
研究報文

たまご醤油の調製に関する研究

庄 咲子, 深尾安規葉, 上野 義栄*, 八田 一

Preparation of fermented sauce by use of liquid eggs.

Sakiko Sho, Yasuha Fukao, Yosie Ueno*, and Hajime Hatta

It has been estimated about 500,000 tons of hen's eggs were utilized in food processing annually in Japan. Because of the use of egg yolk has been much higher than that of egg white in the food industry, a large quantity of surplus egg white remained as frozen egg white. Hence, it is worth to develop the use of egg white to normalize the balance for the utilization of egg components.

In this report, we demonstrated the preparation of a fermented seasoning sauce in which egg white, whole egg or egg yolk liquid was added to soy sauce koji with large amount of salt. The soy sauce koji is a material that *Aspergillus oryzae* was grown on mixtures of delipidated soy and roasted wheat grain.

The salt and protein concentration in each egg component with koji mixture was adjusted to 15.8-16.1% and 12.5-13.0%, respectively, at the start of fermentation. During the fermentation for 6 months, total amino acids % in the supernatant of each mixture was increased to around 10%, with an exception that the value for egg yolk sauce was only 3.6%. The umami taste and flavor of the egg sauce are comparable and characteristic to that of the soy sauce. Moreover, color of the egg sauce is much lighter than that of the soy sauce.

(Received September 3, 2009)

I. 序 文

日本の鶏卵生産量は、農林水産省の鶏卵流通統計によると1993年には年間260万t近くに達し、近年では250万t前後で推移している。また、鶏卵消費量は、国民一人当たり19.5kg、殻つき卵に換算して約330個と世界一である。その内訳は、約53%がパック卵として家庭内での調理等に利用され、約24%が加工用、約23%が外食産業や業務用として消費されている。

また、鶏卵はその成分が抽出・精製され、それらの栄養機能や生理機能のみならず、保健機能を有する健康機能食品としての応用が注目されている。これら鶏卵成分のなかで、卵黄リン脂質に含まれるホスファチジルコリンの認知症の改善効果や、アラキ

ドン酸が乳幼児の脳や網膜の発達に対し重要な働きを果たすとして、その高付加価値利用が実用化されている。その一例として現在、卵黄を利用して、アラキドン酸とドコサヘキサエン酸を母乳に近いバランスで添加した育児ミルクが製造されている。¹⁾²⁾³⁾

従来、加工卵では卵黄の需要が多く、マヨネーズや洋菓子やリン脂質の抽出原料等に使用され、その消費量は近年増加傾向にある。それに対し、卵白の消費量は低下傾向にあり、現在多量の余剰卵白が冷凍保存されている。その維持費は鶏卵加工業者の大きな負担であり、新しい用途の開発が望まれている。

醤油は大量生産が可能で、日常的に使用されている伝統的調味料である。通常、脱脂大豆タンパク質を窒素源、割砕小麦を炭素源として、麹菌を培養した醤油麹に、食塩水を添加した「もろみ」を約6ヶ月間醗酵熟成させて製造される。近年、食の多様化にともない、醤油以外の特徴を持った高品質な調味料への関心が高まっている。鶏卵は数十種類のタン

パク質を含み、栄養学的に非常にバランスの良いアミノ酸組成となっている。全卵に約13%、卵白に約10%、卵黄に約17%含まれるタンパク質を⁴⁾⁵⁾、醤油麴に含まれる豊富な酵素の一種であるプロテアーゼで分解することにより多量のアミノ酸やペプチドが生成する。すなわち呈味成分の多い、従来にない風味や旨味を持つ、特徴ある醗酵調味料の調製が期待できる。

このような背景のもとに、本研究では余剰卵白の有効利用および高付加価値化を考慮し、通常の醤油麴に食塩と卵液（全卵、卵黄、卵白）と水を加え、もろみとして醗酵熟成させた新規醗酵調味液（たまご醤油）の開発を目的とし、その調製法について検討した。

II. 実験方法

1. 実験材料

醤油麴は、京都府醤油醸造協業組合から提供していただいた。脱脂大豆を窒素源、割砕小麦を炭素源とし、*Aspergillus Oryzae* を培養した一般的な醤油麴を用いた。

