

## 雑豆由来テンペの調製とその特性評価

苔庵泰志\*, 山岡千鶴\*, 佐合 徹\*

### Preparation of the Tempeh from Various Beans and its Properties

Yasushi KOKEAN, Chizuru YAMAOKA and Toru SAGO

We have prepared the tempeh from various beans ( kidney bean, pea, azuki, broad bean ) and characterized of their physiological, rheological properties. They were prepared from miscellaneous beans by cooking for the steam-treatment at 80kPa. The DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical scavenging abilities for raw beans and their tempehs were evaluated. The DPPH radical scavenging ability of azuki tempe was significantly higher than that in raw azuki. The values were  $6.37 \pm 0.32$  and  $4.63 \pm 0.19$   $\mu\text{mol trolox eq./g}$  of dry matter, respectively (AVE $\pm$ SEM). Each tempeh was evaluated by rupture property for the breaking energy using rheometer. The values for breaking energy in the paste of each beans increased after fermentation with *Rhizopus microspores*. This study suggests that the tempehs from miscellaneous beans may be used as an alternative of the material to extend the availability of miscellaneous beans for food manufacturing.

Key words: Miscellaneous Beans, Tempe, *Rhizopus microspores*, Antioxidative Effect, ACE Inhibitory Activity

### 1. はじめに

大豆等, 豆類加工食品素材としての需要は近年の健康志向の高まりもあり増加しているが, 雑豆類は, 小豆であれば, あん, 赤飯, しる粉など, インゲンマメでは煮豆等での利用が主な用途となっており, 発酵食品としての利活用はこれまでにほとんど報告されていない. インドネシアの伝統的な無塩発酵大豆食品であるテンペは, 欧米諸国でも健康食品として製造・販売されており, 健康に関心の高い消費者には人気の食品であり, 日本においても 1980 年代から製造・販売されている<sup>1)</sup>. 現在市販されているテンペは, 大豆が原料であり, 発酵により抗酸化力向上をはじめ, 消化性の向上等, 発酵による物性及び生理機能の向上が明らかになっている. これらテンペ菌 (*Rhizopus microsporus*) による発酵作用による素材の特性改善は, 他の豆類でも向上が期待で

きる. そこで本研究では, 雑豆の食品素材としての新たな可能性を明らかにするために, 雑豆を原料としたテンペの試作条件を検討するとともに, 試作した雑豆テンペの諸特性を明らかにすることとした.

### 2. 実験方法

#### 2. 1 試料

テンペ菌は, (株)秋田今野商店より購入した. ソラマメは中国産, 以下北海道産としてトラマメ (インゲンマメの一種), エンドウマメ, 小豆, 大豆を用いた. モデル食品試作のためのチョコレートは, 「明治ハイミルクチョコレート」を用いた.

#### 2. 2 各種テンペの試作

トラマメ, エンドウマメ, 小豆, ソラマメの 4 種類の雑豆についてテンペ試作の可能性を検討した.

##### 2. 2. 1 発酵予備検討

通常の大豆テンペ製造では, 吸水後に 5 % (v/v) 食

\* 食と医薬品研究課

酢で 30 分程度煮沸後に水切り，テンペ菌を加えるが<sup>2)</sup>，雑豆類では組織が柔らかく，煮崩れすることから，加熱方法に関して，小豆を用いて予備検討を行った。

生小豆 50 g に 5 % (v/v) 食酢 500 mL を加え 4 °C で 60 時間吸水させた後，水切り，脱皮し，高压処理する試験区分（吸水後に脱皮：脱皮小豆）及び蒸煮する試験区分（2 分間湯浴中で蒸煮後に脱皮：蒸煮小豆）に分けた。試験法を図 1 に示す。①脱皮小豆を 120 °C，15 分オートクレーブした後 5 % 食酢 (v/v) 200 mL を加えて 2 分間蒸煮 ②脱皮小豆に 5 % (v/v) 食酢 50 mL を加えた後に 120 °C，15 分間オートクレーブ ③蒸煮小豆をシャーレに分け，120 °C，15 分間オートクレーブした後，5 % (v/v) 食酢 200 mL を加え，2 分間蒸煮 ④蒸煮小豆に 5 % (v/v) 食酢を加え，120 °C，15 分間オートクレーブ。①～④試験区の各処理豆に対してテンペ菌を 100 mg 加え，30 °C で 24 時間保温した。

