

## 平成 26 年度豆類振興事業調査研究(雑豆需要促進研究)成果概要

1 課題名 各種雑豆類を利用した新規テンペの開発

2 研究者 三重県工業研究所 主幹研究員 苔庵泰志、主任研究員 佐合 徹、  
研究員 山岡千鶴

### 3 成果概要

#### (1) はじめに

従来、雑豆類の加工食品素材としての利活用法は、餡などの用途に限られており、発酵食品としての利活用はほとんど報告されていない。そこで本研究では、食品素材としての新たな可能性を明らかにするために、雑豆テンペの製造条件を検討し、試作した雑豆テンペの諸特性を評価した。

#### (2) 試験項目

##### 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、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成分分析及び物性評価

試作した各テンペについて、遊離アミノ酸、有機酸を分析した。小豆及び対照として大豆について、生豆及びテンペでの一般栄養成分を外注にて評価した。物性評価として、各テンペを破砕したペーストに関して、レオメータによる破断特性を評価した。

##### ③生理機能評価

抗酸化活性として DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) ラジカル消去能及び、ACE (Angiotensin converting enzyme) 活性阻害能を評価した。

#### (3) 結果及び考察

##### ①各種テンペの試作及び官能評価

###### 【方法】

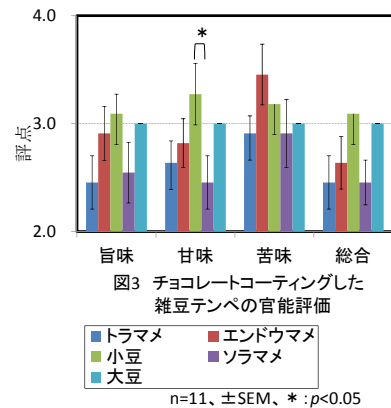
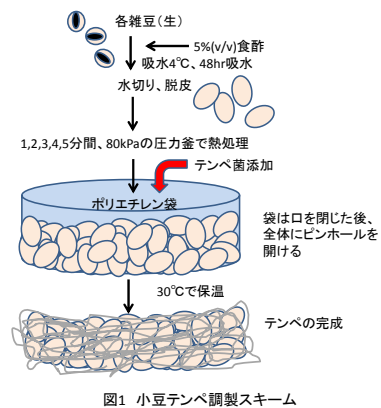
通常の大豆テンペ製造では、給水後に 5%食酢 (v/v) で 30 分程度蒸煮後に水切り、テンペ菌を加えるが、雑豆類では組織が柔らかく煮崩れすることから、加熱方法に関して小豆を用いて予備検討を行った結果、テンペの試作は図 1 のように行った。官能評価は、チョコレートコーティングした各テンペに対して実施した。評価は、工業研究所の職員 11 名を被験者し、「旨味」「甘味」「苦味」「総合評価」の 4 項目を 5 段階で行った。各群間の有意差検定は、一元配置分散分析 (ANOVA) を行い、Tukey の多重比較検定法 ( $p<0.01$ ) により評価した。

###### 【結果と考察】

生豆 50g に対してテンペ菌 200mg 添加時、小豆では、熱処理 5 分、27 時間の保温でほぼテンペ菌が豆全体に回りテンペができた。トラマメ、エンドウマメでは 38 時間で菌糸が十分に伸びてテンペができた。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、2、3、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 2)。

官能評価では、各豆での特徴を示すような有意差は認められなかった (図 3)。しかしながら、小豆に関しては、各項目共に比較的評価値は高かった。素材の嗜好性に関して、

今後の利用の方向を見出すためには、さらに詳細なテンペ調製条件や、チョコレート以外の食品に関する応用に関して検討が必要と考えられる。



## ②成分分析および物性評価

### 【方法】

アミノ酸分析、有機酸は HPLC により行った。一般成分分析は外部検査機関への外注で実施した。物性評価はクリープメータ (RHEONER II RE2-33005S、山電(株)) を用いた。各テンペを乳鉢ですりつぶし、ペースト状にした後に、直径 43mm のプラスチックシャーレに 5mm の高さに均一に詰め、その厚みの 90%まで直径 5mm のプランジャーで圧縮して行った (運度速度 1mm/秒)。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。

### 【結果と考察】

検出できた遊離アミノ酸について表 1 に示す。生豆に対するテンペでの割合については図 4 に示す。アミノ酸分析では、発酵によって遊離アミノ酸量は、発酵前より増加しその割合は小豆で最も大きかった。テンペ菌糸の成長速度が、プロテアーゼ活性にも影響したと考えられる。テンペ菌による雑豆由来タンパク質の低分子化は、食品としての消化特性の向上に寄与できるのではないと思われる。個々の遊離アミノ酸に関しては、概ね発酵後は増加しているが、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。有機酸に関しては発酵によりクエン酸が減少し、乳酸が増加していた (結果未提示)。

