

---

## 研究報文

---

# たまご醤油の調製に関する研究 第 2 報 —ピザ台への麹菌培養と卵白液の醤油化—

荘 咲子, 上野 義栄\*, 八田 一

Koji cultivation on pizza crusts and its use for preparation of egg  
sauce by fermentation with liquid egg white

Sakiko Sho, Yosie Ueno, and Hajime Hatta

This research was aimed to produce a fermented egg white sauce that taste strong umami by use of pizza crusts as a solid medium for koji cultivation. Pizza crusts were made from dough of bread flour and gluten powder with yeast, and cut into small pieces about 5mm square sections. After adjusting moisture content at 45%, *Aspergillus oryzae* was cultured on the pizza crusts. *A. oryzae* favorably grew into the crusts, because of porous structure of the crusts. Enzyme activities of protease, acidic carboxypeptidase and amylase extracted from the crust koji were 2-3 times higher than those of usual Koji cultivated on delipidated soybean and wheat.

The crusts koji were mixed with liquid egg white and salt to prepare egg white moromi (16% NaCl) for fermentation. Formol nitrogen and total amino acid content of the crusts moromi were gradually increased from 0.12% and 0.37% at start to 0.93% and 8.8% at 6 months, respectively, resulting in much amino acid produced by degradation of proteins by enzymes in koji. The moromi at 6 months was filtered and sterilized to obtain a fermented egg white sauce. The glutamic acid content of the egg white sauce was about 1.6%. This value was about 2 times higher comparing to that of soy sauce commercially available.

It was revealed by sensory evaluation that pizza crusts koji with 16% salted liquid egg white produced fermented egg white sauce with unique egg flavor, much umami taste, and lighter color comparing to that of usual soy sauce. Moreover, egg proteins were completely decomposed to peptides or amino acid, which could not be detected by an egg allergy detection ELISA kit in the fermented egg white sauce at 6 months. It might be the first to utilize pizza crust to ferment *A. oryzae*. It also might be the first to use the crust koji with liquid egg white and salt during fermentation of egg white sauce. The egg white sauce will be a new fermented seasoning in our dietary life as well as in food industry.

(Received September 14, 2012)

## I. 序文

醤油は日本の伝統的な発酵調味料である。その製造法は大豆を窒素源、小麦を炭素源として麹菌を培養し、得られた醤油麹と食塩水を混合した「もろみ」を室温で約6ヶ月間、発酵熟成して得られる。発酵熟成期間中の「もろみ」は、高濃度の食塩で防腐さ

れながら、大豆と小麦のタンパク質が麹菌のプロテアーゼで分解され、液化して醤油に変わる。また、発酵熟成に伴い、耐塩性の乳酸菌や酵母が増殖し、アミノカルボニル反応も進み、醤油独特の風味や色が形成される<sup>1)</sup>。

本来、醤油の原料は大豆と小麦であるが、近年は大豆の代わりに脱脂大豆を用いるのが一般的である。食品業界では、大豆油の需要増加に伴い、その抽出残渣（脱脂大豆）が大量に残る。それを有効利用し、醤油が大量に製造されている。すなわち、近

年、日常的に使われている醤油のほとんどは、脱脂大豆を用いて生産されたもので、従来の大豆を用いた丸大豆醤油より安価であるが、旨みやコク味などの風味や品質面で劣る。

近年、食の多様化と高級化に伴い、消費者志向としては、通常の醤油よりもコクや風味の強い丸大豆醤油が好まれる。また、丸大豆醤油以外にも魚介類を原料とした魚醤やカキ醤油など、風味が特徴的な調味料の需要が高まっている。我々は、通常の醤油麹に卵白液と食塩を混合した「卵もろみ」を発酵熟成させ、卵風味の調味液「たまご醤油」を開発した。すなわち、卵白液に約10%含まれるタンパク質を、麹菌が産生するプロテアーゼやグルタミナーゼで分解することにより、多量のアミノ酸やペプチドを生成させ、呈味成分の多い、従来にない風味や旨味を有する卵風味の調味液を調製した<sup>2)</sup>。

近年、日本の鶏卵生産量は250万t前後で推移している。2010年では252万t、国民一人当たりの鶏卵消費量は、殻つき卵に換算して324個と世界二位であった。その内訳は、51.3%がパック卵として家庭で利用され、48.7%が加工用および外食産業や業務用として消費されている<sup>3), 4)</sup>。従来、加工卵としては卵黄の需要が多く、マヨネーズや洋菓子に使用され、その消費量は増加傾向にある。一方、水産練り製品の需要低迷に伴い、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。その冷凍保存コストは鶏卵加工業者の大きな負担であり、卵白の新しい用途の開発が望まれている。