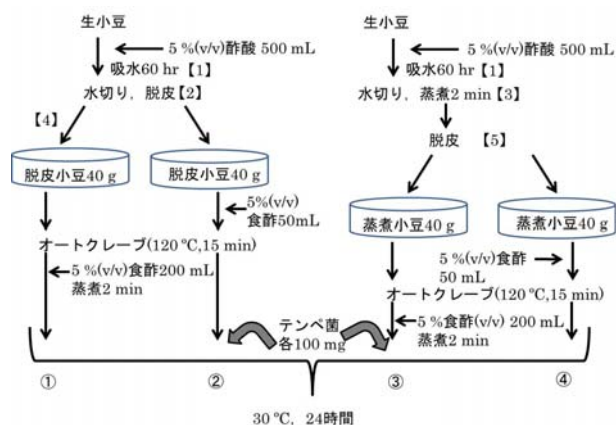


図 1 小豆テンペ調製法

### 2. 2. 2 各雑豆を用いたテンペの試作検討

テンペ試作のスキームについて図 2 に示す。4 °C，5 % (v/v) 食酢で各雑豆 50 g を 48 時間浸漬後に剥皮し，1~5 分間，1 分間隔で 80 kPa の圧力釜で熱処理を行った。各試験区の豆について，放冷後に袋詰めし，テンペ菌を生豆 50 g に対して 200 mg または 500 mg 添加，30 °C で保温して，テンペ菌の伸びを目視で継時的に観察した。テンペ菌が豆全体にまわり，外観が白くなった時点を発酵の終点とした。

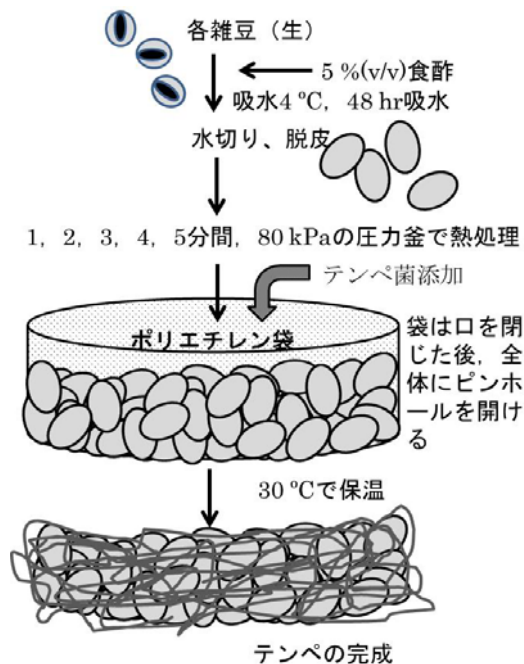


図 2 雑豆テンペの調製法

### 2. 3 物性評価

発酵前後での物性変化を比較するために，クリープメータ (RHEONER II RE2-33005S, 山電) を用いて破断強度を測定した。試験方法を図 3 に示す。試験は，各テンペを乳鉢ですりつぶし，ペースト状にした後，直径 43 mm のプラスチックシャーレに 5 mm の高さに均一に詰め，サンプル厚さ計 (HC2-3305S, 山電) を用いて試料の厚みを測定し，その 90 % まで直径 5 mm のプランジャーで圧縮して行った (運速度 1 mm/秒)。最終の評価は，50 % 圧縮時のプランジャーに掛かる荷重として示した。結果は n=6~8 の平均値±標準誤差 (SEM) で示した。有意差の検定には一元配置分散分析 (ANOVA) を行い，Tukey の多群比較法 (p<0.01) により，有意差を評価した<sup>3)</sup>。

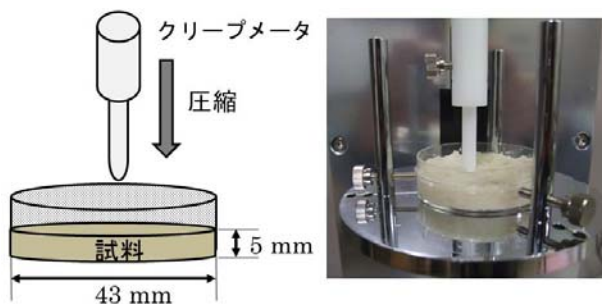


図 3 雑豆テンペの物性評価法

## 2. 4 成分分析

### 2. 4. 1 アミノ酸分析

テンペを凍結乾燥後に粉碎し、得られた乾燥粉末 100 mg に蒸留水 1 mL を加え、20 分間超音波処理後に 15,000 rpm で 15 分間遠心分離した。生豆は、テンペ菌発酵前までの前処理後の試料とした。得られた上清に対して、エタノールを 50 % (v/v) になるように加えた。15,000 rpm で 15 分間遠心分離により不溶物を除去した後にアミノ酸分析用溶離液で希釈し、アミノ酸分析用試料とした。分析は、陽イオン交換クロマトグラフィーによる各アミノ酸の分離、OPA (o-フタルアルデヒド) を用いたポストカラム誘導体化蛍光検出法により分析した。結果は、凍結乾燥粉末 1 g 当たりに含まれる遊離アミノ酸量として示した。

