

異なる発酵法で製造した桜えび *Lucensosergia lucens* 醬の品質特性

しょうゆによく似た調味料の一つとして、魚醤油があるが、多くのものが魚を原料にしたものであり、えびを原料にした醤油はそれほどない。今回は駿河湾で採れる桜えびをを原料にした醤油の開発の話であり、その作り方もいろいろな方法の組み合わせで検討されており、得られた醤油の品質も従来とは一味違う内容となっている。日本各地の地域農水産物開発の方向性に合致した内容であるので、地域で研究開発を行っている開発の方々には、参考までに一読をおすすめしたい。

船 津 保 浩

1. はじめに

魚醤油は天然調味料の1つで、魚介類を高濃度の食塩とともに熟成してつくる液体の発酵調味料である。これは、主として原料に含まれる酵素の作用によって魚体のタンパク質が一部分解して構成要素のアミノ酸が遊離して濃厚なうま味と香りを持っている¹⁾。魚醤油には多くの種類が存在し、使われる原材料、製法は多種多様である。主な製造地域として東南アジアが挙げられ、ベトナムの「ニョクナム」や、タイの「ナンプラー」、フィリピンの「パティス」などがある。また、日本の魚醤油の歴史も古く、秋田の「しょつつる」や石川の「いしる」といった、工業的ではなく家庭でも作られている魚醤油がある²⁾。北海道も近年魚醤油の開発に力を入れており、サンマ、サケ、ウニ及びホッケなど豊富な海産物を原料として魚醤油が製造されている。一方、エビを原料とした醤油もあり、甘えび醤油やあみえび醤油などがその例である。

桜えびは日本では駿河湾のほか、遠州灘、相模湾及び東京湾に分布するが、資源保護のために漁獲対象となっているのは駿河湾のみであり、昭和40年代初めからプール制が導入され、資源管理型漁業が行われている³⁾。そのため加工用途も限られている現状である。また、桜えびは一般的に素干し、かき揚げおよび加工醤油などに利用されているが、桜えび醬の製造数はわ

ずかで製品の品質特性に関する情報もないため製造業者の要望に合った製品の製造ができない現状である。本稿では桜えびの新規な加工用途の拡大を目的として、異なる発酵方法で醤油を製造し、発酵中のもろみと最終製品の品質特性について解説する。

2. 製造方法

(1) 各種桜えび醬の製造

2014年4月に駿河湾で漁獲された新鮮なサクラエビ *Lucensosergia lucens* を水揚げ後直ちに-30℃で凍結し、酪農学園大学肉製品製造学研究室まで冷凍輸送した。到着後、流水解凍し、フードカッター (R-8, (株)FMI) で殻付きのまま細切した (殻付き細切肉)。得られた殻付き細切肉を主原料として第1表に示すように7種類のもろみを調製し、2L容ガラス瓶に入れて、ろ紙 (No.2, アドバンテック東洋) でふたをして1週間に1回程度の定期的な攪拌を行いながら30℃で6ヶ月間発酵させた。乳酸菌は *Tetragenococcus halophilus* (株)秋田今野商店)、酵母は *Zygosaccharomyces rouxii* (株)秋田今野商店) を用い、No.4, No.5, 及びNo.6には砂糖を添加した (第1表)。なお、桜えび麴調製法は下記のとおりである (第1図)。すなわち、まず桜えびを軽く洗い水を切り (写真1)、50分間蒸した (写真2)。次に蒸した殻付き桜えびに天ぷら粉を付けるようにして種麴 (*Aspergillus oryzae* (株)

Quality Characteristics of Sakura Shrimp *Lucensosergia lucens* Sauce Products Prepared Using Different Fermentation Methods

Yasuhiro FUNATSU (Department of Food Science and Human Wellness, College of Agriculture, Food and Environmental Sciences, Rakuno Gakuen University)

