

蒲鉾製造ロスの再利用を目的とした 循環型食品加工技術の開発



ふなつ・やすひろ
北海道大学大学院水産学
研究科水産食品学専攻博士
後期課程修了。富山県食品研
究所、酪農学園大学助教授
を経て、現在、酪農学園大
学農食環境学群食と健康学
類教授。水産学博士

船津 保浩



さとみ・まさたか
東京水産大学大学院水産学
研究科博士後期課程修了。
水産庁中央水産研究所を
経て、現在、(独)水産総
合研究センター中央水産研
究所水産物応用開発研究セ
ンター主任研究員。水産学
博士

里見 正隆



はらだ・やすゆき
東京水産大学海洋生産学
科卒業。富山県水産試験
場漁業資源科研究員、富
山県庁水産漁港課、農林
水産企画課主任を経て、
現在、富山県農林水産総
合技術センター食品研究
所食品加工課主任研究員。

原田 恭行

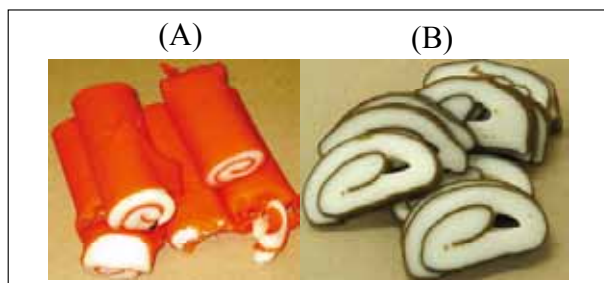
はじめに

近年、地球温暖化の問題から世界各国で温室効果ガスの削減の目標が掲げられている。温室効果ガスには工場や車両だけでなく、食品ロスの廃棄による排気ガスも関与しており、環境負荷の軽減は現在、地球的規模の大問題となっている。

日本では年間1,900万トンの食品廃棄物が排出されており、この中には本来食べられるにもかかわらず捨てられている「食品ロス」が約500~900万トン含まれると推計されている。日本の食品自給率(カロリーベース)は約40%であり、多くの食料を輸入に頼っている¹⁾。また、世界の食料は人口増加や経済の発展により不安定な状況で、今後とも安定的な食生活を送るためには食料自給率の向上だけでなく、食品や食材を無駄なく利用す

る必要がある¹⁾。

一方、日本は練り製品を最も多く消費する国である。中でも富山県は伝統的な渦巻蒲鉾^{かまぼこ}の生産地であり、かつては高い技術を有する職人により製造されていたが、技術革新に伴い渦巻蒲鉾等の機械による大量生産が可能となった。しかし、製造工程で規格外品(蒲鉾ロス)が発生する問題が生じている(第1図)。蒲鉾ロスは製品種類に応じて多様な成分、物性、風味および様々なサイズのものが発生するため、同一製品への再利用は極めて困難である。そのため食品への再利用ができず、これまでは有料で肥料化や廃棄処理業者に委託していた。また、水産加工用原料不足から冷凍すり身の価格が上昇しているため、蒲鉾ロスの食品への再利用技術の開発は食品業界にとっては火急の課題である。本稿では、環境負荷の軽減と循環型資源形成を目的として、製造ロスを麴と好塩性乳酸菌を用いた発酵により調味料に変換し、蒲鉾に再利用する循環型食品加工技術を確立したので、その概要をご紹介します。



第1図 蒲鉾ロス
(A)：赤巻、(B)：昆布巻
(カラー図表をHPに掲載 C004)