### 2. 4. 2 電気泳動及び赤外分光分析

雑豆テンペに含まれるタンパク質の分解状況を検討するため、SDS-電気泳動 (SDS-PAGE) 及びフーリエ変換赤外分光光度計 (FT-IR, NICOLET6700 サーマフィッシャーサイエンティフィック(株)) での官能基の分析を行った。SDS-PAGE は、5-20 % ポリアクリルアミド濃度勾配ゲルにより約 10~20 kDa までの分子量分布を検討した。FT-IR では、ATR 法により、タンパク質が持つ官能基の赤外吸収特性からテンペ菌によるタンパク質の分解状況を推定した。

### 2. 4. 3 一般栄養成分分析

小豆、対照として大豆について、テンペ菌での発酵前後の一般栄養成分 (水分、タンパク質、脂質、炭水化物、灰分、熱量) を分析した。

水分は減圧加熱乾燥法、タンパク質はケルダール法 (タンパク係数 6.25)、脂質は酸分解法、灰分は直接灰化法で分析した。炭水化物の割合は、全体を 100 % としたときに、他の成分の存在比を差し引いた値として算出した (100 - (水分 + タンパク質 + 脂質 + 灰分))。熱量換算係数は、タンパク質 4、脂質 9、炭水化物 4 を用いた。

## 2. 5 官能試験

事前の予備的検討で、苦味等が多いテンペもあったことから、チョコレートコーティングしたテンペで官能評価することとした。50 °C で湯せん溶解した板状チョコレートを、約 2 センチ角に裁断した各テンペにコーティングした後、Semantic Difference 法 (SD 法) <sup>4)</sup> により官能試験を行った。評価は、大

豆テンペとの比較とし、「旨味」「甘味」「苦味」の 3 項目を 5 段階で実施した。なお、被験者は三重県工業研究所職員 11 名 (男性 10 名 : 29~63 歳、女性 1 名 : 37 歳) として、室温 20 °C、湿度 50 %RH、判定時間は制約せずに臭気流入のない実験室で行った。

## 2. 6 生理機能評価

### 2. 6. 1 ACE(angiotensin converting enzyme)活性阻害能

ヒトの生体において、血圧は種々の系で調節されているが、食品成分と関係の深いものにアンジオテンシン変換酵素 (angiotensin converting enzyme : 以下 ACE と略す。) 活性阻害作用がある <sup>5,6)</sup>。アンジオテンシンは、生体中で血圧上昇に関与しており、ACE はアンジオテンシン前駆体からアンジオテンシンに変換する作用を有する酵素である。アンジオテンシンはペプチドであり、テンペ菌のプロテアーゼ作用により生成した大豆ペプチドの中で、ACE 活性の拮抗阻害を評価するため、Cushman らの方法 <sup>7)</sup> に準じ、発酵前後での ACE 活性阻害能の比較検討を行った。各テンペ凍結乾燥粉末 500 mg を蒸留水 25 mL に懸濁し、10 分間沸騰湯浴中で熱水抽出し、74,000 ×g、20 分間遠心分離した後、得られた上清を φ0.2 μm のセルロースアセテート膜で濾過して得られたろ液を分析試料とした。評価は、基質に酵素を反応させた場合と、試料を加えて反応させた場合の酵素反応生成物を定量して比較し、試料の酵素活性阻害能を阻害率 (%) として表した。結果は n=4 の平均値±標準誤差 (SEM) で示した。有意差の検定は 2.3.1 項に準じて評価した。

### 2. 6. 2 抗酸化活性

各テンペ凍結乾燥粉末試料 0.5 g に 80 % エタノール 10 mL を加え、ホモジナイザーで 1 分間攪拌抽出し、74,000 ×g で 20 分遠心分離した。得られた上清を試料溶液として、須田らの分光測定法 <sup>8)</sup> をプレートリーダーで測定できるように試料溶液量を改変し、DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) ラジカル消去能を測定した。測定値は、抗酸化剤である Trolox 相当量として算出した。結果は n=4 の平均値±標準誤差 (SEM) で示した。有意差の検定は、2.3.1 項に準じて評価した。

### 3. 結果と考察

#### 3. 1 各種テンペの試作

##### 3. 1. 1 発酵予備検討

図1に示したテンペ調製法の【1】～【5】の各段階での状況について、図4に写真で示す。図1, ①～④における発酵前後の様態変化について、図5に示す。通常の大豆テンペでは、蒸煮で豆の形が崩れることはないが、①, ②の試験区では若干軟弱な組織となっていた。③, ④では蒸煮によって豆の形状がほとんど崩れ、餡状となった。特に③では蒸煮中に豆組織が崩壊して流亡し、回収できなかった。そこで、小豆テンペの調製は、①, ②, ④で実施した。テンペ菌添加後、保温前及び18時間でのテンペの状況を図5に示す。本研究では、豆の形を残したまままでテンペを試作することを目的としているが、蒸煮のみでの加熱では、豆組織の崩壊により、栄養成分等の流亡も示唆される。しかしながら、熱処理抜きでは菌の成長が遅いことから、加熱法に関しては、高圧蒸気処理により、テンペ調製行うこととした。