本研究では、余剰卵白の有効利用と旨みの強いたまご醤油の調製を目的として、まず醤油麹原料の脱脂大豆の代わりに、グルタミン酸の多い小麦グルテンを用い、小麦粉(強力粉)、酵母等と捏ねてピザ台用生地を調製した。それを薄く延ばして焼成したピザ台クラストを固体培地として麹菌を培養し、得られたクラスト麹に卵白液と食塩を加え、卵白もろみとして発酵熟成させる新規な発酵調味液(たまご醤油)の調製法について検討した。

## II. 実験方法

### 1. 実験材料

小麦粉は昭和産業株式会社製の強力粉(キングスター)、活性グルテンはグリコ栄養食品株式会社製の粉末状小麦たん白(A-グルGB)、不活性グルテンは長田産業株式会社製(干麩不活性グルテン)、酵母はキリン共和発酵株式会社製(ダイヤイース

ト)、ベーキングパウダーはオリエンタル酵母株式会社製のものを用いた。醤油麹用の種麹 *Aspergillus oryzae* HO-117は株式会社菱六より、卵白液は三州食品株式会社の殺菌卵白液を提供していただいた。脱脂大豆と割砕小麦で調製した通常の醤油麹は京都府醤油協業組合から提供していただいた。市販の醤油はキッコーマン株式会社製の濃口醤油を購入し、アミノ酸分析や官能評価の対照醤油として用いた。

### 2. クラスト麹の調製

強力小麦粉750g、活性グルテン150g、不活性グルテン100g、酵母20g、ベーキングパウダー25g、食塩20g、約35℃の温湯700mlの割合でピザ台用生地を混捏した後、29℃、湿度87%で60分間発酵させた。発酵した生地を再度捏ねてガス抜きをした後、さらに二次発酵(29℃、湿度87%、30分間)させた。このように調製した生地を厚さ約5mmに延ばし、270℃で1分10秒間焼成して放冷後、フードカッターで約5mm角に粗砕して麹を培養するクラスト固体培地を得た。このクラスト固体培地を20kg調製し、水分45%に調湿後、耐熱性袋に詰め、120℃で25分間オートクレーブし、次いで種麹(*Aspergillus oryzae* HO-117)を30g接種した。木製麹蓋(250×450×50mm)に盛り込み、電気定温恒温器(有限会社芦田器械店製AM-180型)で、30～33℃、湿度95%以上の環境で70時間、麹菌の培養を行った。

### 3. 酵素活性の測定

酵素活性測定に用いる麹の抽出液は国税庁所定分析法<sup>5)</sup>に従い調製した。すなわち、クラスト麹10gまたは通常の醤油麹10gにM/100酢酸緩衝液(pH5.0)100mlを加え、ホモジナイザー(ポリトロン、PT2100S)で10,000rpm×2分間攪拌した後、No.2ろ紙(アドバンテック東洋)で自然ろ過した抽出液を1晩、M/100酢酸緩衝液(pH5.0)に対して透析した。透析した抽出液を適宜希釈し、国税庁所定分析法<sup>5)</sup>に準じて中性プロテアーゼ、酸性プロテアーゼ、酸性カルボキシペプチダーゼ、 $\alpha$ -アミラーゼ、グルコアミラーゼの各活性を測定した。また、グルタミナーゼ活性は、しょうゆ試験法<sup>6)</sup>に準じ、ヤマサL-グルタミン酸測定キット(ヤマサ醤油株式会社製)を用いて各サンプルごとに3回ずつ測定した。

### 4. 卵白もろみの調製と醤油化

クラスト麹9.05kg、水2.95kg、卵白液50.0kg、食塩11.8kg、総重量73.8kgを70L容量のプラスチックバケツ内で混合し、塩分16%の卵白もろみを調製し、