第1表 各種桜えび醬の配合

	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7
桜えび挽肉 (g)	400	400	400	400	400	400	400
食塩 (g)	150	150	150	150	150	150	150
水 (g)	300	299	299	305	304	304	375
米麴 (g)	100	100	100	0	0	0	38
桜えび麴 (g)	0	0	0	75	75	75	37
乳酸菌 (mL)	0	1	1	0	1	1	0
酵母 (mL)	0	0	1	0	0	1	0
砂糖 (g)	0	0	0	20	20	20	0

乳酸菌： *Tetragenococcus halophilus* (秋田今野商店)、
酵母： *Zygosaccharomyces rouxii* (秋田今野商店)。



第1図 桜エビ製麴工程

写真1：水で洗浄，写真2：50分間蒸す，写真3：種菌を接種，
写真4：プラスチックバットにて28℃で培養，写真5：出麴(培養46時間後)。

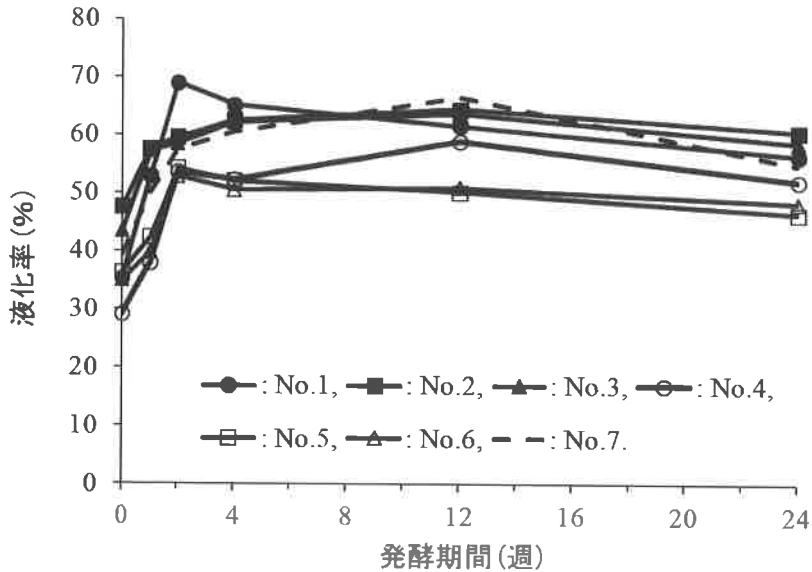
秋田今野商店)を付着させ、余分な種麴をふるい落とし(写真3)、プラスチックバットにて28℃で20時間培養した(写真4)。続いて麴を容器中で回転し、28℃で26時間培養後に得られたものを桜えび麴とした(写真5)。

(2) 分析試料の調製

発酵中のもろみの一部を経時的に採取し、遠心分離(9,600 rpm, 30分間, 4℃)を行い、遠心分離後の上清をろ過(No.5C, アドバンテック東洋)し、得られた液体を分析試料とした。最終製品は24週間発酵させた試料をそれぞれ湯浴中で90℃に達するまで火入れを行ない、ろ紙(No.5C, アドバンテック東洋)でろ過して調製した。

3. 発酵に伴う各種もろみの化学成分の変化

発酵に伴う各種もろみの液化率の変化を第2図に示す。もろみ調製直後の液化率は約29～48%でややばらつきがみられた。いずれの試料も発酵3週目まで急激に増加し、それ以降は多少の増減がみられるが、24週目までほぼ横ばいで推移した。24週目の液化率は、米麴添加区(No.1～3)では約56～60%、桜えび麴添加区(No.4～6)は約46～52%、混合区(米麴+桜えび麴添加区)(No.7)は約54%となり、米麴添加区の方が桜えび麴添加区よりも液化率が高く、混合区はそれらの中間の値を示した。エビの殻には多糖類のキチンが含まれており、水素結合による強固な結晶構



