟らかい、の3段階の採点法で評価した。

なおい、対照区と比較し、1：対照区より弱い、2：対照区と同程度、3：対照区より強い、の3段階の採点法で評価した。レトルト臭は、対照区と比較して、1：対照区より弱い、2：対照区と同程度、3：対照区より強い、の3段階の採点法で評価した。風味は、対照区と比較し、1：対照区より悪い、2：対照区と同程度、3：対照区より良い、の3段

階の評点法で評価した。

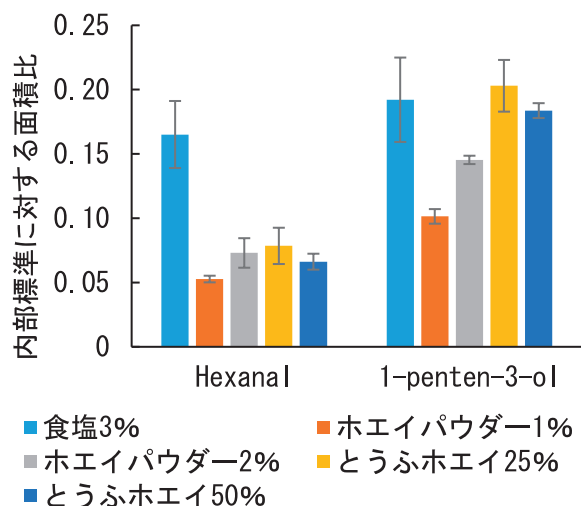


図 3-8 抗酸化処理および加熱加圧処理(115℃ 40 分)したホッケのにおい成分(GC/MS)

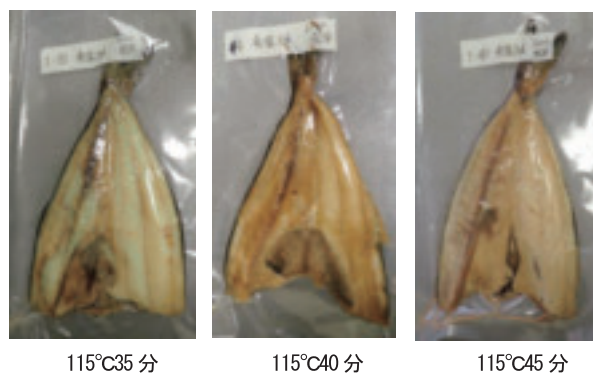


図 3-9 加圧加熱処理後のホッケの外観

3-5) カレイ

(2) 実験方法

- ア. 原料：北海道産宗八カレイ (325g/尾前後)
- イ. 身の形態：頭、内臓を取り除いた腹開きドレス
- ウ. 抗酸化処理条件：ホエイパウダー1%、浸漬温度 5℃、処理時間は 16 時間で行った。
- エ. 乾燥条件：低温除湿乾燥機で 18℃、10、16、24 時間行った。
- オ. 加圧加熱処理：115℃50、60、70 分で実施した。
- カ. 官能評価：1) と同条件で実施した。

(3) 結果及び考察

抗酸化処理を実施し、乾燥および加圧加熱処理を行ったカレイの官能評価を実施した結果、以下の知見が得られた。まず、乾燥 10 時間の処理では加圧加熱後に多くのドリップ量が発生した。また、

加圧加熱処理を 60 分以上行うことで中骨が柔らかくなり、気にせず食べられる状態になることが確認された。さらに、ホエイパウダー1%処理区では無処理区と比較して酸化臭の低減が確認されたが、無処理区よりも身が固く、風味が悪いという評価も得られた(表 3-10、3-11)。城田ら 6)は、緑茶、牛乳、昆布水、トマト果汁、白煎りごま、バターの 7 種を焼き魚調理に用い、いずれも魚臭を抑制する効果があり、特に昆布水の効果が高いことを報告している。これらの知見は、本研究の結果とも矛盾するものではなく、ホエイパウダーに代わる魚臭低減素材として参考にする価値があると考えられる。

これらの結果から、製品の品質向上のためには、乾燥時間、加圧加熱処理時間、および適切な抗酸化素材の選定が不可欠であることが示唆された。

表 3-10 抗酸化処理および加圧加熱処理条件したカレイの官能評価(乾燥 16 時間)