図 1 たまご醤油の試作品

室温（約 15-25℃）で 6 ヶ月間発酵熟成させた。その間、初めの 1 週間は毎日 1 回、その後は 1 週間に 1 回、もろみを攪拌して均質化し、経時的にサンプリングを行った。6 カ月発酵熟成させた卵白もろみは、広島県の岡本醤油醸造所に依頼し、実際に醤油もろみをしぼるろ布を用いてろ過した。得られたろ液を火入れ殺菌（80℃、30 分間）した後、冷蔵庫で 3 日間滓引きして、その上澄みを 100ml 容量のペットボトルへ充填した。そして、試作品ラベル（図 1）を貼り、たまご醤油の試作品を調製した。

### 5. 卵白もろみ上清の分析方法

#### 1) 試料の調製方法

熟成期間中の卵白もろみから、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 ずつサンプリングし、ガーゼで搾り、液画分を採取した。不純物を除去するため、液画分の約 50ml を 12,000rpm × 20 分、20℃ で遠心分離（株）トミー精工製、Suprema21）した。得られた遠心上清をろ紙 NO.2（アドバンティック東洋）で自然ろ過し、そのろ液を卵白もろみ上清試料とした。

#### 2) 窒素の定量

全窒素の定量はケルダール分解法<sup>7)</sup>、ホルモール態窒素はしょうゆ試験法<sup>6)</sup>に基づいて行った。全窒素の定量は各サンプルごとに 3 回ずつ測定した。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 (W/V%) およびホルモール態窒素量 FN (W/V%) から、TN/FN で算出した。

6 ヶ月熟成後のもろみ上清のタンパク質量は、全窒素量に対して原材料の配合比率に応じ、それぞれ

のタンパク質換算係数（小麦 5.83、鶏卵 6.25）を乗じて算出した。

#### 3) pH の測定

pH メーター（新電元工業（株）製、PH BOY-KS723）を用いて測定した。

#### 4) 色調

同時測光方式分光式色差計（（株）日本電色工業製、SQ200）を用いて L\*a\*b\* 値を測定し、醤油の彩度および色相とした。

#### 5) アミノ酸分析

もろみ上清試料 0.5ml を 5 分間煮沸した後、遠心分離機（久保田商事（株）製、KUBOTA1120）を用いて 14,000rpm × 5 分間遠心分離した上清を、400ml の蒸留水にクエン酸三ナトリウム 9.8g、過塩素酸 8ml、n-カプリル酸 0.05ml を加え、500ml にメスアップ後、過塩素酸で pH 2.2 に調整したクエン酸三ナトリウム緩衝液（pH2.2）で 100 倍希釈した。希釈液を再び 14,000rpm × 5 分間遠心分離した上清を（株）島津製作所製高速液体クロマトグラフ Prominence を用いて、以下の条件でアミノ酸分析を行った。使用カラムは強酸性陽イオン交換樹脂カラム（Shim-pack Amino-Na 型）、試料液量は 10μl、検出はポストカラム法で反応試薬（ $\alpha$ -フタルアルデヒド）を用いて蛍光検出（Ex = 348 nm, Em = 450 nm）を行った。

#### 6) 水分量の測定

火入れ殺菌後のたまご醤油の試作品 5g を試料として、赤外線水分計（（株）ケット科学研究所製、F-1 型）を用い、120℃、20 分間乾燥させて測定した。

#### 7) 塩分の定量

6 ヶ月熟成後のもろみ、および火入れ殺菌後のたまご醤油の試作品 10g を蒸留水で 500ml に希釈した試料 10ml を用い、各サンプルごとに 3 回ずつ、モール法で測定した。

#### 8) 卵白アレルギーの定量

卵白もろみの熟成前と 6 ヶ月熟成後のもろみ上清、および最終の火入れ殺菌後のたまご醤油の試作品を試料として、モリナガ FASPEK 卵測定キット（卵白アルブミン）（（株）森生科学研究所製）を用い、その操作マニュアルに従い、サンドイッチ ELSA 法で卵総タンパク質の定量を行った。