図4 小豆テンペ製造各処理工程における様態

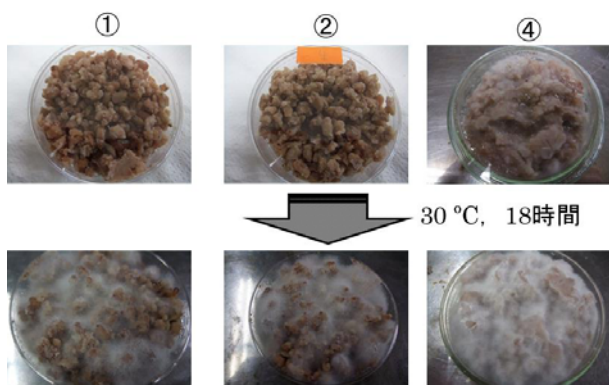


図5 発酵前後の小豆テンペの様態

##### 3. 1. 2 各雑豆を用いたテンペの試作検討

高圧蒸気処理5分間での結果を、図6に写真で示す。小豆では、27時間トラマメ、エンドウマメでは38時間の保温でほぼテンペ菌が豆全体に回り、発酵の終了を確認した。ソラマメでは38時間かけても菌糸の伸びは悪かった。また、熱処理1~4分では菌の伸長が遅くなり(結果は示さず)、テンペができるまでさらに時間がかかった。小豆以外では、菌の伸びは少し遅く、テンペ作りのためにはテンペ菌量を増やすことが必要と考えられた。そこで、最終的にはテンペ菌の添加量を生豆50gに対して500mgとした。この結果、約24時間の発酵時間でどの雑豆でもテンペを作ることができた(図7)。

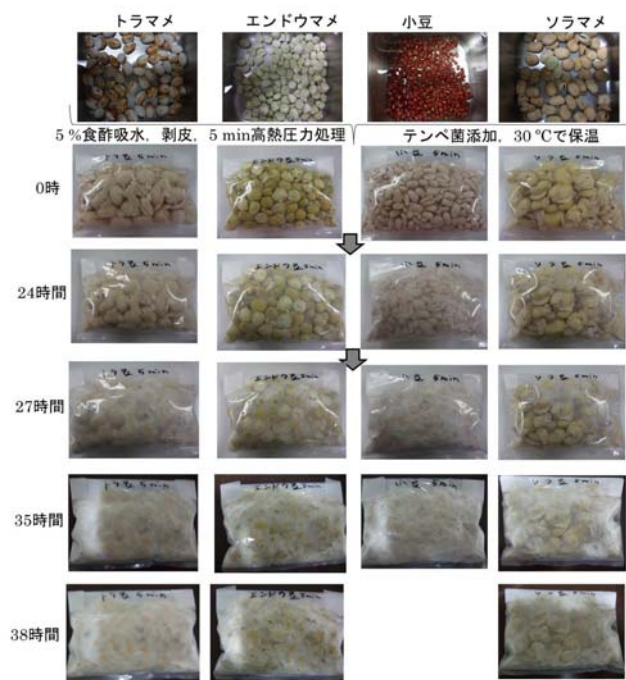


図6 雑豆テンペの調製



図7 試作した雑豆テンペ

### 3. 2 物性評価

各豆に関して、吸水のみの生豆及びテンペでの結果を図8に示す。それぞれの豆について、発酵前に比べて発酵後は有意に破断強度が増加した。詳細は明らかではないが、デンプン粒を覆うタンパク質の分解により、餡状粒子が崩れ、糊化したデンプンが豆組織の構造に何らかの影響を与えたと思われる。

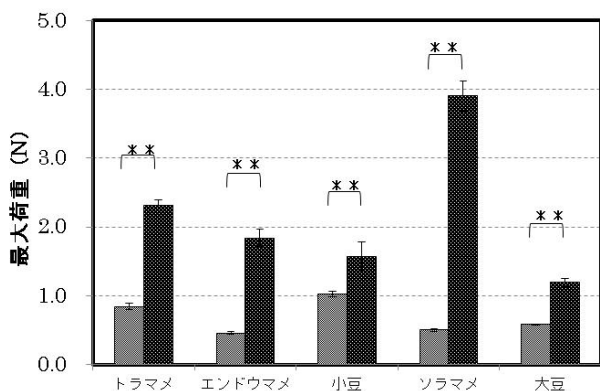


図8 雑豆テンペの破断強度 (50%圧縮時)