小豆と大豆テンペ (対照) の一般栄養成分の評価結果を表 2 に示す。各栄養成分の含量は、タンパク質含量の微増、炭水化物の微減等成分によって発酵前後の消長は若干異なるが、素材が有する熱量は増えていることから、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考えられる。

破断特性評価の結果を図 5 に示す。全ての雑豆で、発酵により破断強度は有意に増加した。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。

**表1 各雑豆テンペの遊離アミノ酸含量** (mg/g)

| 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 | 1.01 ± 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  |
| 合計       | 8.45 ± 0.98 | 13.29 ± 0.52 | 14.21 ± 1.19 | 23.23 ± 1.08 | 6.59 ± 2.77 | 27.33 ± 1.82 | 11.07 ± 0.91 | 31.64 ± 1.72 | 5.84 ± 0.61 | 22.45 ± 3.68 |

n=6 ± SEMとして示した

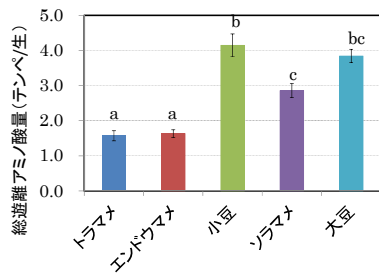


図4 生豆に対するテンペの遊離アミノ酸の割合

※値は、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として示した。有意差はa,b,cの文字で示した(n=6, p<0.01)

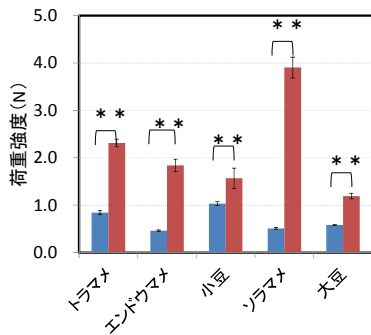


図5 雑豆テンペの破断強度(50%圧縮時)

■ 生 ■ テンペ n=6~8, ±SEM, p<0.01

### ③生理機能評価

#### 【方法】

アンジオテンシン変換酵素 (angiotensin converting enzyme : 以下 ACE と略す。) は、生体において、血圧上昇に関わる酵素の一つである。今回、発酵前後での ACE 活性阻害作用の比較検討を行った。試料は、各テンペ凍結乾燥粉末を熱水抽出、遠心分離して得られた上清を試料とした。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。

抗酸化活性は、各テンペ凍結乾燥粉末試に 80%エタノールを加えて抽出し、遠心分離して得られた上清液を試料溶液とし、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。

#### 【結果と考察】

ACE 活性阻害能について図 6 に示す。発酵により小豆ではその値は向上したが、他の雑豆ではその値の変化は認められなかった。小豆では、テンペ菌のプロテアーゼにより生成した

ペプチドが有効に働いたと考えられる。

抗酸化活性は、発酵により小豆で有意に向上した（図7）。他の雑豆においては、抗酸化活性の有意な変化は認められなかった。官能評価では苦味の存在も明らかとなっている。苦味物質は主に疎水性であり、抗酸化活性の向上は、発酵により生成した苦味ペプチドの影響と考えられる。

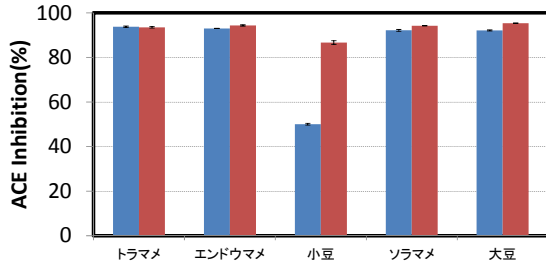


図6 ACE活性阻害能

■ 生 ■ テンペ n=4, ±SEM  
ACE: angiotensin converting enzyme

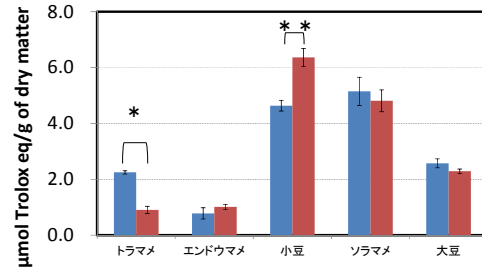


図7 雑豆テンペの抗酸化活性

■ 生 ■ テンペ n=4 ±SEM  
\*: P<0.05, \*\*: p<0.01

#### 4 今後予想される効果

雑豆利用方法の開発として、テンペ菌を活用したテンペ試作法の検討により、雑豆の食品素材としての新たな可能性を明らかにすることができた。今後さらに検討を進めることで、生や粉末、焼き菓子やパン、ケーキなど広範な製品へ展開を広げることが可能であると思われる。本研究での成果に関して、今後学会等での公表及び普及を図ることで、新たな雑豆類利活用の振興に寄与することが期待できると考えている。