#### 9) 官能検査

最終の火入れ殺菌後のたまご醤油の試作品およびキッコーマン株式会社製の濃口醤油を約 70℃ の温湯で 20 倍希釈した液 30ml を試料とし、官能検査を行った。

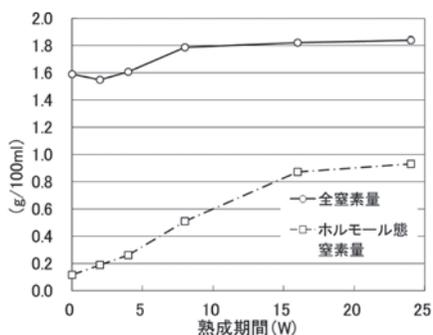


図 2 もろみ上清中の全窒素量およびホルモール態窒素量の経時変化

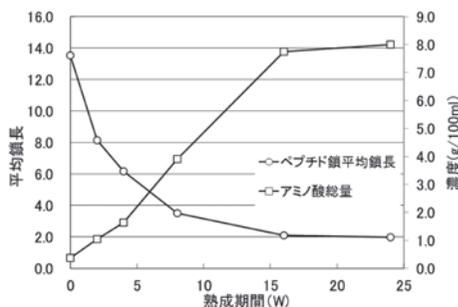


図 3 もろみ上清中のペプチド鎖平均鎖長およびアミノ酸総量の経時変化

パネラー 28 名 (22 ~ 55 歳 : 女性) に対し 7 項目  
①旨味が強い, ②甘みを感じる, ③卵の味を感じる, ④大豆の味を感じる, ⑤風味がよい, ⑥色が薄い, ⑦おいしい (総合評価) について 2 点嗜好試験を行った<sup>8)</sup>。なお, 期待効果により判断が左右されないよう, 評価用紙に, 試料内容の情報は記載しなかった。試験結果は二項検定により検討した。

### III. 結果

#### 1. クラスト麴および醤油麴の酵素活性

クラスト麴の中性プロテアーゼ活性は 63,600U/g, 醤油麴は 30,000U/g であった。また, クラスト麴のグルタミンナーゼ活性 64.7 U/g, 醤油麴は 36.6 U/g であった。(表 1)

#### 2. 卵白もろみの発酵熟成状態

仕込み当初, もろみ表面に麴が浮上していたが, 熟成とともに沈み, 液化が進んだ。また, 4 ヶ月目以降のもろみは上清が透明になり, 6 ヶ月目には十分に液化が進み, ろ過適性に優れていた。

#### 3. 窒素の定量

##### 1) 全窒素量とホルモール態窒素量

卵白もろみ上清の全窒素量は熟成前から高く 1.59

g/100ml で, 発酵熟成期間中に少しずつ上昇し, 6 ヶ月目で 1.84 g/100ml となった。一方, ホルモール態窒素量は熟成当初, 0.12 g/100ml を示したが, 熟成の進行にともない増加し, 熟成 6 ヶ月目で 0.93 g/100ml となった (図 2)。これらの変化に伴い, ペプチド鎖平均鎖長は熟成前の 13.5 から, 6 ヶ月目には 1.98 まで低分子化された (図 3)。

また, 6 ヶ月熟成後のもろみ上清のタンパク質量は, 11.4g/100ml, 市販濃口醤油は商品記載資料より 9.3g/100ml であった。

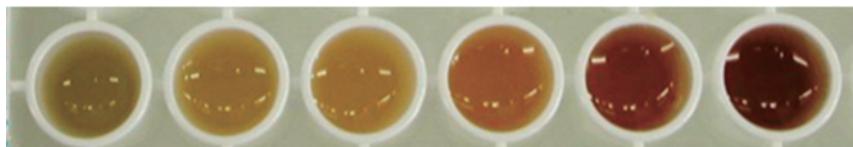
#### 4. pH の変化

熟成前の pH は 6.6 を示した。6 ヶ月間の熟成期間中, 熟成にともない徐々に低下して, 2 週間目で 6.5, 4 週間目で 6.4, 2 ヶ月目に 6.1, 4 ヶ月目には 5.8, そして 6 ヶ月で 5.7 となった。

#### 5. 色調の変化

熟成前の色調は薄いものの, 麴菌胞子の影響より緑がかっているが, 2 週目には薄く黄色みをおびた液となった。2 ヶ月目以降着色が進み, 6 ヶ月目には薄い茶褐色を呈した。(図 4)

明るさを示す L\* 値は, 熟成前 68.4 であったが, 2 週目, 4 週目は濁りが出てきたため急激に低下し



熟成期間	0 週目	2 週目	4 週目	2 ヶ月目	4 ヶ月目	6 ヶ月目
L* 値	68.4	68.1	58.8	59.1	70.4	53.7
a* 値	-0.2	0.2	1.6	2.9	4.9	19.4
b* 値	46.4	41.4	40.6	51.4	86.7	86.2