鶏卵は(株)ナカデ鶏卵（京都府宇治市）より提供していただいたL~LL 白玉を用いた。

2. 醤油麴の中性プロテアーゼ活性測定

醤油麴の中性プロテアーゼ活性測定は、国税庁所定分析法⁶⁾に準じ、カゼインを基質としてpH6.0で測定した。

3. 醤油もろみの調製

各醤油もろみの配合と組成を表1に示す。

対照醤油は水、各たまご醤油は卵白液、卵黄液、全卵液および水を用いて塩分濃度を約16%、タンパク質濃度を約13%に調製した。醤油麴4.0kg、食塩2.67kgに対し、卵白醤油は卵白液10.0kg、卵黄醤油は卵黄液6.25kgと水3.75kg、全卵醤油は全卵液7.69kgと水2.31kgを配合し、全量を16.67kgとした。対照醤油は4.0kgの醤油麴に食塩1.42kgと水3.5kgを配合し、全量を8.92kgとした。

各々1週間に1回、醤油もろみを均一に攪拌し、

経時的にサンプリングを行いながら室温で6ヶ月間醗酵熟成させた。

4. 醤油もろみ上清の分析・測定方法

1) 試料の調製方法

熟成中の醤油もろみを0日目、1、2、3、4、6週目、2、3、4、5、6ヶ月目に、それぞれ約100gサンプリングし、ガーゼで搾り、液成分を採取した。不純物を除去するため、液成分約50mlを(株)トミー精工製遠心分離機Suprema21を用いて、12,000rpm×20分、20℃で遠心分離した。卵黄醤油の液成分は粘性が高かったため水で2倍希釈後、遠心分離した。卵黄醤油と全卵醤油の液成分は、一度遠心分離した後、上部に出た脂質の固まりを除去し、再び12,000rpm×20分、20℃で遠心分離した。これらの上清を濾紙NO.2（アドバンティック東洋）で自然濾過し、もろみ上清試料とした。対照醤油は自然濾過が困難であったため、吸引濾過を行った。

2) 窒素の定量

全窒素の定量はケルダール分解法⁷⁾、ホルモール態窒素はしょうゆ試験法⁸⁾に基づいて行った。

ペプチド鎖平均鎖長は各もろみ上清試料中の全窒素量（TN）およびホルモール態窒素量（FN）から、TN/FNで算出した。

3) pHの測定

新電元工業(株)製pHメーターPH BOY-KS723を用いて測定した。

4) 色調

吸光度は醤油の色調を単一波長で測定する場合、一般的に使用される赤色系の550nmで(株)島津製作所製PharmaSpec UV-1700を用いて測定した。試料の濃度は、吸光度が1.2以下になるように脱イオン水を用いて希釈した。

5) アミノ酸分析

もろみ上清試料0.5mlを5分間ボイルした後、久保田商事(株)製遠心分離器KUBOTA1120を用いて14,000rpm×5分間遠心分離した上清10μlを、クエン酸三ナトリウム緩衝液（pH2.2）で100倍に希釈した。希釈液を再び14,000rpm×5分間遠心分離

表1 もろみの配合と組成

	醤油麴 (kg)	鶏卵 (kg)			食塩 (kg)	水 (kg)	合計 (kg)	水分含量 (%)	塩分含量 (%)	蛋白質含量 (%)
		卵白液	卵黄液	全卵液						
対照醤油	4.00				1.42	3.50	8.92	44.2	15.8	12.5
卵白醤油	4.00	10.0			2.67		16.67	55.7	16.1	13.0
卵黄醤油	4.00		6.25		2.67	3.75	16.67	43.2	16.1	13.0
全卵醤油	4.00			7.69	2.67	2.31	16.67	51.6	16.0	12.4