第2図 発酵に伴う各種もろみの液化率の変化

もろみ分析試料の液化率は、遠心分離前のもろみの重量に対する遠心・ろ過後の試料の重量の比率(%)で算出した。

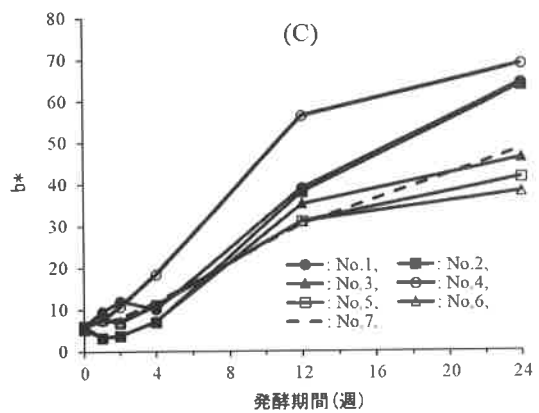
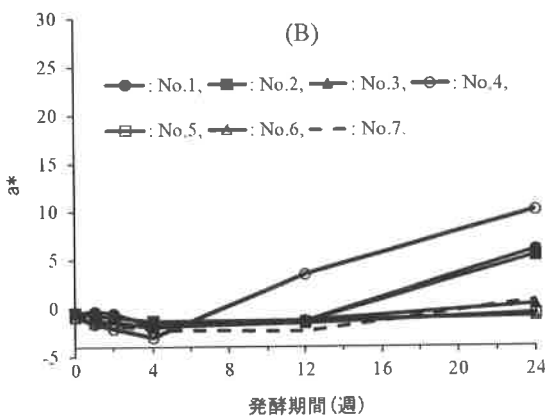
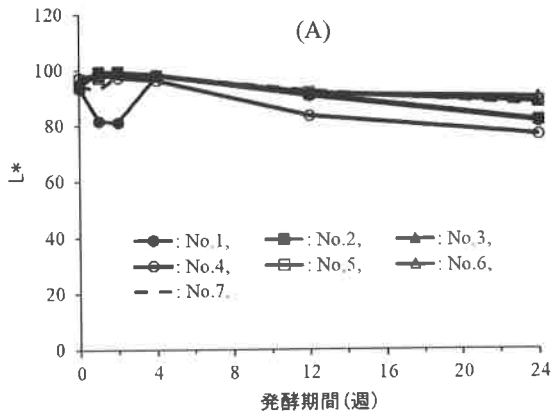
造を保っている⁴⁾ことから、本研究の桜えび醬の製造条件では溶けにくく、そのため殻の多い桜えび麴添加区の液化率が低い一因と考えられる。

発酵に伴う各種もろみの色調の変化を第3図に示す。いずれの試料も発酵に伴い明度を表すL*値が低下し(A)、赤味度を表すa*値および黄味度を表すb*値は増加した(BとC)。これらの変化は発酵により桜えびから溶出したペプチド、アミノ酸および糖が化学反応を起こして生じるメイラード反応物による影響が考えられる。酵母を添加した試料(No.3と6)は比較的其他の試料(No.1, 2, 4, 5および7)よりもL*値が高く、a*値およびb*値が低いことから酵母が糖質を利用するためメイラード反応が一部抑制された可能性がある。桜えびにはアスタキサンチンという色素が存在している。アスタキサンチンは加熱されタンパク質が離れた状態だと赤色であるが、生の状態だと灰色をしている。本研究では、生の桜えびを使用したため、発酵時でも桜えび自体の赤味が少なくa*値はいずれの試料も低かった(C)。