抗酸化 処理条件	評価項目			
	骨	身	におい	風味
ホエイパウダー 1%	2	1	1	2
	2	1	1	1
	2	1	1	2

対照区は、3%食塩水に 5℃16 時間浸漬後、16 時間低温除湿乾燥し、それぞれの条件で加圧加熱処理した。骨の硬さは、対照区と比較して、骨がかり砕けるかを 1：対照区よりかり砕ける、2：対照区と同等、3：対照区よりかり砕けない、の 3 段階の評点法で評価した。身の硬さは、対照区と比較し、1：対照区より硬い、2：対照区と同程度、3：対照区より軟らかい、の 3 段階の評点法で評価した。

においは、対照区と比較し、1：対照区より弱い、2：対照区と同程度、3：対照区より強い、の 3 段階の評点法で評価した。風味は、対照区と比較し、1：対照区より悪い、2：対照区と同程度、3：対照区より良い、の 3 段階の評点法で評価した。

表 3-11 抗酸化処理および加圧加熱処理条件したカレイの官能評価(乾燥 24 時間)

処理時間 (分)	抗酸化 処理条件	評価項目			
		身	骨	におい	風味
50	ホエイパウダー 1%	2	2	1	2
60		2	2	1	2
70		2	2	1	2

対照区は、3%食塩水に 5℃16 時間浸漬後、24 時間低温除湿乾燥し、それぞれの条件で加圧加熱処理した。評価法は、表 3-10 と同様に評価した。

3-6) サンマ

(2) 実験方法

- ア. 原料：北海道産サンマ（120g/尾前後）
 イ. 身の形態：内臓を取り除いた腹尾開きフィレ
 ウ. 抗酸化処理条件：ホエイパウダー1%、浸漬温度 5℃、処理時間は 16 時間で行った。
 エ. 乾燥条件：低温除湿乾燥機で 18℃、4、6、8 時間行った。
 オ. 加圧加熱処理：115℃35、45、55 分で実施した。
 カ. 官能評価：1）と同条件で実施した。

(3) 結果及び考察

抗酸化処理を施し、乾燥および加圧加熱処理を行ったサンマの官能評価を実施した結果、以下の知見が得られた。まず、乾燥 4 時間の処理では、加圧加熱処理後にドリップ量が多く発生した。乾燥 8 時間ではドリップの発生は見られなかったが、身が固くなる傾向が観察された。これに対して、乾燥 6 時間の処理ではドリップの発生が少なく、加圧加熱条件 115℃で 45 分の処理を行った場合、身が柔らかく骨まで食べられる状態であると評価された(表 3-12、3-13)。

ホエイパウダー1%処理区では、無処理区に比べて酸化臭の低減が見られたが、依然として酸化臭が感じられることが課題として浮上した。これにより、ホエイパウダーの濃度をさらに検討する必要があることが示唆された。また、ホエイパウダー以外の抗酸化素材の検討も重要であることが分かった。

これらの結果から、製品の品質向上には、乾燥時間、加圧加熱処理時間、および適切な抗酸化素材の選定が不可欠である。特に、ホエイパウダーの濃度調整や他の抗酸化素材の探索が重要な要素

表 3-12 抗酸化処理および加圧加熱処理条件したサンマの官能評価(乾燥 6 時間)

処理時間 (分)	抗酸化 処理条件	評価項目			
		身	骨	におい	風味
50	ホエイパウダー 1%	2	2	2	2
60		2	2	2	3
70		2	2	2	3

対照区は、3%食塩水に 5℃16 時間浸漬後、6 時間低温除湿乾燥し、それぞれの条件で加圧加熱処理した。評価法は、表 3-10 と同様に評価した。

となる。

表 3-13 抗酸化処理および加圧加熱処理条件したサンマの官能評価(乾燥 8 時間)

処理時間 (分)	抗酸化 処理条件	評価項目			
		身	骨	におい	風味
50	ホエイパウダー 1%	2	2	2	2
60		2	2	2	3
70		2	2	2	3