1. 現状調査

研究協力者である(株)梅かまにおける蒲鉾ロスの発生状況を調査した。その結果、蒲鉾ロスは主に成型・加熱工程で発生すること、種類としては蒸し蒲鉾や渦巻蒲鉾(赤巻と昆

布巻) 等多種類であること, 年間発生量は約 17.5 トンで, 発生時期としては 12 月に多いことが分かった²⁾。

2. 発酵調味料の仕込みと発酵

製造ラインで発生した蒲鉾ロスは回収後, -20°C で試験開始まで凍結保管した。仕込みは穀物醸造^{しょうじょう}醤油の製造方法に準じて行った。すなわち, 主原料を解凍後, 採肉機で細切し, 細切肉 (約 5 mm 角) をミキサー (FDM-130, 中井機械工業) に入れ, 食塩, 醤油麹, 水および好塩性乳酸菌を加えてよく混合した。醤油麹は蒸し脱脂大豆: 抄合小麦 = 1 : 1 に *Aspergillus oryzae* (一紫一号菌, ビオック) を接種して製造したもの, 好塩性乳酸菌は *Tetragenococcus halophilus* (秋田今野商店) を用いた。得られたもろみをタンクに入れて定期的に^{かくはん}攪拌し, 暗所で約 180 日間常温発酵させた。発酵後のもろみをもろみ袋に入れ, 油圧搾機 (KS-4, 新駒形機械製作所) で圧搾した汁液を火入れ後, 循環型精密ろ過機 (7M-4, ノリタケカンパニーリミテド) で, ろ過後の, ろ液を最終製品とした。なお, 最終製品の回収量は仕込み時のもろみから算出すると約 80% であった³⁾。

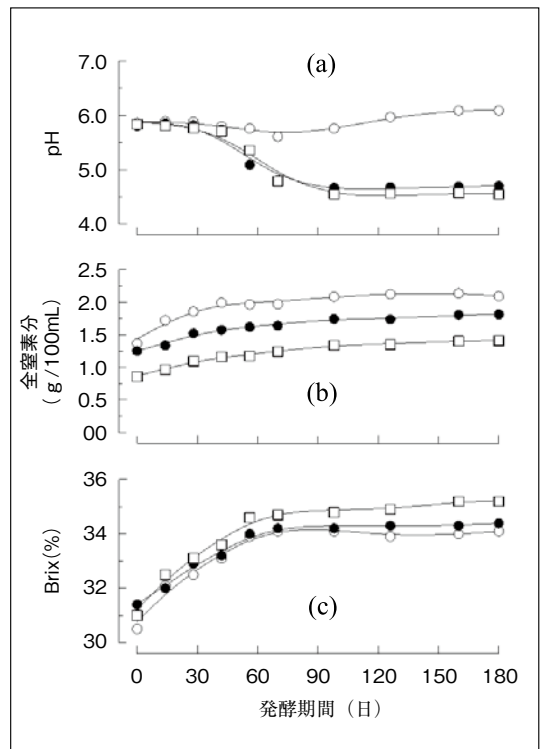
3. 発酵調味料製造工程におけるヒスタミン (Hm) の蓄積原因と抑制手法

後述するが小善ら⁴⁾ は, 魚醤油の仕込み時に蒲鉾ロスと好塩性乳酸菌を添加することで, 発酵中のもろみの Hm 生成菌の増殖と Hm の蓄積を抑制する事実を明らかにした。また発酵中のもろみから分離した Hm 生成菌株はピルボイル型ヒスタジン (His) 脱炭酸酵素 (HDC) を保有している *T. halophilus* であり, 本酵素遺伝子 (*hdc*) はプラスミドにコードされていた。*hdc* は転移性で Hm 生成能は株間を移動し, Hm 生成菌を増やしていくと推定された⁵⁾。さらに, 発酵中の Hm 生成菌の増殖抑制には蒲鉾に含まれている砂糖やデンプンが関与していることも実証された⁶⁾。

4. 蒲鉾ロスを利用した発酵調味料の品質

4.1) 発酵中のもろみの品質

ニギス (頭と内臓を含む) およびロスは, それぞれ挽肉機で挽肉にし, ニギス 260kg (C 区), ニギス: ロス = 130kg : 130kg (M 区) およびロス 260kg (W 区) の 3 種類を主原料として用いた。もろみの調製は, それぞれの主原料に対し, 水 86kg, 醤油麹 40kg および醤油用乳酸菌 *Tetragenococcus halophilus* ((株) ビオック) 50mL を, また, 食塩については C 区で 66kg, M 区で 63kg, W 区で 60kg を加え混合した後に, 暗所に保管し, 常温で 180 日間の発酵を行った。その結果, 各試験区の pH (第 2 図 (a)) は, 発酵 0 日目で 5.8 ~ 5.9 であった。C 区では, 28 ~ 70 日目まで pH が緩やかに低下したが, その後上昇し, 180 日目では 6.1 となった。一方, M と W 区は, 28 日目以降 pH が低下し, 70 日目にはいずれも 5.0 を下



第 2 図 発酵中の各種もろみの pH (a), 全窒素分 (b) および Brix (c) の変化
○, C : ニギス魚醤油; ●, M : 混合魚醤油; □, W : ロス魚醤油