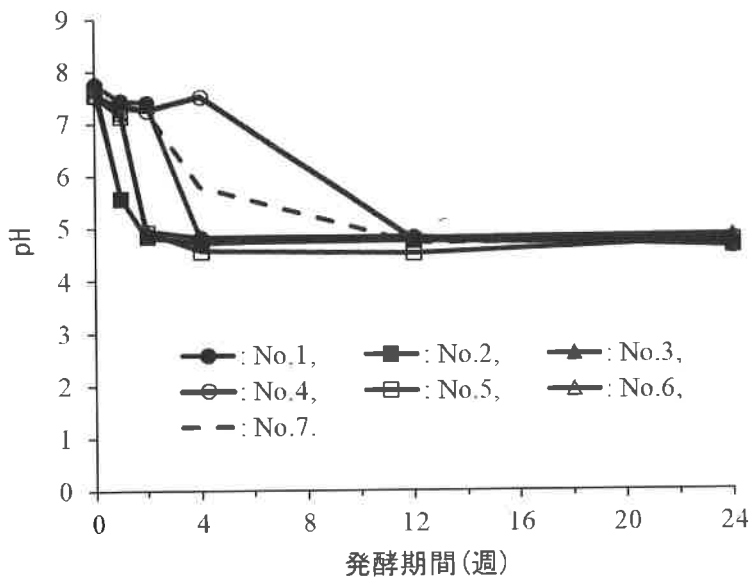
発酵に伴う各種もろみのpHの変化を第4図に示す。pHはいずれの試料ももろみの調製直後は約7.5~7.7であった。発酵開始後にいずれの試料もpHは低下し、

24週目には約4.6~4.8となった。pH5以下になるまで乳酸菌無添加区(No.1, 4及び7)は4週間以上かかったが、乳酸菌添加区(No.2, 3, 5及び6)は2週間と短く、乳酸菌を添加することでpHが速く低下した。また、発酵4週目の麴添加区間(No.1, 4及び7)で比較すると、米麴添加区(No.1)は4.8、桜えび麴添加区(No.4)は7.5、混合区(No.7)は5.8となり、米麴添加区の方が桜えび麴添加区よりもpHは速く低下する傾向がみられ、混合区はそれらのほぼ中間の値を示した。これは米麴の方が桜えび麴よりも炭水化物が多いため⁵⁾もろみに生存する乳酸菌が増殖しやすい環境下にある可能性が考えられる。

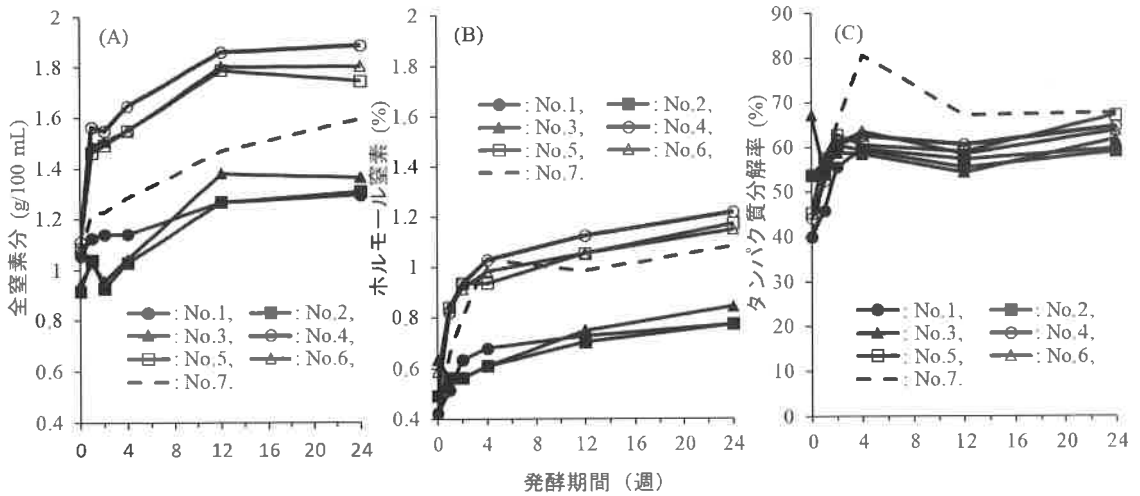
発酵に伴う各種もろみの全窒素分、ホルモール窒素及びタンパク質分解率の変化をそれぞれ第5図(A~C)に示す。全窒素分(A)をみると、いずれの試料も発酵の進行に伴い増加傾向がみられた。発酵初期(0~1週目)の増加度合いをみると、米麴添加区(No.1~3)より桜えび麴添加区(No.4~6)の方が大きかった。また、発酵終了時(24週目)の値も後者の約1.7~1.9 g/100 mLに対し、前者が約1.3~1.4 g/100 mLとなり、後者の方が高かった。さらに、混合区(No.7)はそれらのほぼ中間の値を示した。こ