した上清 200 μ l を、(株)島津製作所製高速液体クロマトグラフ Prominence を用いて分析した。

Ⅲ. 結 果

1. 醤油麹の中性プロテアーゼ活性

醤油麹の中性プロテアーゼ活性は 20586U/g であった。

2. もろみの醗酵熟成状態

6ヶ月間醗酵熟成させた対照醤油は、もろみ表面に清澄な液が浸出したが、粘性が高く、濾過が困難であった。卵白醤油は、液化が進み、濾過適性に最も優れていた。全卵醤油は、卵白醤油に比べて粘性が高いものの、液化が進み、濾過適性に優れていた。

卵黄醤油は液化が進まず、粘性が高いため、濾過適性が著しく劣った。

3. 窒素の定量

1) 全窒素量

対照醤油は仕込み当初、可溶性窒素が 0.48%、各種たまご醤油は、卵黄醤油、全卵醤油が約 1.5%、卵白醤油が 1.77% であった (図 1)。

6ヶ月目で卵白醤油、全卵醤油、対照醤油は、約 2% まで分解が進んだが、卵黄醤油は 1.73% と分解が進まなかった。

2) ホルモール態窒素量

仕込み当初は、全ての醤油が約 0.2% 程度を示したが、熟成の進行にともない増加した。熟成 6ヶ月

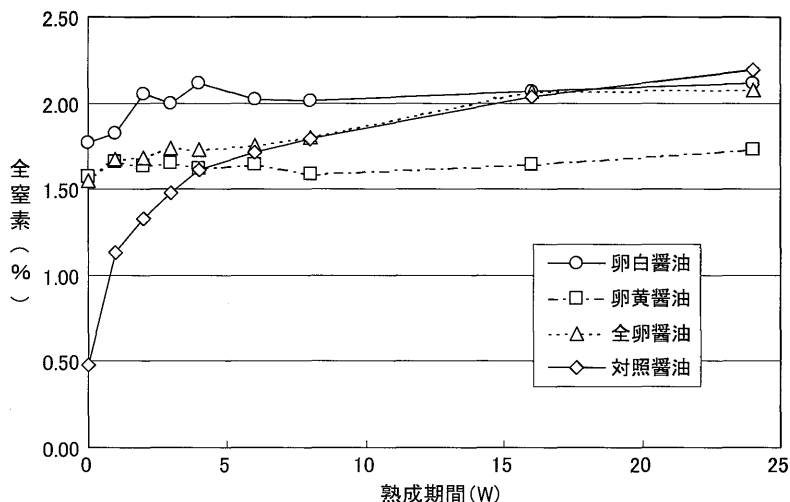


図 1 もろみ上清中の全窒素量の経時変化

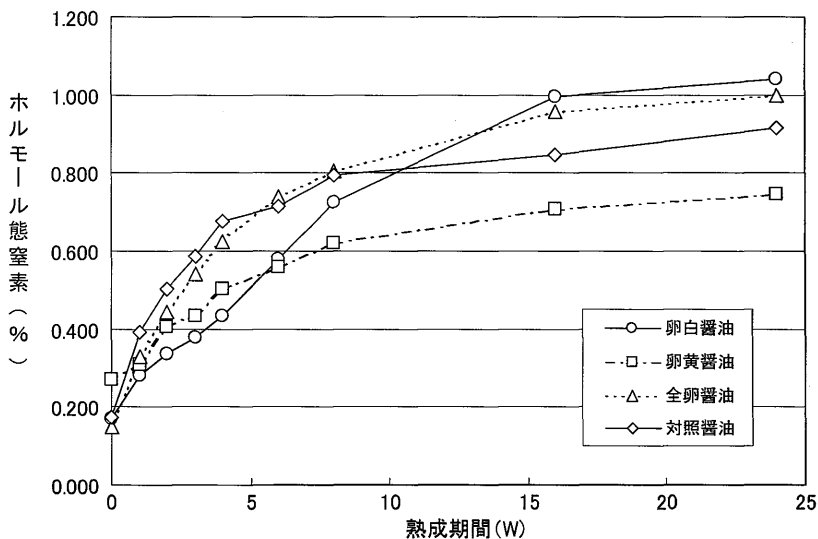


図 2 もろみ上清中のホルモール態窒素量の経時変化

目で、卵白、全卵、対照の各醤油は、約1%まで増加したが、卵黄醤油は0.74%となった(図2)。

3) ペプチド鎖平均鎖長

熟成前の対照醤油は約3、各卵醤油は卵黄醤油が約6、卵白醤油、全卵醤油が約10であった。6ヶ月目には全ての醤油が平均鎖長約2まで分解された(図3)。

4. pHの変化

各種たまご醤油に使用した鶏卵のpHは、卵白液9.2、卵黄液6.1、全卵液7.6であった。

醤油麴に食塩水を添加した、熟成前の対照醤油のpHは5.3、また、卵液及び水を醤油麴に添加した卵白醤油は6.6、卵黄醤油が5.8、全卵醤油が5.4を示

した。卵白醤油は、卵白がアルカリ性を示すため、熟成前には他の醤油に比べ高い値を示した。通常、もろみのpHは熟成中の乳酸菌増殖にともない低下し、4.7~4.8となる。全ての醤油pHは、熟成期間が進むにつれて低下し、6ヶ月間の熟成期間中にもいずれも5.0付近まで低下した(図4)。

5. 色調の変化

各種醤油の色調を目視により評価すると、明らかに対照醤油が濃く、卵白醤油が薄いことが認められた。また、熟成期間6ヶ月目の波長550nmにおける吸光度は卵白醤油2.02、卵黄醤油3.48、全卵醤油2.48、対照醤油11.60と卵白醤油の色調が顕著に薄かった(写真1)。