対照区は、3%食塩水に 5℃16 時間浸漬後、8 時間低温除湿乾燥し、それぞれの条件で加圧加熱処理した。評価法は、表 3-10 と同様に評価した。

4) 小括

本研究項目では、魚の消費低下の要因となっている魚のにおいや骨の除去の煩わしさを解消するため、新たな製造技術の開発を目的とした。抗酸化処理および加圧加熱処理を利用し、各魚種に応じた適切な処理条件を詳細に検討した結果、次のような知見が得られた。まず、サバに対する処理技術の開発においては、チーズホエイおよびとうふホエイの利用がサバのにおい成分 1-penten-3-ol の顕著な低減効果を示し、食感改善にも寄与することが明らかとなった。さらに、ホエイパウダーを使用した場合でも、非加熱のチーズホエイに代わる有効な材料であることが示された。次に、新規魚種であるコマイ、ブリ、サケ、ホッケ、カレイ、サンマについても、抗酸化処理および加圧加熱処理の適切な条件を設定することで、においの低減と骨の軟化が両立可能であることが確認された。これらの処理条件の適用により、魚の風味改善および一般家庭での利用価値の向上が期待できる。

これらの成果は、魚のにおいを効果的に低減し、骨まで食べられる水産加工品の製造技術の確立に寄与するものである。この技術の確立により、魚の消費促進が期待され、消費者にとってより魅力的な魚製品の提供が可能になるであろう。

10.3 におい低減・骨軟化処理技術の新たな展開背景

魚離れの主要因であるにおい（魚臭さ）や食べる手間（骨を除く等の煩わしさ）を解消するため、我々は魚種に応じた抗酸化処理および加圧加熱処理の条件を検討した。その結果、においが低減され、骨まで喫食可能な水産加工品製造技術を確立した。

本項目は、この技術をさらに発展させ、幅広い消費者ニーズに対応する製品を創出することを目的とする。具体的には、使用する魚種に応じた最適な処

理条件を詳細に探求し、商品化に向けたプロトタイプの製造と評価を行う。この技術の活用によって、従来の水産加工品に対する消費者の懸念を払拭し、新規市場の開拓や既存市場でのシェア拡大が期待される。

1) ハンバーグ様製品の開発

(1) 目的

魚臭低減処理および魚骨の軟化技術を活用し、原料魚のサイズ選別が不要な常温流通可能な中間素材を製造することである。具体的には、その中間素材からハンバーグ等を作製し、物性等の分析を行い、加工適性を評価することによって、さらに実用性の高い食品製造技術を確立する。

(2) 材料と方法

ア. 原料: 日高沖冷凍マサバ、牛豚合挽肉(割合 7:3、豪州産牛肉、道内産豚肉)

イ. 中間素材の調製: 原料魚を 5℃で一晩解凍し、頭部および内臓を除去し、図 4-1 に従い、抗酸化処理、18℃で 8 または 18 時間、低温除湿乾燥したものをミートチョッパーで 10mm 目に細切した後に真空包装し、115℃40 分加圧加熱処理を行って中間素材を調製した。

ウ. 抗酸化処理: 水道水に食塩を 3%、抗酸化素材としてホエイパウダー(よつ葉乳業)を 0、0.5、1%加え、4℃で 18 時間原料魚を浸漬した。

エ. ハンバーグの調製: 中間素材及び牛豚合挽肉は、表 4-1 の配合割合でボウルに入れ、手で粘りがでるまでよく混合した。カスタネット大(約 90g)に成形後、中火で加熱したフライパンで片面 2 分ずつ焼成し、皿に取り出し、粗熱を取り、物性評価及び官能評価を行った。

オ. 物性評価: クリープメータ(山電, RE2-3305S)を用い、円筒プランジャー(φ 8mm)を使用して、破断応力、もろさ応力を測定した。

カ. 官能評価: 食感の評価について、センター職員パネル 3 名にて実施した。

(3) 結果および考察

図 4-2 および図 4-3 に、中間素材を用いたハンバーグの物性測定結果を示した。破断応力に関して、中間素材を使用したハンバーグは、生鮮サバハンバーグ(魚骨入り)や牛豚合挽肉ハンバーグと比較して低い破断応力を示した。また、もろさ応力も同様に低下しており、これにより中間素材を使用したハンバーグの柔らかい食感であることが示唆された。

官能評価の結果においても、ホエイ抗酸化処理を施した中間素材を用いたハンバーグは、生鮮サバハ

ンバーグや牛豚合挽肉ハンバーグと比較して柔らかいと評価された。特に、中間素材の加工プロセスにおける抗酸化処理および加圧加熱処理が、食感向上に寄与していると考えられる。また、中間素材の魚骨は気にならないと評価された。