第3図 発酵に伴う各種もろみの色調の変化
(A) : 明るさ, (B) : 赤味度, (C) 黄味度。



第4図 発酵に伴う各種もろみの pH の変化



第5図 発酵に伴う各種もろみの全窒素分(A), ホルモン窒素(B)及びタンパク質分解率(C)の変化

れは主原料と麴のタンパク質量の相違⁵⁾や自己消化酵素の影響⁶⁾に起因すると考えられる。次に発酵中のもろみのホルモン窒素 (B) は全窒素分 (A) と同様に、いずれの試料も発酵に伴う増加傾向がみられた。特に1週目で桜えび麴添加区 (No.4~6) は急激に上昇した。24週目の値をみると、桜えび麴添加区 (No.4~6) の方が米麴添加区 (No.1~3) より高く、混合区 (No.7) は桜えび麴添加区の増加傾向に類似していた。さらに、タンパク質分解率 (C) の変化をみると、混合区 (No.7) は4週目まで上昇し、24週目まで他の試料と比較し試料間で最も高値を維持した。その他の試料は発酵2週目までばらつきはあるものの2週目以降は12週目で一度わずかに低下し、24週目まで緩やかに推移した。桜えびの自己消化酵素活性は中性から弱アルカリ域 (pH 7.0~9.0) で高く、酸性域 (pH 5.0~7.0) 又はアルカリ域 (pH 9.0~11.0) では低下すると報じられている⁶⁾。本研究で発酵中 pH が中性付近で長く保持されている試料は No.4 であるが、No.7 の方が No.4 よりタンパク質量が少なく、炭水化物の量が多い。そのため発酵4週目までにタンパク質分解が進行したと考えられる。

4. 最終製品の品質

最終製品の物理化学的特性を第2表に示す。原材料 (もろみ) の重量に基づく最終製品の回収率 (収量) は 62.2~69.9% の範囲であった。色調をみると、明度

(L^*) は 71.9~81.4, 赤味度 (a^*) は 0.1~15.1, 黄味度 (b^*) は 43.6~76.0 の範囲であった。桜えび麴添加区の中でも No.4 が最も L^* 値が低く、 b^* 値が高い傾向がみられ、No.6 はその逆であった。No.6 は乳酸菌と酵母が添加されることで No.4 よりも発酵中のもろみのグルコースとフルクトースの消失が速いが、前者は後者に比べて発酵中のそれらの残存量が多いためアミノカルボニル反応が進行したのと考えられる (結果は図示しない)。これは発酵中に麴菌の糖化酵素⁷⁾によりもろみ中のスクロースがフルクトースとグルコースに加水分解され、乳酸菌と酵母を添加した試料の方が添加しない試料よりこれらの糖類を多く利用するため、色調に違いが生じた可能性がある。詳細は目下検討中である。pH はいずれの試料も 4.6~4.9 の間であった。無塩可溶性固形分と全窒素分はいずれの試料もそれぞれ 14~18% と 1.3~1.9 g/100 mL の間であった。JAS 規格では濃口醤油特級クラスは無塩可溶性固形分と全窒素分がそれぞれ 16% 以上と 1.5 g/100 mL 以上と定められている⁸⁾。本研究で両者の条件を満たす製品は桜えび麴添加区 (No.4~6) の製品であった。なお、本研究では市販濃口醤油の塩分に類似させるため仕込み時の食塩水の量を全体の約 45~53% の範囲に設定している。食塩水の量が上記の値よりも多いと無塩可溶性固形分と全窒素分が低下し濃口醤油特級クラスに満たない可能性がある。そのため食塩水の量には十分留意する必要がある。ホルモン窒素は