回り, 180 日目には M 区で 4.7, W 区で 4.6 となった。C 区では 70 日目以降, Hm 量が他の試験区に比べ高い値で推移しており, 蓄積した Hm の影響により pH 低下が抑制されたものと推察される。次に全窒素分 (第 2 図 (b)) は, C 区で高く, 発酵 180 日目では 2.0 / 100mL を上回った。この値は, Taira ら⁷⁾ が調製したニギス魚醤油 (1.8 g / 100mL) より, 高い値であった。一方, W 区では, 発酵期間を通して低い値で推移し, 180 日目で 1.4 g / 100mL となった。M 区では, それらの中間的な値で推移し, 180 日目で 1.8 g / 100mL となった。蒲鉾は塩ずりした魚肉を加熱しゲル化させたものであり, 自己消化酵素⁸⁾ の影響をほとんど受けないことから, W 区では全窒素分が低くなったものと推察される。Brix (第 2 図 (c)) は, 発酵期間中, すべての試験区で増加し, 180 日目の値は 33.3 ~ 35.2 であった。W 区でやや高い値で推移したが, 変動パターンは, その他の試験区と一致していた。蒲鉾原料である冷凍すり身には砂糖などの糖類が添加されており, W 区ではこれらの影響により, Brix が高くなったものと推察される。次に各試験

区の遊離アミノ酸 (第 1 表) について見ると, いずれの試験区も発酵中に総量が増加し, 180 日目の C と M 区は, それぞれ, 7538 と 8753mg / 100mL であった。これらは, 日本や東南アジアで製造される各種魚醤油^{9, 10)} のそれと同等または上回る値であった。一方, W 区では, C および M 区に比べて総量が低く推移し, 180 日目では 6370mg / 100mL となった。ロスを主原料とした W 区では, 自己消化酵素⁸⁾ の影響を受けないことから, 総量が低くなったものと考えられる。さらに 180 日目の遊離アミノ酸の各成分をみると, いずれの試験区でも Glu, Ala, Val および Lys が高い傾向にあった。Park ら¹⁰⁾ は, 日本, ベトナム, タイで製造される各種魚醤油を調査し, 共通して多く含まれる遊離アミノ酸は Asp, Glu, Ala, Val, Lys および His であると報じている。本研究では, Glu, Ala, Val および Lys に関してはそれらとよく一致したが, Asp は低い値であった。また, C 区では His も 12mg / 100mL と低い値を示した。発酵中の Hm 生成菌数 (第 3 図) は, すべての試験区で発酵 14 ~ 70 日目にかけて急激に増加し, 70 日目

第 1 表 発酵中の各種もろみの遊離アミノ酸組成の変化 (mg / 100mL)

Fermentation period (day)	ニギス魚醤油 C					混合魚醤油 M					ロス魚醤油 W				
	0	28	56	98	180	0	28	56	98	180	0	28	56	98	180
Tau	115	120	116	121	118	97	97	91	88	87	21	20	23	14	22
Asp	398	739	841	750	77	370	599	818	73	155	286	510	514	91	166
Thr	234	451	461	523	8	200	366	413	401	434	137	250	259	268	263
Ser	247	373	455	28	4	205	205	408	400	422	175	309	308	270	262
Glu	669	1305	1367	1568	1468	891	1609	1689	1614	1662	1085	1678	1632	1645	1632
Gly	126	266	248	330	395	190	354	340	334	361	294	441	431	427	400
Ala	299	550	585	873	1376	269	497	566	1035	1073	227	387	387	694	679
Val	258	502	522	625	628	219	414	469	484	554	161	291	291	320	338
Cys	21	43	41	40	23	16	23	25	14	ND	22	23	23	13	ND
Met	129	257	272	313	276	107	212	237	249	286	93	159	171	186	189
Ile	241	483	504	608	510	200	384	445	467	526	144	274	287	317	323
Leu	405	760	800	916	688	347	623	743	795	870	299	525	550	607	609
Tyr	87	81	71	65	68	46	56	66	73	97	61	66	65	46	69
Phe	157	308	346	433	423	121	243	308	356	408	92	171	199	233	234
Orn	7	6	249	276	69	4	9	338	456	428	4	6	65	284	234
Lys	477	861	896	1046	1026	415	766	817	856	916	364	611	615	673	640
His	102	199	196	153	12	85	163	167	130	140	59	111	106	78	73
Arg	337	619	307	23	ND	248	365	39	31	65	186	274	221	37	71
Pro	101	256	244	306	371	92	272	207	229	267	74	130	145	156	167
Total	4410	8180	8520	8995	7538	4122	7255	8184	8084	8753	3784	6236	6291	6359	6370