ホエイ抗酸化処理を施した中間素材のハンバーグは、無処理のハンバーグと比較して魚臭が低減して

いると評価された(表 4-2)。したがって、抗酸化処理により中間素材を用いたハンバーグは、生鮮サバハンバーグよりも食べやすい製品となり得ることが示唆された。

これらの結果から、中間素材を用いたハンバーグは全般的に柔らかく、さらに抗酸化処理によって魚臭が低減されるため、食べやすい製品であることが示唆された。また、中間素材の加工プロセスは、製

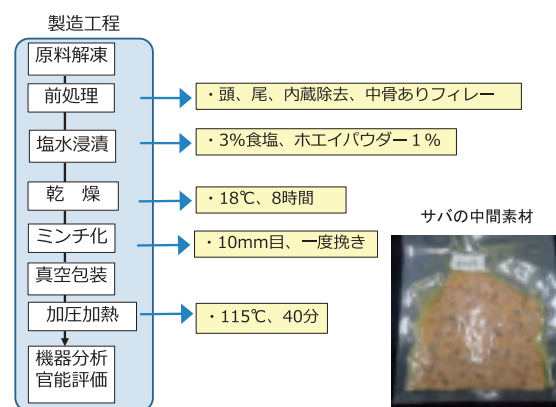


図 4-1 サバ中間素材の製造方法

表 4-1 サバハンバーグの配合割合

材料	配合(g)
中間素材	300
玉ねぎ	40
パン粉	60
牛乳	60
塩こしょう	1
卵	50

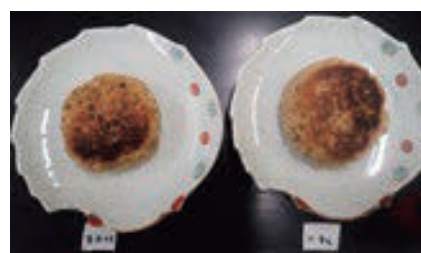


図 4-2 サバ中間素材を用いたハンバーグの外観

品の品質向上に寄与していることが明らかとなった。

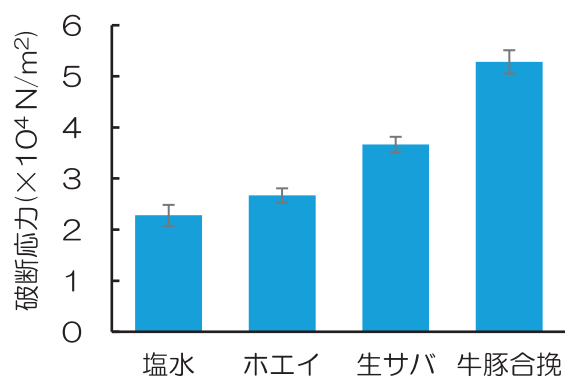


図 4-2 サバ中間素材ハンバーグの破断応力

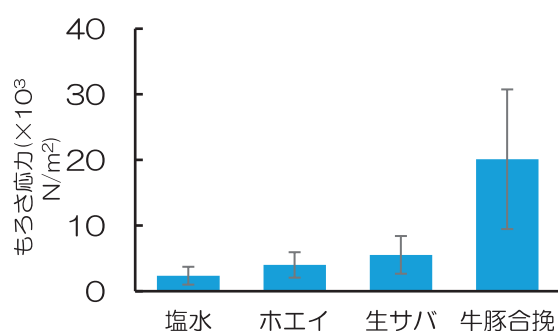


図 4-3 サバ中間素材ハンバーグの破断応力

表 4-2 サバ中間素材ハンバーグの官能評価

抗酸化処理	におい	骨の硬さ
ホエイパウダー1%	1	2

においは、対照区（抗酸化素材を含まない3%食塩水で処理した）と比較し、1：対照品より弱い、2：対照品と同程度、3：対照品より強い、の3段階の評点法で評価した。骨の硬さは、骨が見砕けるかを1：かみ砕けない、かみ砕けるがやや硬い、3：容易にかみ砕けない、の3段階の評点法で評価した。

2) 骨まで喫食可能な珍味の開発

(1) 目的

1) で開発した技術を使用して、新たな珍味状の加工食品を開発する。具体的には、食品の特性を評価し、その特徴を活かした加工方法や味付けを探る。これにより、競争力のある新しい珍味状食品を提供することを目指す。