■ 生 ■ テンペ n=1~8, ±SEM, p<0.01

### 3. 3 成分分析

#### 3. 3. 1 アミノ酸分析

遊離アミノ酸の含量について、表1に示す。また、生豆に対するテンペでの遊離アミノ酸の割合((凍結乾燥粉末1g当たりのテンペ遊離アミノ酸量)÷生豆遊離アミノ酸量)について図9に示す。遊離アミノ酸量は、発酵前の約1.6~4.1倍となり、消化吸収性の向上に寄与できることが示唆された。個々の遊離アミノ酸に関しては、対照の大豆に比べて、エンドウマメテンペでは旨味に関与するアミノ酸であるグルタミン酸が多く、小豆テンペでは甘味に関与するアミノ酸である、アラニンが特に多いことが特徴となっている。ソラマメテンペでは、グルタミン酸、アラニンも多いが、フェニルアラニンなど苦味に関与する芳香族アミノ酸も多く検出された。

また、概ね発酵後は全遊離アミノ酸量は増加しているが、一部減少しているアミノ酸も見られ、菌の成長代謝等に利用されたと考えられる。

表1 雑豆テンペに含まれる遊離アミノ酸 (mg/g of dry matter)

アミノ酸種類	トラマメ		エンドウマメ		小豆		ソラマメ		大豆	
	生	テンペ	生	テンペ	生	テンペ	生	テンペ	生	テンペ
アスパラギン酸	0.14 ± 0.03	0.28 ± 0.01	0.53 ± 0.03	0.87 ± 0.06	0.17 ± 0.11	0.64 ± 0.04	0.43 ± 0.04	1.09 ± 0.05	0.24 ± 0.02	0.47 ± 0.02
スレオニン	0.54 ± 0.05	0.96 ± 0.04	0.71 ± 0.05	1.84 ± 0.09	0.47 ± 0.23	1.79 ± 0.09	0.65 ± 0.05	2.83 ± 0.15	0.43 ± 0.04	1.80 ± 0.30
セリン	0.13 ± 0.02	0.40 ± 0.01	0.32 ± 0.02	0.99 ± 0.05	0.25 ± 0.12	0.91 ± 0.04	0.19 ± 0.02	1.49 ± 0.08	0.19 ± 0.02	0.85 ± 0.14
グルタミン酸	1.20 ± 0.09	0.86 ± 0.03	2.63 ± 0.21	2.04 ± 0.11	1.25 ± 0.14	1.92 ± 0.11	2.12 ± 0.16	3.38 ± 0.20	0.73 ± 0.06	1.19 ± 0.19
プロリン	0.14 ± 0.02	0.28 ± 0.00	0.32 ± 0.03	0.52 ± 0.02	0.20 ± 0.04	1.01 ± 0.05	0.24 ± 0.02	1.02 ± 0.05	0.18 ± 0.02	0.77 ± 0.13
グリシン	0.13 ± 0.02	0.25 ± 0.00	0.27 ± 0.02	0.57 ± 0.02	0.17 ± 0.06	0.60 ± 0.03	0.27 ± 0.02	0.94 ± 0.05	0.12 ± 0.01	0.41 ± 0.07
アラニン	0.38 ± 0.03	1.52 ± 0.07	0.25 ± 0.02	2.12 ± 0.12	0.14 ± 0.34	4.82 ± 0.34	0.40 ± 0.03	3.61 ± 0.23	0.12 ± 0.02	1.89 ± 0.31
シスチン	0.04 ± 0.02	0.26 ± 0.02	0.12 ± 0.02	0.28 ± 0.03	0.02 ± 0.06	1.07 ± 0.16	0.09 ± 0.02	0.34 ± 0.04	0.20 ± 0.03	0.27 ± 0.07
バリン	2.44 ± 0.38	1.46 ± 0.11	0.28 ± 0.02	0.92 ± 0.04	0.60 ± 0.06	1.49 ± 0.12	0.23 ± 0.02	1.45 ± 0.09	0.20 ± 0.02	1.07 ± 0.17
メチオニン	0.08 ± 0.02	0.23 ± 0.02	0.09 ± 0.03	0.23 ± 0.03	0.14 ± 0.02	0.39 ± 0.03	0.14 ± 0.05	0.38 ± 0.03	0.29 ± 0.05	0.62 ± 0.11
イソロイシン	0.08 ± 0.02	0.34 ± 0.02	0.17 ± 0.02	0.62 ± 0.01	0.16 ± 0.06	0.79 ± 0.04	0.15 ± 0.02	1.03 ± 0.03	0.12 ± 0.02	0.69 ± 0.12
ロイシン	0.16 ± 0.02	0.78 ± 0.03	0.28 ± 0.03	1.44 ± 0.06	0.29 ± 0.18	1.58 ± 0.10	0.31 ± 0.03	1.95 ± 0.09	0.18 ± 0.03	1.94 ± 0.33
チロシン	0.17 ± 0.06	0.66 ± 0.04	0.30 ± 0.05	1.00 ± 0.04	0.25 ± 0.11	1.41 ± 0.09	0.26 ± 0.03	1.22 ± 0.05	0.34 ± 0.05	1.32 ± 0.23
フェニルアラニン	0.53 ± 0.12	1.90 ± 0.24	0.96 ± 0.14	2.46 ± 0.32	1.04 ± 0.39	2.85 ± 0.38	0.72 ± 0.11	3.02 ± 0.40	0.96 ± 0.10	4.04 ± 0.62
ヒスチジン	0.27 ± 0.03	1.31 ± 0.04	0.28 ± 0.04	1.55 ± 0.05	0.37 ± 0.18	1.99 ± 0.10	0.26 ± 0.03	1.85 ± 0.10	0.25 ± 0.03	2.07 ± 0.35
リジン	0.22 ± 0.02	1.07 ± 0.04	0.39 ± 0.03	1.83 ± 0.07	0.29 ± 0.25	2.45 ± 0.12	0.26 ± 0.01	2.24 ± 0.11	0.24 ± 0.02	1.43 ± 0.24
アルギニン	1.81 ± 0.20	0.73 ± 0.03	6.30 ± 0.54	3.95 ± 0.21	0.79 ± 0.54	1.62 ± 0.10	4.35 ± 0.37	3.80 ± 0.20	1.05 ± 0.14	1.60 ± 0.27