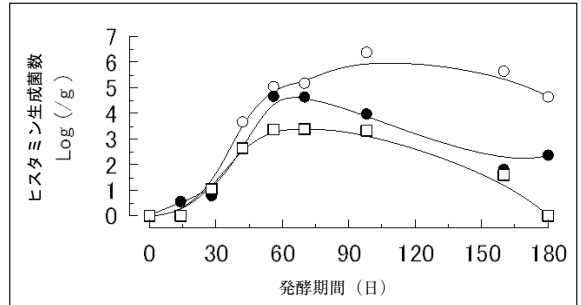
ND: 検出せず

のC区では $10^5/g$ 、MとW区では、それぞれ 10^4 および $10^3/g$ レベルであった。C区では70日目以降もHm生成菌数がほぼ $10^5 \sim 10^6/g$ で推移したが、MおよびW区ではいずれも減少傾向に転じ、180日目では $10^5/g$ 以下のレベルであった。Hm量(第4図(a))の変動を見ると、すべての試験区で発酵56日目以降に増加する傾向が認められ、C区では180日目まで、ほぼ直線的に増加し $165mg/100mL$ となった。また、C区では、Hisの減少に伴いHmの増加する現象が見られた(第4図(b))。HisはHmの前駆物質であり、Hm生成菌のHis脱炭酸酵素の作用^{5,11)}により、Hmが生成されることが知られている。本研究においても、C区では、この生成反応によりHis量が低下したものと推察される。一方、MとW区では98日目にHm量が $20mg/100mL$ 以上となったが、それ以降、Hm量の大量蓄積は見られず、Hisの減少傾向も認められなかった。180日目におけるMおよびW区のHm量は、それぞれ33と $24mg/100mL$ で、C区と比較した場合、 $1/5$ 以下であった。すなわち、ロスのみ、またはロスと魚肉の混合物を主原料とした場合、発酵初期にpHが低下したことで、Hm生成菌の増殖が抑制され、Hmの蓄積も抑制されたものと推定される。

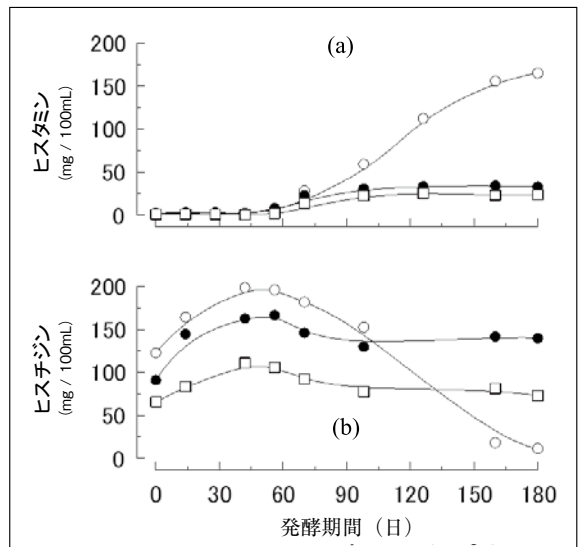
4.2) 最終製品の品質

4.1)の結果を踏まえ、第2表のような配合で常温・6カ月間発酵させ、得られた最終製品の品質をニギス、混合およびロス魚醤油と比較した。まず、色と化学成分を見ると、混合およびロス魚醤油はいずれもニギス魚醤油と比較して明度(L*)が高く、赤色度(a*)と黄色度(b*)が低い傾向が見られた。また、JAS規格の大豆

濃口醤油のレベル¹²⁾をそれぞれの製品の全窒素分と無塩可溶性固形分から比較すると、ニギスおよび混合魚醤油は特級で、ロス魚醤油は上級であった。Parkら⁹⁾の選択した10種類の呈味有効成分を用いて最終製品を比較すると、総量はニギス魚醤油>混合魚醤油>ロス魚醤油の順であったが、う