図 4 たまご醤油の色調変化

た。4ヶ月目に濁りがなくなり、L\*値は上昇した。熟成が進むにつれ、色が濃くなり6ヶ月目には53.7まで低下した。熟成前、a\*値は-20であったが、熟成が進むにつれ値が上昇し19.4となり、赤みが強くなった。b\*値は熟成前、46.4を示し、2週目、4週目で一度低くなったが、その後熟成が進むにつれ上昇し、6か月目には86.2となり、黄みがかかった色となった。

6. アミノ酸分析

1) アミノ酸総量の変化

熟成前、アミノ酸総量は0.37 g/100mlと低値を示したが、2週目目に1.04 g/100ml、2ヶ月目に3.90g/100ml、4ヶ月目には7.75 g/100mlと直線的な増加を示し、その後、緩やかに増加を続け、6ヶ月目には8.01 g/100mlとなった(図3)。

2) 各種アミノ酸含量

旨味に関するアスパラギン酸は、市販醤油の0.63g/100mlに対したまご醤油が0.89g/100ml、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、市販醤油の1.2g/100mlに対したまご醤油が約

1.6g/100mlと高値を示した。さらに、たまご醤油では、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、リジンなどが市販濃口醤油に比べて特に高値を示した。(図5)。

7. 塩分の定量

6ヶ月熟成後の卵白もろみの塩分は、16.1%を示したが、火入れ殺菌後のたまご醤油の試作品は20.8%であった。また、市販濃口醤油は16.0%であった。

8. 水分含量

火入れ殺菌後のたまご醤油の試作品の水分含量は64.8%、市販濃口醤油67.1%であった。

9. 卵白タンパク質の定量

6ヶ月発酵熟成後の卵白もろみ上清に残存する卵白タンパク質量は75μg/mlであった。しかし、火入れ殺菌後により引きをして調製したたまご醤油中の卵白タンパク質量は、検出限界(0.78ng/ml)以下を示した。

