

研究論文

大豆麴を使用した大豆ミート食品の開発

吉富雄洋*1、溝口温子*1

Development of Textured Soy Protein Products Using Soybean Koji

Takahiro YOSHIDOMI*1 and Atsuko MIZOGUCHI*1

Food Research Center*1

大豆麴を原料の一部に使用し、2軸エクストルーダーを用いた組織化物の試作を行ったところ、大豆麴を加えることにより、組織化物の内部構造には影響を与えず、着色効果があることが示唆された。また、組織化物の水戻し及び湯戻しの影響を調査したところ、遊離アミノ酸やイソフラボンが溶出していることが明らかとなった。この溶出による成分欠損を抑えるため、加水方法を最適化して成型することで、グルタミン酸含量が高く、水酸化イソフラボンも含むハンバーグ状の大豆ミート食品を試作した。

1. はじめに

プラントベースフード(植物由来の原材料を使用した食品)は、環境問題等を背景に関心が高く、世界市場は2022年時点で442億ドルである。その一つである大豆ミートは代替肉として注目されており、国内市場規模は2019年時点で15億円であり、2025年度には40億円になる見通しである。また、2022年にJAS規格「大豆ミート食品類」が制定され、2023年に「日本大豆ミート協会」が設立される等、普及に向けた動きが活発化している。プラントベースフードは環境面やSDGsの観点からも着目されているが、代替肉を喫食する最大の理由としては「健康面」が挙げられ、従来から課題とされている味の改善に加え、健康に寄与する製品の開発が求められている。

一方、愛知県では、味噌・醤油等の麴を使用した大豆発酵食品の生産が盛んである。これらの発酵食品は、麴に含まれるプロテアーゼの働きにより旨味成分であるグルタミン酸等の遊離アミノ酸を多く含有している。また、水酸化酵素の働きにより大豆イソフラボンから生成される水酸化イソフラボンを含有しているものもある²⁾。この水酸化イソフラボンは、抗酸化及び抗糖化といった機能性を有することが知られている³⁾。そこで、本研究では、抗酸化等の機能性や嗜好性を向上させた大豆ミート食品の開発を目指し、大豆麴を原料の一部に加え、大豆ミートを製造する代表的な食品加工機である2軸エクストルーダーを用いて組織化し、その性状を明確にした。また、その組織化物を用いた大豆ミート食品を試作し、イソフラボンや遊離アミノ酸の含有量を測定した。

2. 実験方法

2.1 試験原料

原料は、大豆麴粉末((株)東洋発酵)、脱脂大豆粉末(昭和フレッシュRF、昭和産業(株))、分離大豆蛋白(フジプロFR、不二製油(株))、薄力粉、米粉を使用した。

2.2 組織化試験

組織化試験には、2軸エクストルーダー(KOBELCO model TCO-30、(株)神戸製鋼所)を使用した。原料は、表1に示す割合で配合した。2軸エクストルーダーの運転条件は、いずれも原料供給量120g/分、スクリュウ回転数100回転/分とし、加水量及びエクストルージョン温度は表2に示す条件で、吐出は丸穴ダイ(6mm径×2)を使用して組織化物を取得した。その後、組織化物は減圧乾燥し、以後の試験に用いた。

表1 原料配合表

試験区	脱脂大豆粉末	大豆麴粉末	分離大豆蛋白	薄力粉	米粉
①、③、⑤	50%	-	30%	20%	-
②、④、⑥	40%	10%	30%	20%	-
⑦	50%	-	30%	-	20%
⑧	40%	10%	30%	-	20%

表2 加水量及びエクストルージョン温度

試験区	加水量	バレルI	バレルII	バレルIII
①、②	42ml/分	90°C	120°C	130°C
③、④	84ml/分	90°C	125°C	150°C
⑤、⑥、⑦、⑧	84ml/分	90°C	130°C	170°C

2.3 内部構造の観察

内部構造の観察は、マイクロフォーカスX線CTシステム(inspeXio SMX-225CT FPD HR PLUS、(株)島津製作所)を使用してCT投影像を撮影し、断面像への再構成処理は解析ソフト(VGSTUDIO MAX、

*1 食品工業技術センター 保蔵包装技術室

VOLUME GRAPHICS 社)を使用した。

2.4 組織化物の分析

組織化物を粉碎し、水分は赤外線水分計(FD-600、(株)ケツト科学研究所)、色調は分光光度計(SE6000、日本電色工業(株))でL*値、a*値、b*値を測定した。

2.5 水戻し、湯戻し処理による成分溶出試験

組織化物(試験区②)を粉碎し、約 10 倍量のイオン交換水(常温または 90℃)を加えて 120rpm で 10 分間振盪した後、3,300rpm で遠心分離を行い、沈殿物を回収した。この沈殿物を常温で水戻し処理したもの(水戻し処理品)、沈殿物を 90℃で湯戻し処理したもの(湯戻し処理品)、及び未処理の組織化物に、70%エタノールを加えて 30 分間超音波抽出を行い、3,300rpm で遠心分離して上清を回収し、メンブランフィルターで濾過したものを試料溶液とした。遊離アミノ酸は、Nexera X2 自動プレカラム誘導体化アミノ酸分析システム((株)島津製作所)を使用して測定した。イソフラボンは、以下の分析条件で HPLC 法により測定した。移動相は、0.1% 酢酸水溶液(A 液)に対し、0.1%酢酸/アセトニトリル(B 液)を混合して使用し、B 液の濃度を 15%から 50 分後に 35%となるようにリニアグラジエントとした。