第2表 最終製品の物理化学的特性

	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7
回収率 (%)	69.5	69.6	69.9	67.2	67.7	62.5	65.5
L*	76.3	77.1	76.6	71.9	85.8	88.4	83.4
色調 a*	11.8	10.4	2.1	15.2	1.7	0.1	4.0
b*	76.0	73.5	51.7	75.5	51.6	43.6	58.4
pH	4.6	4.8	4.9	4.8	4.7	4.8	4.8
SSES (%)	18	18	14	18	17	16	15
全窒素分 (g/100 mL)	1.3	1.3	1.4	1.9	1.9	1.9	1.7
ホルモール窒素 (%)	0.8	0.8	0.8	1.3	1.1	1.2	1.2
タンパク質分解率 (%)	61.5	61.5	57.1	68.4	57.9	63.2	70.6
滴定酸度 (mL)	16.9	17.2	16.2	18.4	19.4	17.4	17.2
酸度 I (mL)	8.5	9.5	8.0	9.7	10.7	9.2	9.5
酸度 II (mL)	8.4	7.7	8.2	8.7	8.7	8.2	7.7
ヒスタミン量 (ppm)	8.5	6.6	4.7	12.3	18.0	17.0	8.5

SSES: 無塩可溶性固形分⁸⁾ = 糖度 - 食塩分。タンパク質分解率⁹⁾ = ホルモール窒素 / 全窒素分 × 100。
 滴定酸度¹⁰⁾ = 酸度 I + 酸度 II。

第3表 最終製品の遊離アミノ酸組成 (mg/100 mL)

アミノ酸	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7
Tau	279	289	343	369	379	386	355
Asp	515	405	392	894	629	638	719
Thr	250	228	262	450	378	373	377
Ser	241	219	250	431	368	367	362
Asn	83	79	76	31	32	29	26
Glu	594	564	656	1195	964	971	985
Gly	242	226	253	410	333	332	354
Ala	449	461	499	711	679	653	628
Pro	305	291	321	404	372	367	368
Val	311	291	349	535	467	464	454
Cys	11	12	26	9	39	45	29
Met	127	123	171	245	234	241	212
Ile	296	272	327	526	450	447	442
Leu	476	449	532	809	720	715	687
Tyr	85	95	77	84	85	73	81
Phe	258	239	291	425	374	377	368
Trp	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Orn	264	245	321	367	272	276	390
Lys	403	394	487	718	661	665	624
His	76	77	97	139	142	137	144
Arg	159	189	239	326	437	437	230
総量	5425	5147	5969	9077	8015	7993	7834

ND: 検出されず。

いずれの試料も 0.8 ~ 1.3% の範囲であり、米麴添加区 (No.1 ~ 3) より桜えび麴添加区 (No.4 ~ 6) でやや高く、混合区 (No.7) は後者に近かった。また、タンパク質分解率⁹⁾は 57.1 ~ 70.1% の範囲で No.4 と No.7 で他の試料よりもやや高い傾向であった。なお、全窒素分やホルモール窒素量がそれぞれ米麴添加区

(No.1 ~ 3) より桜えび添加区 (No.4 ~ 6) でやや高い理由は、麴の基質のタンパク質量の違いにも起因すると思われる。滴定酸度は醤油中の酸量を表すもので、いずれの試料も 16.2 ~ 19.4 mL であった。このうち酸度 I は口に含んだ際に先味として感じる酸味 (押味)¹⁰⁾に関与し、濃口醤油では 8 ~ 13 mL 程度が