10. 官能検査によるたまご醤油と市販醤油の比較

各設問に対して、たまご醤油と市販醤油のどちら

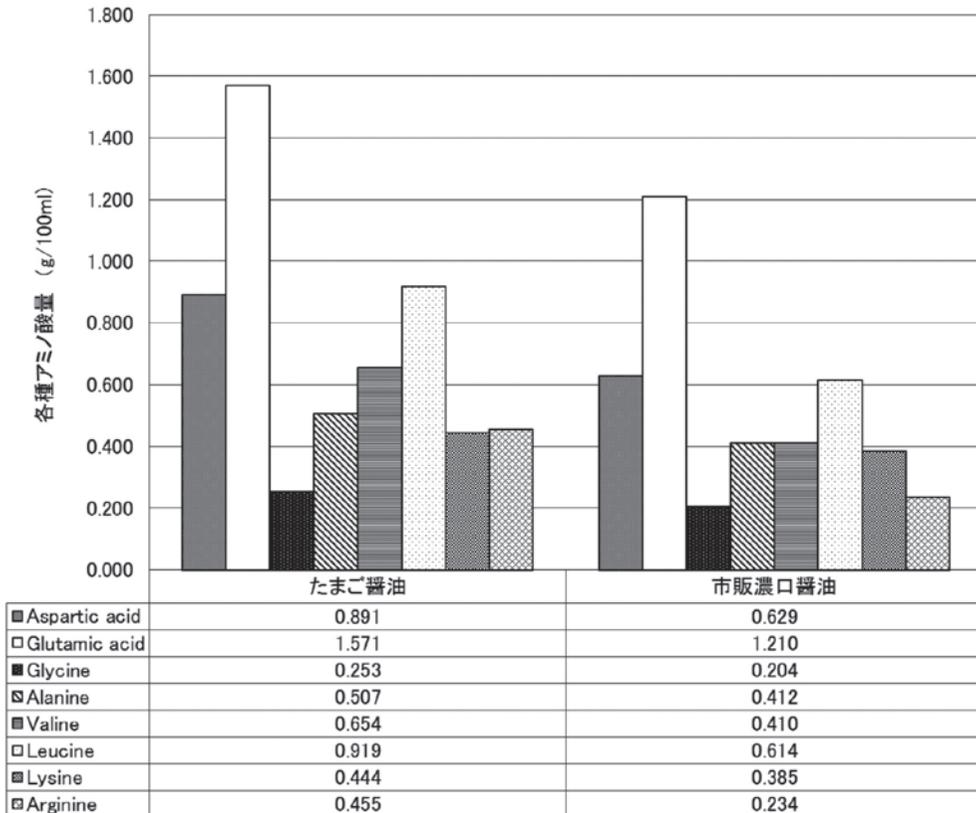


図5 もろみ上清中のアミノ組成の比較

があてはまるか (好まれるか) をパネル 28 人に検査をおこなった。たまご醤油の評価は, ②甘みを感じる (21 人), ③卵の味を感じる (25 人), ⑥色が薄い (26 人), が 1% 水準で有意差が認められ, ①旨味が高い (20 人), ⑦おいしい (総合評価) (20 人) は 5% 水準で有意差が認められた。また, ⑤風味がよい (17 人) は有意差が認められなかった。④大豆の味を感じる と回答したパネルも 6 人あった。

また, 「だしがなくても十分おいしい」「だし味を感じる」「まろやかで優しい味がする」などの感想が得られた。一方, 「あと味がしつこい」という意見も見られた。

#### IV. 考察

##### 1. クラスト麺と通常の醤油麺の比較

ピザ台クラストは, 焼成後の水分が約 40% と麹菌が生育する最適水分含量で, 製麺時に水分を調整する必要が無く, たまご醤油を大量に調製する原料として非常に適していた。クラストに使用した活性グルテンは粘着力と弾力性を兼ね備え, 水分を加えて混捏することにより粘弾性の組織を形成する。生地の発酵が進むと, イーストが炭酸ガスを発生し, グルテン組織間に保持され, 生地を膨張させた。さらに焼成時には, ベーキングパウダーの膨化作用も加わり, さらにきめの細かい気泡が形成され, 熱変成して安定化した。この生地は, 保水力があり, 多孔質であるため, 麹菌が旺盛に繁殖する条件が整っていた。

麹菌は成長過程において, 多種多量の酵素を生成する。これらの酵素は原料の分解や麹特有の生産物の生成に対して重要な役割を果たす。特にプロテアーゼは 20 種類以上に及び, 基質特異性や最適作用条件は様々であり, 多種類のペプチド結合を分解することが可能となる。また, グルタミナーゼは遊離したグルタミンを分解してグルタミン酸を生成するが, 不足するとグルタミンはピログルタミン酸に

変換される。その結果, 旨味の主体であるグルタミン酸が減少するため一定量以上のグルタミナーゼが必要である。<sup>9)</sup> クラスト麺は醤油麺の 2 倍以上の中性プロテアーゼ活性と, 3 倍以上の酸性カルボキシペプチダーゼ活性, さらに約 2 倍のグルタミナーゼ活性が認められた。(表 1)

製麺中に炭酸カルシウムやリン酸ナトリウムを添加し, pH を微酸性から微アルカリ性に維持すると共に, 栄養源を補給することによりプロテアーゼ生産性が高まるとの知見が示されているが<sup>10)</sup>, 本研究で使用したベーキングパウダーにはリン酸塩が 17% 含まれており, 麺の発酵を促進し酵素活性の強化に影響したと思われる。また, 原材料にグルテンを添加することにより, グルタミナーゼ生成が誘導され, 高いグルタミナーゼ活性を得たと推測される。

##### 2. 発酵熟成期間における卵白もろみの経時変化

卵白もろみの全窒素量は, 熟成前から高い値を示し, 大きな変動はないものの, 徐々に分解が進んだ。これはクラスト麺に添加した卵白液中中のタンパク質が水溶性であり, 仕込み当初から卵白もろみ上清中に溶出して, 全窒素量が高いためである。

ホルモール態窒素量は, 熟成の進行にともない, 直線的に増加するが, 熟成 4 ヶ月以降, 6 ヶ月までは緩やかに増加して約 1 g/100ml となり, 順調に分解が進んだことを示している。一方, ペプチド鎖平均鎖長は, 麺に添加した卵白に水溶性のたん白質が多く含まれているため, 熟成前に高い値を示したが, 熟成 4 ヶ月目以降には約 2.0 まで下がり, タンパク質の低分子化が進んだ。また, アミノ酸総量は 1 ヶ月あたり約 2g/100ml 増加したが, 4 ヶ月目以降は微量な増加に留まり, 6 ヶ月目に 8.01g/100ml を示した。すなわち, 約 4 ヶ月間で, 卵白もろみ中のタンパク質は, ほぼアミノ酸やペプチドに分解され, その後さらに分解が進み, 可溶化した。