第3図 発酵中の各種もろみのヒスタミン生成菌数の変化
○, C: ニギス魚醤油; ●, M: 混合魚醤油; □, W: ロス魚醤油

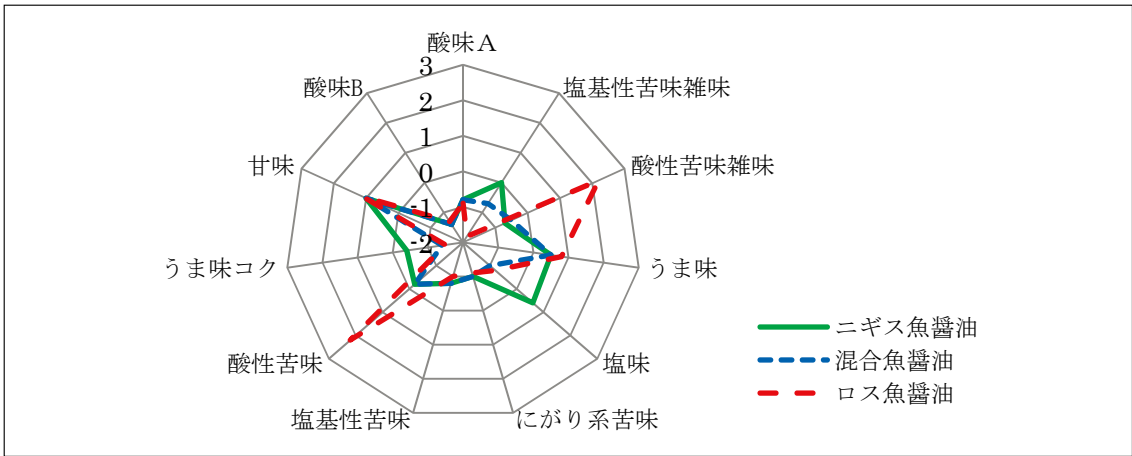


第4図 発酵中の各種もろみのヒスタミン (a) およびヒスタジン (b) の変化
○, C: ニギス魚醤油; ●, M: 混合魚醤油; □, W: ロス魚醤油

第2表 仕込み時の原材料の配合

検体名	ニギス (kg)	ロス (kg)	塩 (kg)	醤油麹 (kg)	水 (kg)	乳酸菌 (g)	砂糖 (kg)
砂糖と乳酸菌	260	0	66	40	86	230	13.6
混合	91	91	44	28	60	160	0
ロス	0	182	42	28	60	160	0

砂糖と乳酸菌 -- ニギス:ロス = 100:0で3%砂糖と乳酸菌添加区
混合 -- ニギス:ロス = 50:50で乳酸菌添加区
ロス -- ニギス:ロス = 0:100で乳酸菌添加区
乳酸菌: *Tetragenococcus halophilus* (秋田今野商店)
醤油麹: *Aspergillus oryzae* (一紫一号菌, ビオック)

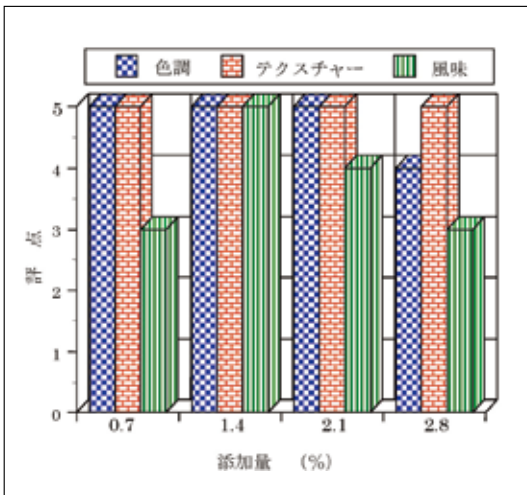


第5図 各種発酵調味料の味覚分析 (カラー図表をHPに掲載 C005)

ま味成分 (Glu と Asp の合計) 量はほぼ同じレベルであった。味覚分析¹³⁾によるニギス、混合およびロス魚醤油の比較では、前二者と後者で酸性苦味や酸性苦味雑味が異なることが分かった (第5図)。言い換えると、蒲鉾には冷凍すり身の他にデンプン、鶏卵白、調味料等の複合した原材料が使用されているため発酵調味料にした場合、「すっきり感」と「シャープな塩味」が魚肉を利用した製品と比べて異なると考えられた。