第4表 おりのTCA抽出物と加水分解物の
アミノ酸組成 (mg/100 g, w/w)

アミノ酸	TCA抽出物	加水分解物
Tau	150	48
Asp	299	122
Thr	159	53
Ser	154	55
Asn	21	ND
Glu	402	194
Gln	ND	ND
Gly	146	70
Ala	267	86
Pro	160	71
Val	192	66
Cys	9	10
Met	83	40
Ile	179	60
Leu	283	88
Tyr	1278	4233
Phe	282	391
Trp	ND	13
Orn	142	55
Lys	257	86
His	52	20
Arg	120	34
総量	4635	5795

ND: 検出されず。

標準で、また、酸度Ⅱは口に含んだ際に後味として感じる酸味(ゴク味)¹⁰⁾に関与し、8~15 mL位が標準値とされている。本研究で分析した試料ではいずれも酸度Ⅰが8.0~10.7 mLで、酸度Ⅱが7.7~8.7 mLの範囲で両者の標準の範囲内であった。

ヒスタミン(Hm)は赤身魚を原料とした場合、発酵に伴い生成される物質であり、人間が食すると、アレルギー様食中毒を引き起こす。本研究で調査した試料ではいずれも18 ppm以下の値を示し、CODEXで定められている基準値(400 ppm)¹¹⁾よりも低値となった。

最終製品の遊離アミノ酸組成を第3表に示す。検出された20種類のアミノ酸の中でいずれの試料も共通してAsp, Glu, Leu及びAlaが多かった。総量で見ると米麴添加区(No.1~3)より桜えび麴添加区(No.4~6)で多く、混合区(No.7)は後者に近かった。甘味に関与するアミノ酸(Gly, Ala, Pro)も総量と類似した傾向がみられ、いずれの試料もAla量がGly量やPro量よりも多かった。市販のエビ醬の

分析例¹²⁾をみると、Gly量とAla量がいずれも612 mg/100 mLと多いが、総量は6189 mg/100 mLと米麴添加区(No.1~3)よりもやや多く、桜えび麴添加区(No.4~6)と混合区(No.7)よりも少なかった。これは原料の種類や採取時期及び製造条件の違い¹²⁾によると考えられた。

以上の結果から発酵法の違いにより桜えび醬の品質が異なるが、米麴添加区は発酵中のもろみのpH低下が速い点、桜えび麴添加区は全窒素分が高く、遊離アミノ酸総量が多い点、混合区はタンパク質分解率が高い点に特徴があることが明らかとなった。

5. おわりに

本研究で得られた最終製品(No.1~7)の品質を市販桜えび醬油(1検体)のそれと比較した。その結果、前者と比べて、後者の色調はL*値(4.35)とb*値(6.38)が低く、a*値(14.24)が高かった。また、全窒素分(1.3 g/100 mL)は低く、無塩可溶性固形分(26%)が高いが、ホルモール窒素(0.40%)が低いいため、タンパク質分解率(31%)は低い特徴がみられた。pH(5.5)はやや高いが、Hm量(18.3 ppm)はほぼ同レベルであった。これらの物理化学的特性の違いは前述したように、主原料の採取時期や製造条件などの違いが一因と考えられる。

最終製品の低温保管中に澱(おり)の析出が確認された。そこで、おりに7.5%トリクロロ酢酸(TCA)を加え除タンパクして回収した試料と、水洗後、おりを6M HClで加水分解(110℃, 約12時間)した試料のアミノ酸分析をそれぞれ行った(第4表)。その結果、前者では複数の遊離アミノ酸が検出されたが、最も量が多いものはTyrであること、後者でも複数のアミノ酸が検出されたが、最も多い成分がTyrで、次いでPheであった。後者の結果は先にOhomori *et al.*¹³⁾のサケ魚醬油の保管中に生じたおりの主成分がTyrとPheである事実と符合するものである。そのため本研究でも桜えび醬を低温保管中にTyrやPheの濃度が高くなり、飽和に達して保管中に析出したと考えられた。また、TyrとPhe以外にも加水分解アミノ酸が多数みられることからこの2つのアミノ酸の析出だけでなく、火入れ中にタンパク質が熱変性して沈殿したのも一部含まれる可能性があると考えられる。