卵白のアレルゲン検査として, 卵白タンパク質の定量を行った結果, 卵白もろみの上清 (未殺菌たま

表 1 クラスト麺および対照麺の酵素活性

	クラスト麺	醤油麺 (脱脂大豆+小麦)
中性プロテアーゼ	63,600 ± 208	30,000 ± 1150
酸性プロテアーゼ	25,800 ± 180	23,000 ± 74
酸性カルボキシペプチダーゼ	72,400 ± 566	20,300 ± 308
グルタミナーゼ	64.7 ± 0	36.6 ± 2.8
α-アミラーゼ	2,750 ± 62	1,600 ± 35
グルコアミラーゼ	860 ± 6.0	400 ± 5.0

平均値 ± 標準偏差 (n=3)

(U/g)

ご醤油)では75 $\mu$ g/ml検出されたが、火入れ殺菌後、滓引きしたたまご醤油では不検出であった。このことは、6ヶ月の発酵熟成後にわずかに残存した卵白タンパク質が火入れにより熱変成をおこし、不溶化し滓引きで除去され、アレルゲンが消失したと推測される。

### 3. たまご醤油と市販の濃口醤油の比較

6ヶ月熟成後のもろみ上清のタンパク質量は、市販濃口醤油の約1.2倍を示した。また、水分含量は、たまご醤油は市販濃口醤油より約2%低く、高濃度であった。

食塩濃度は市販濃口醤油の16.0%に対し、たまご醤油の試作品は20.8%であった。卵白もろみは原材料全量に対して塩分16% (W/W) に調製し、6ヶ月熟成後のもろみの塩分も16.1%であることより、ろ過を行う際、残渣に対し、ろ液に、より塩分が移行したと推測される。たまご醤油の最終的な塩分濃度を調整するためには、より詳細な配合条件の検討が必要である。

たまご醤油の、旨味に関するアスパラギン酸量は、市販濃口醤油に対し、約1.4倍、アスパラギン酸より強い旨味を持つグルタミン酸量は、約1.3倍の濃度を得た。また、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、リジンも、高値を示した。この結果より、たまご醤油は市販濃口醤油とは異なった、特徴ある風味を持つと考えられる。クラスト麴の原材料には、活性グルテンおよび不活性グルテンを用いたが、グルテンを構成するアミノ酸の約40%がグルタミン、グルタミン酸、およびピログルタミン酸からなる複合物である<sup>9)</sup>。これらのグルテンを原料の約14%配合したところ、高いグルタミン酸濃度のたまご醤油を得ることができた。

一般的な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い。<sup>10), 11), 12)</sup>

第五訂日本食品成分表記載の強力粉およびグルテン、小麦、脱脂大豆より算出したたまご醤油原料の糖含量は17.4%、市販醤油原料の糖含量45.0%である。グルテンは大豆に比べてペントース含量が低い<sup>9)</sup>ため、もろみ中のペントース含量も少なく、たまご醤油の色調が顕著に薄くなったと推測される<sup>9)</sup>。

官能検査による旨みや卵風味の比較では色の薄さ、卵の風味や旨味、甘み、総合的な「おいしさ」について有意差が認められ、たまご醤油は通常の市販醤油より高い評価を得た。しかし風味に関しては、個人の嗜好の差により評価が分かれた。

本研究では、クラスト麴を高濃度食塩存在化で卵白液と6ヶ月間発酵熟成させることにより、アミノ酸総量が高く、特にグルタミン酸量が多いため旨味が強く、かつ甘味や卵風味を有し、色調が顕著に薄い高付加価値の発酵調味料「たまご醤油」が得られた。

今回、アミノ酸組成に注目して味の評価を行ったが、糖類および有機酸組成に関する検討も必要であると思われる。

また、卵のアレルゲンである卵白タンパク質は、6ヶ月の発酵熟成中に麴菌の多様な酵素により分解され減少し、特に火入れ殺菌して調製したたまご醤油の最終試作品では、卵アレルゲン検査キットで検出限界以下となった。卵総タンパク質濃度は発酵前期に急激に減少し、24週目で不検出となった。ELISA法でのアレルゲン陽性とは、食品採取重量1gあたりの特定原材料由来のタンパク質含量が10 $\mu$ g以上のものを指す。本試験で使用した「モリナガFASPEK卵測定キット(卵白アルブミン)」はスクリーニング法として厚生労働省に指定されており<sup>13)</sup>その検出限界は0.78ng/mlである。以上のことより、たまご醤油最終試作品の卵白タンパク質は低分子化され、アレルゲン性が消失したことが示唆された。このことより、クラスト麴と卵白液を用いたたまご醤油は、大量調製に適し、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、新規性のある発酵調味料としての利用が期待できる。