(2) 材料と方法

ア. 原料および処理方法：1) と同様とした。

イ. 抗酸化処理：水道水に食塩を 3%、抗酸化素材としてホエイパウダー（よつ葉乳業）を 1% 加え、4℃で 18 時間原料魚を浸漬した。

ウ. 製造方法：現状のこつぱく製法に準じて、図 4-4 のとおり作製した。乾燥に当たって、通常 6 ～8 時間であるが、これを珍味状の食感とする

ために 24～48 時間まで乾燥を行った。乾燥後に真空包装し、加圧加熱処理(115℃、40 分)を行った。

エ. 脂質酸化評価：TBARS キットを用いて、評価を行った。

オ. 官能評価：センター職員パネル 3 名にて実施した。

(3) 結果および考察

乾燥時間に伴う水分含量の変化を検討したところ、24 時間から 48 時間の間において、乾燥時間の進行に従って水分は有意に減少していた(図 4-4)。次に、脂質酸化度は、乾燥が進むにつれて、脂質の酸化は 32 時間までは比較的急速に進行したが、32 時間以降は進行が緩やかであった(図 4-5)。この結果から、ホッケの脂質酸化は初期の乾燥時間で大きく進むものの、32 時間を超えると酸化の進行が鈍化することが示唆された。ただし、官能評価の結果では、48 時間後の乾燥でも酸化臭が感じられたため、さらなる抗酸化素材の浸漬条件の検討が必要であると考えられた。一方、食感についての評価は、乾燥時間が食感に影響を与えており、特に、48 時間乾燥させたホッケは最も珍味に近い食感を示した。

これらの結果から、乾燥時間を適切に調整することが、ホッケの脂質酸化を抑えるために重要であることが分かった。また、食感の向上を目指す上でも、乾燥時間が大きく影響することが示された。特に、より一般的な珍味に近い食感を実現するためには、48 時間の乾燥が最適であることが確認された(図 4-6)。

3) 小括

本研究項目では、魚のにおいや骨の除去の煩わしさといった消費者の懸念を軽減し、魚の消費低下に対処するための製造技術を開発することを目的とした。抗酸化処理および加圧加熱処理を利用し、魚種に応じた適切な処理条件を詳細に検討した結果、次の知見が得られた。まず、常温保存可能な中間素材を活用したハンバーグの加工適性について調査したところ、中間素材を用いたハンバーグは生鮮サバハンバーグや牛豚合挽肉ハンバーグに比べて低い破断応力およびもろさ応力を示すことが分かった。これにより、中間素材を使用したハンバーグは柔らかい食感を持つことが示唆された。また、官能評価の結果からも、ホエイ抗酸化処理を施した中間素材を用いたハンバーグは柔らかく、魚臭が低減していることが評価された。次に、珍味状素材加工品の開発に

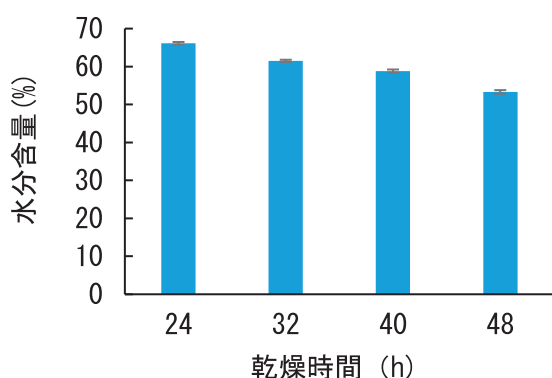


図 4-4 乾燥時間による珍味状ホッケの水分含量 (%)

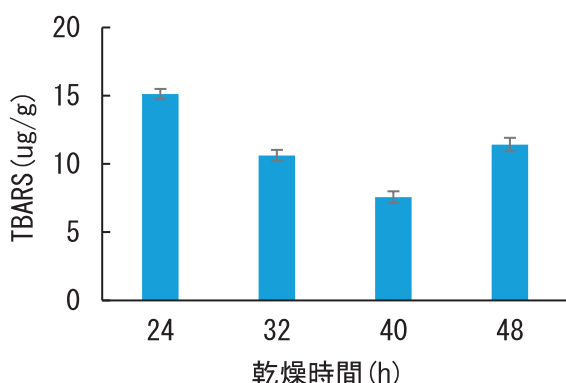


図 4-5 乾燥時間による珍味状ホッケの脂質酸化度 (TBARS 法)