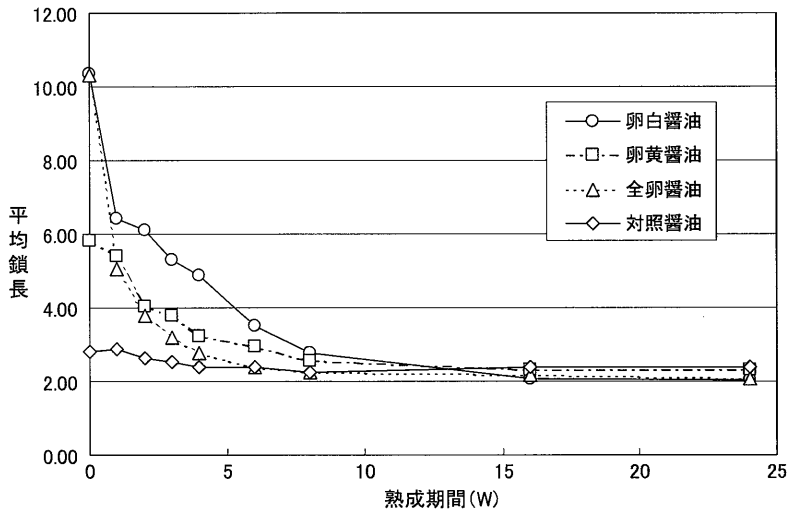


図3 もろみ上清中のペプチド鎖平均鎖長の経時変化

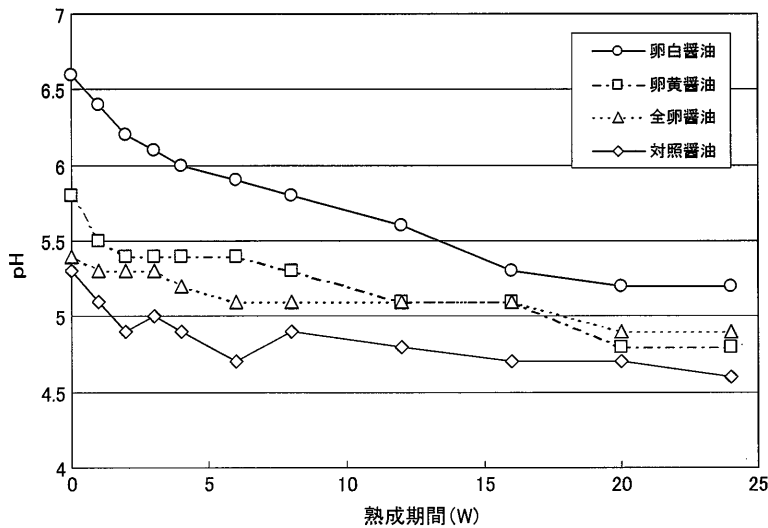


図4 もろみ上清中のpHの経時変化

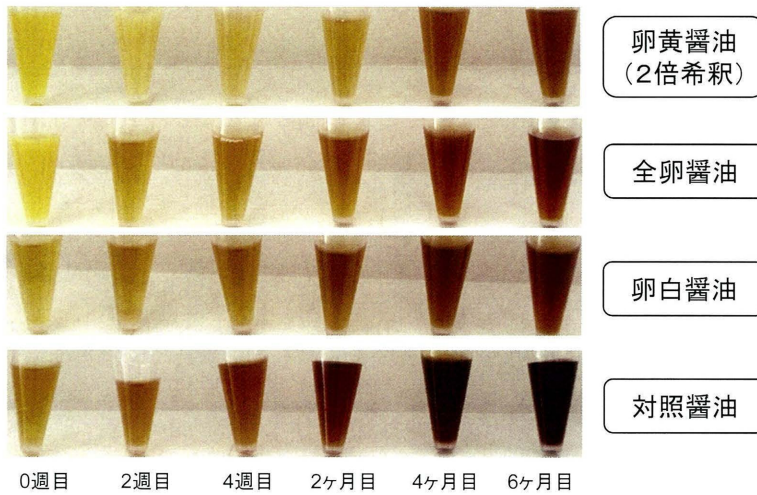


写真1 各種醤油の色調変化

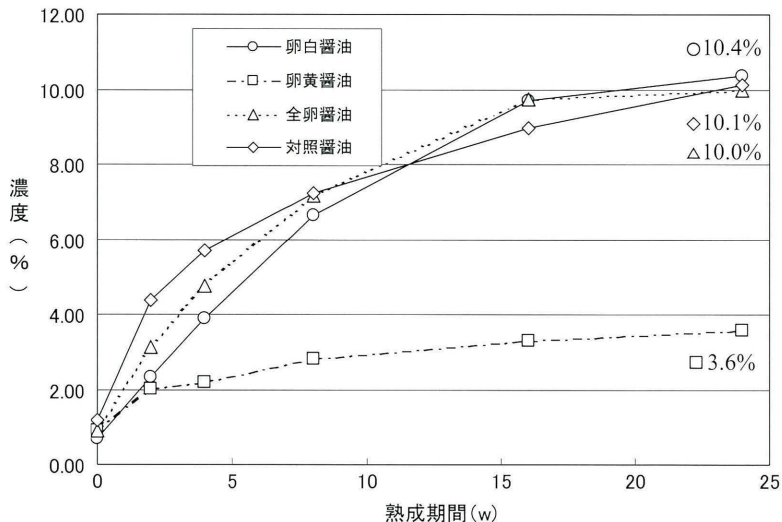


図5 もろみ上清中のアミノ酸総量の経時変化

6. アミノ酸分析

1) アミノ酸総量の変化

仕込み当初, 全ての醤油は約 1% と低値を示すが, 卵白, 全卵, 対照の各醤油は熟成と共に増加し, 6ヶ月目には卵白醤油 10.4%, 卵黄醤油 3.6%, 全卵醤油 10.0%, 対照醤油が 10.1% となった (図5)。

2) 各種アミノ酸含量

旨味に関するアスパラギン酸は, 対照醤油で約 2.7% と高値を示した。アスパラギン酸より強い旨味を持つグルタミン酸の濃度は, 対照醤油の約 1.6% に対し, 卵白醤油約 1.7% と, やや高くなった。

甘味に関するグリシン, アラニン, 苦味とコクに関するバリン, ロイシン, リジンは, 卵白醤油と全

卵醤油でやや高値を示した (図6)。

IV. 考 察

醤油の醸造には, 麹菌が産生する多種多量の酵素が, 原料の分解に対して重要な役割を果たす。特に醤油麹に含まれるプロテアーゼは 20 種類以上に及び, その基質特異性や最適作用条件は各々異なっている。このため多種類のペプチド結合を分解することが可能で, 高分子のタンパク質を分解, 可溶化するのに極めて有効である。⁹⁾