装置：LC-20A (株)島津製作所

カラム：ShimpackAmino- Na(100 mmL.×6.0 mmI.D.)

移動相：島津アミノ酸分析移動相キット Na 型

カラム温度：60 °C

溶離液 A：次亜塩素酸ナトリウム/ ほう酸緩衝液

溶離液 B：OPA, N-アセチルシスチン/ほう酸緩衝液

サンプル添加量：10 µL

溶出：グラジェント溶出法

流速：0.6 mL/min

反応液：島津アミノ酸反応液 OPA キット

反応液流量：0.3 mL/min

検出：蛍光光度 (Ex.350 nm, Em.450 nm)

データ数：n=6, ±SEM

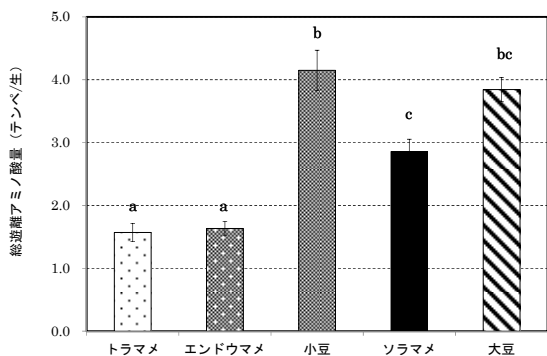


図9 生豆に対するテンペの遊離アミノ酸量の割合

※値は、凍結乾燥粉末 1 g 当たりのテンペ遊離アミノ酸量÷生豆遊離アミノ酸量

n=6, ±SEM

### 3. 3. 2 電気泳動及び赤外分光分析

電気泳動の結果を図 10 に、FTIR での分析結果を図 11 に示す。電気泳動では、どの雑豆に関しても、生豆で認められた分子量 10 k~100 kDa 付近での濃度の濃いピークが薄くなり、15 kDa 以下の低分子画分の増加が認められた。テンペ菌のプロテアーゼにより、タンパク質が分解され、アミノ酸やオリゴペプチド等が生成されたと思われる。このことから、発酵前の豆よりテンペでは、消化特性の改善にも寄与できると考えられる。赤外分析では、1,500~1,560 cm<sup>-1</sup> 付近及び 1,220~1,280 cm<sup>-1</sup> 付近のアミド由来吸収の減少、2,840~3,000 cm<sup>-1</sup> 付近でのアミノ基と水酸基によると思われる C-H 伸縮振動に由来する吸収の増加に注目したが、大豆以外では発酵によるタンパク質の分解は判別できなかった。