5. 発酵調味料の蒲鉾への再利用

得られた最終製品を蒲鉾に添加した場合、どの

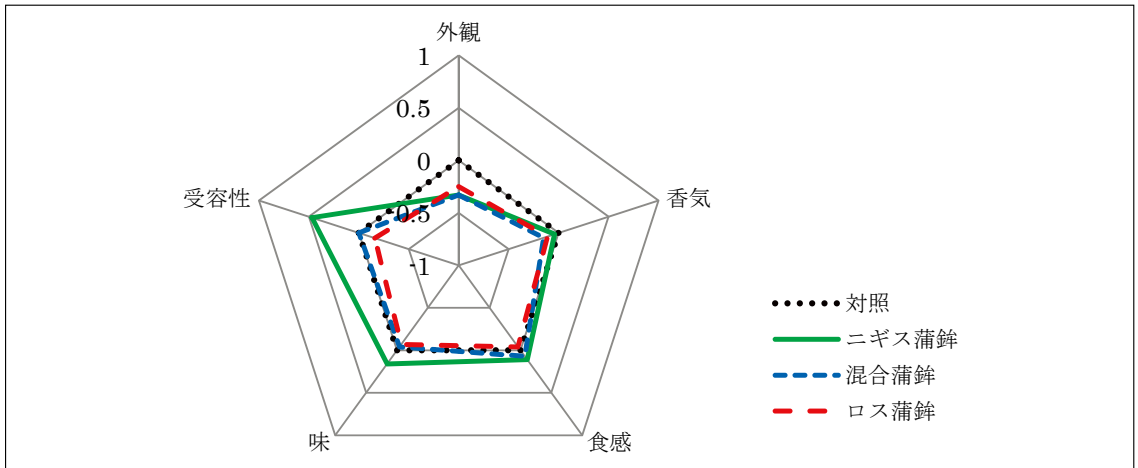


第6図 蒲鉾製造職人によるニギス魚醤油添加試験
0 : かなり悪い, 1 : やや悪い, 2 : 悪い,
3 : やや良い, 4 : 良い, 5 : かなり良い
(カラー図表をHPに掲載 C006)

製品が再利用に適しているのかを確かめる目的で市販のうま味調味料を添加した製品を対照としてニギス、混合およびロス魚醤油を添加した場合の各種蒲鉾の嗜好性試験を調査した。各種蒲鉾への添加量は蒲鉾職人によるニギス魚醤油添加試験の結果、色調、テクスチャーおよび風味の点から1.4%添加試料が最も高い評点であった (第6図)。そこで各種魚醤油を1.4%添加した蒲鉾を約5mmの厚さに切断し、24~54歳までの55人をパネルとして一対比較法を用いてニギス、混合およびロス蒲鉾の対照に対する好ましさを5段階 (2 : かなり好ましい, 1 : 好ましい, 0 : 同じ, -1 : 好ましくない, -2 : かなり好ましくない) で評価した。評価項目は外観、香気、食感、味および受容性である。その結果、受容性ではニギス蒲鉾がその他の試料よりも好まれる傾向が見られたが、いずれの評価項目でも有意差は見られなかった (第7図)。従って、1.4%の添加量では蒲鉾ロスを主原料に利用した発酵調味料を蒲鉾に再利用することが可能であることが分かった。

6. 本技術の特徴と成果の活用

本研究では循環型加工技術を用いて蒲鉾製造ロスを効果的に再利用している点に特徴がある (第8図)。すなわち、発酵・再利用技術である。まず、ロスを食塩、麴および好塩性乳酸菌と共に常温発酵させ、液化率の高いもろみを得る。このもろみを絞り、火入れ、濾過後に得られた製品は、異臭



第7図 各種蒲鉾の嗜好性試験 (カラー図表をHPに掲載 C007)
 対照：従来のうま味調味料を添加した試料。
 ニギス蒲鉾, 混合蒲鉾およびロス蒲鉾はそれぞれ第2表の配合で製造した魚醤油を添加した試料。

が無く、しかも Hm の蓄積量の少ない安全・安心な点に特徴がある。冷暗所で常温発酵させているために電気代をほぼ必要とせず環境にやさしい技術でもある。次に、得られた発酵調味料を蒲鉾に添加して再利用するが、添加量は 1.4% を基準とし、風味の選択により増加させることも可能である。この循環型加工技術の導入により従来のうま味調味料を使用する場合よりも製造コストの削減にも