対照醤油のもろみ上清試料中の全窒素量は, 仕込み当初, 低値を示したが, 醤油麹中のタンパク質が経時的に酵素分解されて可溶化するため, 熟成の進

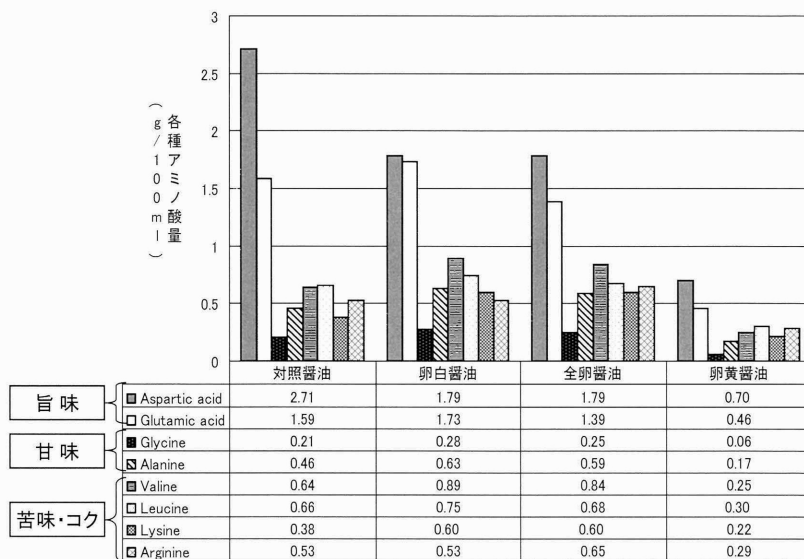


図6 もろみ上清中のアミノ酸組成の比較

行にともない徐々に高くなった。各種たまご醤油の全窒素量は、熟成前から高い値を示す。これは醤油麴に添加した鶏卵中のタンパク質が水溶性であり、仕込み当初からもろみ上清中に回収され、全窒素量が高いためである。

対照醤油、卵白醤油、全卵醤油は6ヶ月間で分解が進んだが、卵黄醤油は分解が進まなかった。また、ホルモル態窒素量は、全ての醤油で熟成の進行と共に増加するが、熟成6ヶ月目では、卵白、全卵、対照の各醤油に対し、卵黄醤油の増加が劣る。ペプチド鎖平均鎖長は、熟成前の対照醤油は約3、各卵醤油は卵黄醤油が6程度、卵白醤油、全卵醤油が約10を示した。これは醤油麴に添加した卵白や全卵中に水溶性のたん白質が多く含まれているためである。熟成6ヶ月目には全ての醤油が平均鎖長約2まで分解された。また、アミノ酸総量は仕込み当初、全ての醤油が約1%と低い値を示したが、卵白、全卵、対照の各醤油は熟成と共に増加した。卵白醤油、全卵醤油は、対照醤油と同等までタンパク質がアミノ酸に分解され、可溶化したことを示したが、卵黄醤油は分解が進まず可溶化に至らなかった。卵黄に含まれる約17%のタンパク質のうち、約60%は脂質と結合したりポタンパク質として存在し、残りは水溶性タンパク質である。また、脂質含量は約30%で、主にリポタンパク質として存在している。第五訂日本食品成分表記載の鶏卵の脂質量より、各種たまご醤油もろみ中の鶏卵由来の脂質量を算出すると、卵黄醤油約12.6%、全卵醤油約4.8%、卵白醤油は0%

であった。卵黄醤油もろみ中には高濃度の鶏卵由来の脂質が存在し、その多くがタンパク質と結合した状態であるため、醤油麴中のプロテアーゼによる卵黄タンパク質の分解が阻害されるとともに、醤油麴中のタンパク質の分解をも阻害していると推測される。