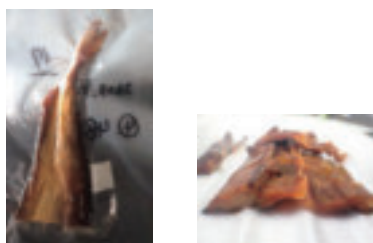


図 4-6 48 時間乾燥し作製した珍味状加工品

において、乾燥時間がホッケの脂質酸化および食感に与える影響を検討した。乾燥時間が進むにつれて水分は減少し、脂質酸化は 32 時間まで急速に進行したが、それ以降は緩やかに進行した。ただし、官能評価においては酸化臭が感じられるため、さらなる抗酸化素材の浸漬条件の検討が必要であることが分かった。一方で、48 時間乾燥させたホッケは最も珍味に近い食感を示すことが確認された。

これらの成果は、新たな水産加工品の開発において魚のにおい低減および食感改善に寄与することが示された。抗酸化処理および加圧加熱処理技術の適用により、幅広い消費者ニーズに対応する高品質な

水産加工品の製造が可能となり、魚の消費促進に繋がることが期待される。

10.4 総括

本研究では、魚のにおいや骨の除去の煩わしさという消費者の懸念を解消し、魚離れを引き起こしている問題に対応する製造技術を開発および評価した。抗酸化処理および加圧加熱処理技術を駆使し、魚種ごとに適切な処理条件を詳細に検討した。その結果、次の知見が得られた。まず、サバに対する処理技術の開発においては、チーズホエイおよびとうふホエイの利用が効果的であることが確認された。この処理により、サバのにおい成分の低減が達成され、食感も改善された。また、ホエイパウダーを使用した場合でも、同様の効果が得られることが示され、抗酸化処理と加圧加熱処理の有効性が明示された。さらに新規魚種であるコマイ、ブリ、サケ、ホッケ、カレイ、サンマについても、抗酸化処理および加圧加熱処理の適切な条件を設定することで、においの低減と骨の軟化が両立可能であることが確認された。次に、消費者ニーズに応じた製造技術の開発では、常温保存可能な中間素材を使用したハンバーグの加工適性や、乾燥時間がホッケの脂質酸化および食感に与える影響を詳細に評価した。その結果、中間素材を用いたハンバーグは柔らかく、魚臭が低減されていることが確認された。さらに、48 時間乾燥させたホッケが最も珍味に近い食感を示すことが明らかになった。

本研究の成果に基づく今後の展開として、まず、多様な魚種に適用可能な製造技術の拡張が期待される。本技術の有効性が確認されたことで、他の魚種にも同様の処理を適用することが可能となり、さらに多様な水産加工品の開発が進むであろう。これにより、市場には新しい価値が提供されることが予想される。

引用文献

- 1) 吉川修司, 宮崎亜希子, 「こつぱくっと」製法の開発と商品化, 戦略研究成果報告書(素材・加工・流通技術の融合による新たな食の市場創成), 32-36 (2020)
- 2) 大田寿行, キダイおよびイボダイの加圧加熱処理による骨の軟化と形態保持技術, 山口農林総技セ研報, 8, 23-25 (2017)
- 3) 古田智絵, 小型マイワシおよびサバ水産加工品の加圧加熱および乾燥処理による骨の軟化と外観の改善, 道総研食品加工研究センター 研

- 究報告, 15, 21-25(2020)
- 4) 吉川修司, 一夜干しのにおい成分の解析及び抑制技術の開発, 道総研食品加工研究センター研究報告, 13, 1-9(2018)
 - 5) 新潟県農業総合研究所食品研究センター 水産加工食品科, 魚臭を低減できる水産塩干品(一夜干し)の製造方法, 農業総合研究所研究成果情報, <https://www.pref.niigata.lg.jp/uploaded/attachment/412872.pdf>, (参照日 2025/1/17)
 - 6) 城田直子, 峯木眞知子, 食材および調味料の添加による魚料理のにおい抑制効果, 東京家政大学研究紀要, 57(2), 55-60(2017)
 - 7) 水産庁, 第1章 我が国の水産物の需給・消費をめぐる動き, 令和5年度水産白書, 55～64(2024)