繋がった。研究協力者である(株)梅かまでは月別蒲鉾生産量の約 3% のロスが発生しているが、その約半分を再利用することが可能となった(自社による平成 22 年 7 ~ 12 月の平均月別再生量の調査結果)。近年の蒲鉾の消費量の低下や冷凍すり身の価格高騰の中で蒲鉾ロスの再利用は食品業界には喫緊の課題であり、本研究は環境負荷の軽減だけでなく、循環型資源形成にも役立つ研究である。



第8図 環境にやさしい循環型加工技術フロー (カラー図表をHPに掲載 C008)

冒頭でも述べたように日本は水産練製品の消費大国であるため全国各地で蒸し蒲鉾, 焼板蒲鉾, ちくわ, 風味蒲鉾および揚げ蒲鉾等の製品が製造されている。本研究は食品ロスの削減にかかわる急務な問題解決につながる成果であり, 比較的低コストで導入可能であることから, 今後は練製品の規格外品(製造ロス)だけでなく他の食品のそれ

にも幅広く応用していきたい。

本研究は第14回うま味研究会および科学研究費補助金基盤C(研究課題番号:22500769)の研究費の一部を用いて研究したものであり,ここに謝意を表する。

また,本研究の遂行にあたりご協力いただいた(株)梅かまに深謝します。

参 考 文 献

- 1) 農林水産省, 食品ロスの削減に向けて, 2011年3月. [homepage on the internet], 農林水産省総合食料局, 東京: [Cited 3 May 2011], Available from URL: http://www.maff.go.jp/j/soushoku/recycle/syoku_loss/
- 2) 船津保浩(2009)低利用水産資源および蒲鉾製造ロスから調味料へ. 水産物のゼロエミッション—課題と展望一. 冷凍, 84, 43-48.
- 3) Funatsu, Y, Takano, T, Shozen K, Satomi, M, Abe, H. 2008. Extractive components of fish sauces prepared from the waste from kamaboko processing in Japan. Proceedings of the 5th World Fisheries Congress, 4 a-3-5.
- 4) 小善圭一, 高野隆司, 里見正隆, 高橋 努, 船津保浩(2010)発酵中の魚醤油もろみの品質に及ぼす蒲鉾製造ロスの影響. 日本水産学会誌 76, 1083-1085.
- 5) Satomi, M, Furushita, M, Oikawa, H, Yoshikawa-Takahashi, M, Yano, Y. 2008. Analysis of a 30 kbp plasmid encoding histidine decarboxylase gene in *Tetragenococcus halophilus* isolated from fish sauce. *Int. J. Food Microbiology*, **126**, 202-209.
- 6) 高田康平, 高野隆司, 小善圭一, 福井洋平, 里見正隆, 船津保浩(2011)仕込み時の過剰な砂糖の添加が発酵中の魚醤油もろみのヒスタミン蓄積に与える影響. 平成23年度日本水産学会春季大会講演要旨集, p.99.
- 7) Taira W, Funatsu Y, Satomi M, Takano T, Abe H. Changes in extractive components and microbial proliferation during fermentation of fish sauce from underutilized fish species and quality of final products. *Fish. Sci.* 2007; **73**: 913-923.
- 8) Morioka K, Fujii S, Itoh Y, Chengchu L, Obatake A. Recovery of amino acid from protein in the head and viscera of frigate mackerel by autolysis. *Fish. Sci.* 1999; **65**: 588-591.
- 9) Park J-N, Watanebe T, Endo K, Watanabe K, Abe H. 2002. Taste-active components in a Vietnamese fish sauce. *Fish. Sci.* **68**, 913-920.
- 10) Park J-N, Fukumoto Y, Fujita E, Tanaka T, Washino T, Otsuka S, Shimizu T, Watanabe K, Abe H. Chemical composition of fish sauce produced in southeast and east Asia countries. *J. Food comp. anal.* 2001; **14**: 113-125.
- 11) Fujii T, Kurihara K, Okuzumi M. Viability and histidine decarboxylase activity of halophilic histamine-formation bacteria during frozen storage. *J. Food Port.* 1994; **57**: 611-613.
- 12) 農林水産省. 2009. JAS規格一覧, しょうゆの日本農林規格. 2009年8月. [homepage on the internet], 農林水産省, 東京: [Cited 31 August 2009], Available from URL: http://www.maff.go.jp/j/jas_kikaku/kikaku_itiran.html
- 13) Hayashi, K, Yamanaka, M, Toko, K, Yamafuji, K. 1990. Multichannel Taste sensor using lipid membranes. *Sensor and Actuators B 2*, 205-213.