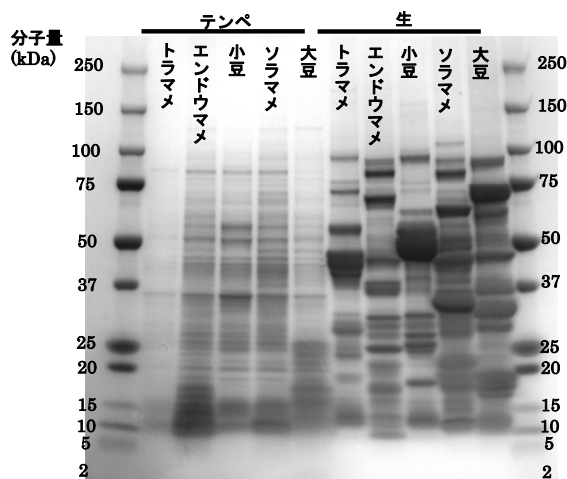


図 10 雑豆テンペ由来タンパク質の SDS-PAGE

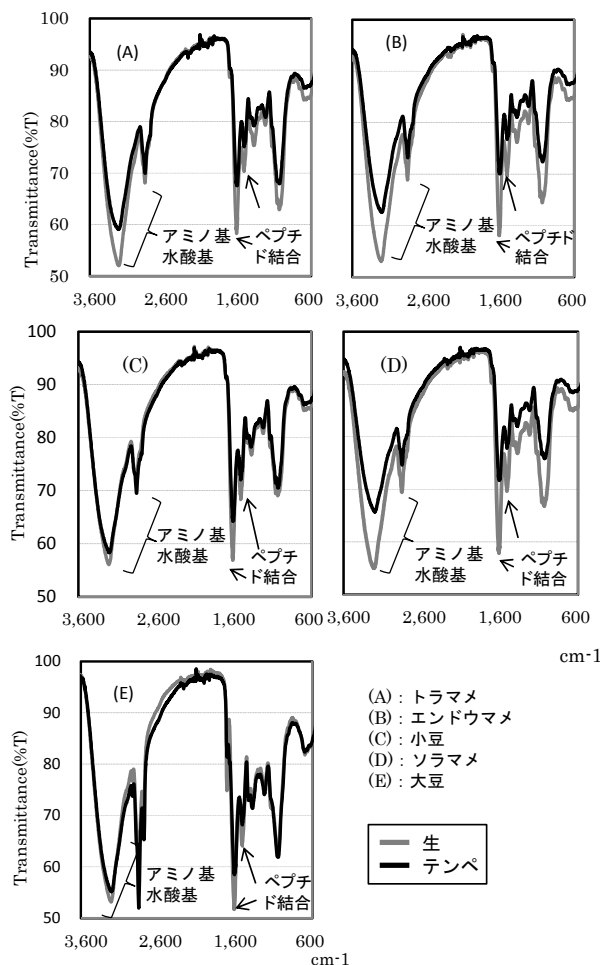


図 11 雑豆テンペの赤外スペクトル

表 2 一般栄養成分

	小豆		大豆	
	生 (吸水)	テンペ	生 (吸水)	テンペ
水分	55.4	59.6	61.4	56.5
タンパク質	11.4	12.2	17.3	20.1
脂質	0.9	1.4	9.6	9.9
炭水化物	31.5	25.8	10.0	11.6
灰分	0.8	1.0	1.7	1.9
熱量	180.0	195.0	196.0	216.0

(g/100g, 熱量 : kcal/100g)

水分 : 減圧加熱乾燥法, タンパク質 : ケルダール法 (タンパク係数 6.25)

脂質 : 酸分解法, 灰分 : 直接灰化法,

炭水化物 : 100 - (水分 + タンパク質 + 脂質 + 灰分)

熱量換算係数 : タンパク質 4, 脂質 9, 炭水化物 4

### 3. 3. 3 一般栄養成分分析

結果を表 2 に示す。小豆と大豆テンペの一般栄養成分は、見かけ上は発酵前後で大きな変化はなかった。タンパク質等の分解は認められるが、テンペ菌の成長に伴う代謝等での栄養成分の減少は少ないと思われる。

### 3. 4 官能評価

結果を図 12 に示す。旨味、甘味、総合評価の平均値では小豆の値が大きかった。甘味に関しては、小豆とソラマメの間で有意な差が示された。概ね、雑豆テンペ全般において、標準品である大豆と同等の官能特性を示すことが示唆される。

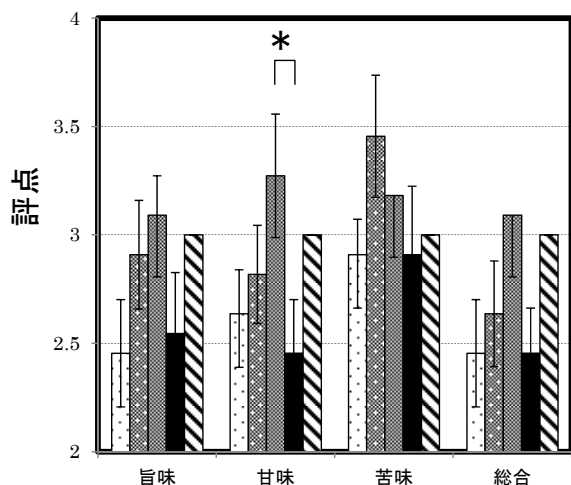


図 12 雑豆テンペの官能試験

■ トラマメ ■ エンドウマメ ■ 小豆 ■ ソラマメ ■ 大豆  
 n=11, ±SEM, \* : p<0.05  
 大豆 : 3 として評価

### 3. 5 生理機能評価

#### 3. 5. 1 ACE(angiotensin converting enzyme)活性阻害能

結果を図 13 に示す。ACE 活性阻害能は、発酵により小豆では有意に向上したが、他の雑豆ではその変化は認められなかった。小豆での ACE 活性阻害能向上に関して、テンペ菌による発酵作用が有効に働いたと考えられる。