## V. 要約

パンにカビが生えやすい事に着目し、旨みの強いたまご醤油の調製を目的として、グルタミン酸の多い小麦グルテンと強力粉および酵母菌を捏ねてクラスト(ビザ台)生地を調製した。麴菌の生育に最適な水分含量(40~45%)になるよう焼成し、約5mm角に破碎したクラスト培地に、麴菌*A. oryzae*を培養してクラスト麴を調製した。麴菌の菌糸が多孔質のクラスト培地内部にまで良く生育した。得られたクラスト麴は従来の醤油麴と比較し、中性プロテアーゼ、酸性カルボキシペプチダーゼ、グルタミンナーゼ、 $\alpha$ -アミラーゼ等の酵素活性が2~3倍も高値であった。

クラスト麴に食塩と卵白液を加え、卵白もろみ(塩分16%)を調製し、室温で6ヶ月間の発酵熟成中、もろみ上清液の窒素定量やアミノ酸分析および卵白アレルギーの検出を行った。全窒素量は、卵白のタンパク質が可溶性であるため、当初から1.59%と高く、6ヶ月で1.84%となった。ホルモール態窒素量および総アミノ酸量は、それぞれ当初の0.12%および0.37%が6ヶ月の熟成で0.93%および8.8%にまで上昇し、タンパク質が分解されて多量のアミノ酸が得られた。

最後に、熟成6ヶ月目のもろみをろ布ろ過後、火入れ殺菌して調製した卵白発酵調味液(たまご醤油)と市販の醤油を比較した結果、グルタミン酸濃度は1.6%と市販の濃口醤油の約1.3倍も高値であった。また、官能検査の結果より、たまご醤油は、顕著に色調が薄く、旨みが強く、卵風味が感じられた。さらに、市販の卵アレルギー検査キットで測定した結果、卵タンパク質濃度は検出限界(0.78ng/ml)以下であった。

本研究では、窒素源として脱脂大豆の代わりに小麦グルテンを用い、小麦粉(強力粉)と捏ねて焼成したクラスト生地麴菌を高密度に培養することができた。そして、得られたクラスト麴と食塩と卵白液を混合し、16%食塩存在化、室温で6ヶ月間発酵熟成させ、市販の醤油より色調が薄く、旨みが強く、卵風味を有する新規な卵白発酵調味液(たまご醤油)を調製した。なお、たまご醤油は、卵白アレルギーの原因タンパク質が検出限界以下まで十分に分解され、特定原材料(卵)表示の必要性はなかった。

## 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、株式会社菱六の皆様へ厚く御礼申し上げます。

## VI. 参考文献

- 1) 吉沢淑, 醤油, 「醸造・発酵の事典」, 朝倉書店, 407-430 (2002)
- 2) 莊 咲子, 深尾安規葉, 上野義栄, 八田 一, たまご醤油の調製に関する研究, 本誌, 64, 34-41, (2010) .
- 3) 鶏鳴新聞, (2011.10.05), <http://www.keimei.ne.jp/article/20111005t2.html> (2012.09.12)
- 4) 厚生労働省, 平成23年 鶏卵需給等関係資料 (2011)

- 5) 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)
- 6) しょうゆ試験法編集委員会編, しょうゆ試験法, 財団法人日本醤油研究所, 19, (1985)
- 7) 日本薬学会編, 衛生試験法・注解 2005, 173 - 175, (2005)
- 8) 日本フードスペシャリスト協会編, 新版食品の官能評価・鑑別演習,
- 9) 岡田崇, 桂晴美, 古林万木夫, 醸協, 100, 478-483 (2005)
- 10) 枥倉辰太郎 編, 増補醤油の科学と技術, (財)日本醸造協会, 171 - 181, 294 - 304, (1994)
- 11) 村上英也, 麴学, (財)日本醸造協会, 259, 324, (2000)
- 12) 四方日出男, 醸協, 75, 149 - 155, (1980)
- 13) 小川正, 篠原和毅, 新本洋士, アレルギー食品の検出法, 「抗アレルギー食品開発ハンドブック」, SCIENCE FORUM, 263-264, (2006)