各種アミノ酸含量は、旨味に関するアスパラギン酸が対照醤油で高い値を示したが、アスパラギン酸より強い旨味を持つグルタミン酸の濃度は、対照醤油に対し、卵白醤油がやや高い。甘味に関するグリシン、アラニン、苦味とコクに関するバリン、ロイシン、リジンは、卵白醤油と全卵醤油でやや高い値を示した。この結果より、卵白を含む、卵白醤油および全卵醤油は対照醤油とは異なった、特徴ある風味を持つと考えられる。

醤油の色はメイラード反応による非酵素的褐変と、チロシナーゼなどによる酵素的褐変で生成されるメラノイジンに起因する。醤油の着色は主にメイラード反応により起こるが、アミノ酸に反応する糖の量と種類に左右される。特にペントースはヘキソースに比べ、不安定なため褐変しやす⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾

第五訂日本食品成分表記載の、脱脂大豆と鶏卵の糖含量より算出した各種醤油の糖質配合比率は、卵白醤油13.0%、卵黄醤油12.8%、全卵醤油12.9%、対照醤油23.8%となる。この糖含量の違いによりメイラード反応の進行が異なるため、対照醤油の色調が濃く、卵白醤油が顕著に薄くなったと推測される。

本研究では、卵黄の分解性に課題を残したものの、卵白液や全卵液を用いることにより、従来の醤油麹のみを使用した対照醤油に対し、もろみの量を約 2 倍に増量した配合においても同等の旨味をもつ醤油が得られた。特に卵白醤油はアミノ酸総量が高く、強い旨味や甘味を持ち、色調が顕著に薄く、調味料として付加価値の高いものが得られた。このことより、卵白液を用いたたまご醤油は、余剰卵白液の有効利用および高付加価値化に寄与すると共に、食の多様化により求められる、新規性のある醗酵調味料としての利用が期待できる。

V. 要 約

卵白液や全卵液を用いた醤油は、従来の醤油麹のみを使用した対照醤油に対し、もろみの量を約 2 倍に増量しても同等の旨味をもつ醤油が得られた。

卵白液を含む醤油のホルモール態窒素量は約 1.0% まで増加した。また、ペプチド鎖平均鎖長は、熟成前は約 10 で、熟成とともに約 2 まで分解された。

醗酵熟成中、鶏卵のタンパク質が醤油麹のプロテアーゼにより分解された結果、熟成期間 6 ヶ月目の卵白を含む醤油のアミノ酸総量は、約 10% と対照醤油と同等の値を示した。卵白醤油はアミノ酸総量が高く、旨味や甘味の強い醤油となった。また、熟成期間 6 ヶ月目の波長 550nm における吸光度は卵白醤油の色調が顕著に薄かった。以上の結果、卵白を用いたたまご醤油は経済的にも優れ、独特の風味と薄い色調を持ち合わせた、新規の醗酵調味料として

の利用が期待できる。

【謝 辞】

本研究を実施するにあたり、多くの御助言、御援助を賜りました、京都府中小企業総合センター、(株)ナカデ鶏卵、株式会社菱六の皆様は厚く御礼申し上げます。

VI. 参考文献

- 1) 渡邊乾二 編, 食卵の科学と機能—発展的利用とその課題—, アイ・ケイコーポレーション, (2008)
- 2) 八田 一ら, 化学と生物, **401**, 277, (1997)
- 3) 八田 一, FFI ジャーナル, **211**, 905—917, (2006)
- 4) 宮本武明, 赤池敏宏, 西成勝好 編, 21世紀の天然生体高分子材料, 235—237, (1998)
- 5) 中村 良 編, 卵の科学, (朝倉書店, (1998)
- 6) 注解編集委員会 編, 第四回改正国税庁所定分析法注解, (財)日本醸造協会, 211—226 (1993)
- 7) 日本薬学会 編, 衛生試験法・注解2005, 173—175, (2005)
- 8) しょうゆ試験法編集委員 編, しょうゆ試験法, 財団法人日本醤油研究所, 19, (1985)
- 9) 栃倉辰六郎 編, 増補醤油の科学と技術, (財)日本醸造協会, 171—181, 294—304, (1994)
- 10) 四方日出男, 醸協, **75**, 149—155, (1980)
- 11) 加藤博通, 醸協, **61**, 766—771, (1966)