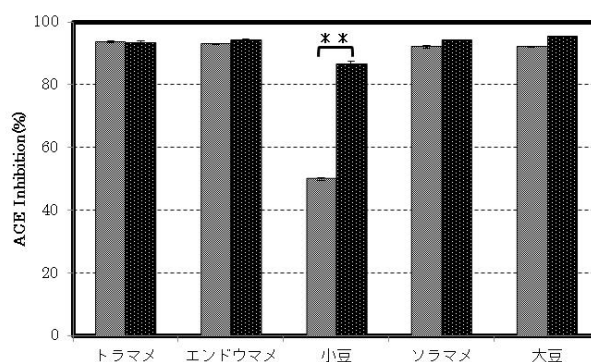


図 13 ACE 活性阻害能

■ 生 ■ テンペ n=4, ±SEM, p<0.01

ACE : angiotensin converting enzyme

#### 3. 5. 2 抗酸化活性

結果を図 14 に示す。抗酸化活性は発酵により、小豆で向上した。この値は、対照の大豆テンペよりも優れていた。他の雑豆テンペに関しては、発酵前より活性が向上したものはなかった。これらのことから、抗酸化活性に関しては、小豆テンペが優れた素材であると考えられる。

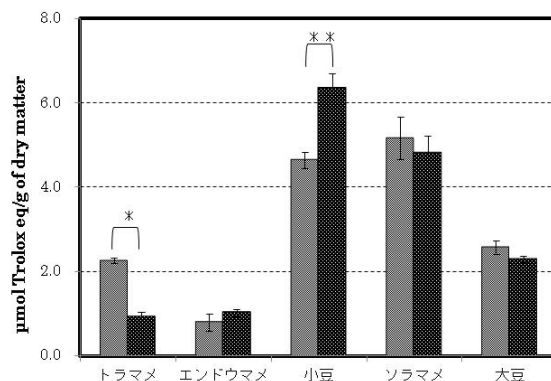


図 14 雑豆テンペの抗酸化活性

■ 生 ■ テンペ n=5, ±SEM, p<0.01

### 4. まとめ

#### (1)各種テンペの試作

トラマメ (インゲンマメ), エンドウマメ, 小豆, ソラマメの 4 種類の雑豆についてテンペ試作の可能

性を検討したところ、前処理として、加熱下圧力処理を行うことで、どの雑豆に関しても、テンペの試作が可能となった。

#### (2)成分分析

各テンペ共に、テンペ菌の作用により発酵前より遊離アミノ酸含量が増加した。小豆テンペに関して一般栄養成分を分析したところ、発酵の前後で大きな成分変化は認められなかった。電気泳動、赤外分光での評価により、各雑豆に含まれるタンパク質は、低分子化されていることが確認できた。

#### (3)物性評価

発酵前後の物性変化としては、ペーストの破断強度をクリープメータにより測定したところ、発酵後（テンペ）では、どの雑豆についても、その強度が増していることが明らかとなった。

#### (4)生理機能評価

抗酸化活性は、大豆テンペよりも小豆テンペでは発酵により強くなった。ACE 活性阻害能は、発酵作用により小豆テンペで発酵前より強くなった。

### 謝辞

本研究は、公益財団法人日本豆類協会の助成の下に行われた。ここに記して関係各位に深謝する。また、金沢工業大学バイオ・化学部 袴田佳宏 教授から有益なご助言をいただいた。ここに記して感謝の意を表す。

### 参考文献

- 1) 加藤英八郎：“テンペの製造と最近と動向”。食品工業,47(6), p45-51 (2004)
- 2) 松本伊左尾,今井誠一：“テンペ製造における大豆処理”。日本食品工業学会誌, 37(7), 497-504 (1990)
- 3) J.H.Zar: “Biochemical Analysis”. 4<sup>th</sup> ed, Prentice-Hall Engle-woodCliffs, NJ, p210-214 (1999)
- 4) 増山英太郎ほか：“SD 法とはどんな手法か「センソリー・エバリュエーション—官能検査へのいざない—」”。垣内出版, p16-23 (1989)
- 5) 宮崎端夫：“NEW 薬理”，第 4 版（田中千賀子，加藤隆一編著），南江堂, p180-184, 425. (2003)
- 6) 宮崎端夫：“レニン・アンジオテンシン系”。日本臨牀, 62, p21-27 (2004)
- 7) D.W.Cushman et al: “Spectrophotometric assay and properties of the angiotensin-converting enzyme of rabbit lung”, Biochem. Pharmacol., 20, p1637-1648, (1971)
- 8) 須田郁夫：“食品機能研究法”，光琳, p218-220 (2000)