本研究で得られた桜えび醬は比較的タンパク質分解が進行しており、官能的なうま味が強く、香りも良質な製品であった。しかし、塩味がやや強いので品質改善の余地があり、おりの除去方法を含めて今後は高品質な製品の技術的開発が必要である。

本稿に掲載した内容の一部は食品科学工学会誌¹⁴⁾より転載したものである。

謝 辞

本研究を遂行するに当たりご助言いただいた元東海大学海洋学部教授 故加藤 登氏並びに酪農学園大学名誉教授 石下真人氏に心より謝意を表します。また、本研究にご協力いただいた東北大学大学院農学研究科教授 落合芳博氏、(地独)北海道総合研究機構 研究主幹 吉川修司氏、(株)秋田田野商店 高橋昭仁氏、酪農学園大学 廣瀬智啓氏、小林幸光氏、佐藤理紗子氏、桜えびを提供していただいた元小倉食品(株)小倉久明氏に厚く感謝します。

(酪農学園大学農食環境学群食と健康学類)

参考文献

- 1) 福田裕, 山崎正勝, 岡崎恵美子編:「全国水産加工品総覧」, 光琳, 東京 (2005).
- 2) 太田静行:「魚醤油の知識」, 幸書房, 東京 (1996).
- 3) マリン・エコラベル・ジャパン (MEL): 生産段階認証 認証実績. http://www.fish-jfrca.jp/04/mel_4.html (2018.8.16).
- 4) 日本キチン・キトサン学会 WEB サイト: <http://jscc.kenkyuukai.jp/special/?id=1932#12> (2018.8.05).
- 5) 文部科学省:「日本食品成分表 2018 七訂」, 医歯薬出版株式会社, 東京 (2018).
- 6) 小長谷史郎: 南極オキアミのプロテアーゼ活性と自己消化, 日本水産学会, **46**, 175-183 (1980).
- 7) 喜田益夫, 吉田武志, 専田崇男, 吉弘芳郎: 固定化 β -フルクトフラノシダーゼ (*Aspergillus Oryzae* 由来) によるフラクトオリゴ糖の生成, 日本化学会, **11**, 1830-1835 (1988).
- 8) 農林水産省: しょうゆの日本農林規格, http://www.maff.go.jp/j/jas/jas_kikaku/pdf/kikaku_syoyu_151203.pdf (2015.12.3).
- 9) 岡崎 尚, 野口賢二郎: 圧力酵素分解技術の実用化および同装置の開発, 日本食品工学会誌, **9**, 239-250 (2008).
- 10) (財) 日本醤油研究所: 「しょうゆ試験法」, 財団法人日本醤油研究所, 東京 (1985).
- 11) FAO: STANDARD FOR FISH SAUCE: CODEX STAN 302-2011, http://www.fao.org/input/download/standards/11796/CXS_302e.pdf (2013.10.24).
- 12) 石川匡子, 内田詩乃, 佐藤春香, 伊藤俊彦, 渡辺隆幸: 市販魚醬の品質調査ならびに味質評価, 日本海水学会誌, **70**, 308-316 (2016).
- 13) Ohmori, T., Mutaguchi, Y., Yoshihwa, S., Doi, K., and Ohshima, T.: Amino acid components of lees in salmon fish sauce are tyrosine and phenylalanine, *Journal of Bioscience and Bioengineering*, **112**, 256-258 (2011).
- 14) 船津保浩, 廣瀬智啓, 吉川修司, 落合芳博: 発酵法の違いが桜えび醬の品質特性に及ぼす影響, 日本食品科学工学会誌, **66**, 179-185 (2019).