カラム:L-column2 ODS(内径 4.6mm、長さ 250mm)((一財)化学物質評価研究機構)

カラム温度:35℃

流速:1.0ml/分

検出器:フォトダイオードアレイ紫外可視検出器
SPD-M20A ((株)島津製作所)

検出波長:254nm

注入量:10 μ l

2.6 大豆ミートハンバーグの試作

2.6.1 大豆ミートハンバーグの試作 1

組織化物(試験区②)を粉碎後、目開き 2mm で篩分けし、篩下面分と篩上面分に分けた。篩上面分 40g に水 40g を加えたもののみで成型し、トースター 860W で 35 分間加熱した。

2.6.2 大豆ミートハンバーグの試作 2

組織化物(試験区⑤~⑧)を粉碎後、目開き 2mm で篩分けし、篩下面分 20g に水 20g 及び食塩 0.5g を加えたもの、みじん切りにして加熱した玉ねぎ 10g、篩上面分 20g を混ぜて成型し、IH クッキングヒーター(500W)でフライパンを使用して両面を加熱した。

2.7 大豆ミートハンバーグの分析

大豆ミートハンバーグは、均一化後、2.5 と同様に、試験溶液を調製して遊離アミノ酸及びイソフラボンを測定した。

3. 実験結果及び考察

3.1 組織化試験

大豆ミート食品の原料となる大豆ミートを調製するため、脱脂大豆粉末、分離大豆蛋白、薄力粉または米粉をベースに、脱脂大豆粉末の一部を大豆麴粉末に置き換え、組織化試験を行った。その結果、いずれの試験区(表 1, 2, ①~⑧)でも組織化物を取得できた。取得した組織化物を **図 1** に示す。組織化物は、丸穴ダイ(直径 6mm)から吐出されるが、原料の薄力粉または米粉に含まれる澱粉により、直径約 1cm に膨化した。原料の脱脂大豆粉末 50%のうち 10%を大豆麴粉末に置き換えることによる膨化への影響はなかった。一方で、原料に大豆麴粉末を含む組織化物(試験区②、④、⑥、⑧)が、原料に大豆麴粉末を含まない組織化物(試験区①、③、⑤、⑦)より、暗褐色化していることが観察された。マイクロフォーカス X 線 CT システムで、取得した組織化物の内部構造を観察した(**図 2**)。いずれの試験区でも、数 mm 程度の丸型の気泡が多く観察された。脱脂大豆粉末 50%のうち 10%を大豆麴粉末に置換しても、空隙に変化は見られなかった。なお、原料に薄力粉と米粉のどちらでも、大豆麴粉末による外観及び内部構造への影響は同じ傾向であった。



図 1 組織化物(左から試験区①、②、⑤、⑥、⑦、⑧)

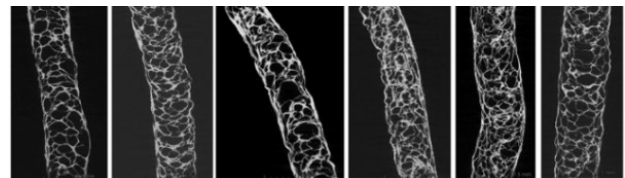


図 2 組織化物の断層像
(左から試験区①、②、⑤、⑥、⑦、⑧)

3.2 組織化物の分析

組織化物の水分(%)、色調の分析結果を **表 3** に示す。組織化試験において、試験区①、②の加水量は 42ml/分、試験区③~⑧の加水量は 84ml/分であったが、減圧乾燥により水分はほぼ同程度であった。明度を示す L*値は大豆麴粉末を 10%入れた試験区で減少する傾向であり、

大豆麴粉末による暗褐色化した外観の傾向と一致した。これは、大豆麴粉末由来のアミノ化合物及び還元糖が、エクストルーダー処理時の加熱によりメイラード反応を起こし、褐色物質(メラノイジン)を生成したためと考えられる。また、黄みを示す b^* 値はわずかではあるが L^* 値と同様に減少する傾向があったが、赤みを示す a^* 値ではそのような傾向は見られなかった。

表 3 乾燥、粉碎した組織化物の水分及び色調

試験区	水分	L^*	a^*	b^*
①	10.5%	71.3	4.6	23.7
②	10.4%	62.3	5.9	23.4
③	11.6%	68.1	6.1	25.7
④	13.1%	62.2	5.7	23.6
⑤	11.8%	70.5	5.3	25.4
⑥	11.8%	63.6	6.0	24.3
⑦	13.1%	69.7	6.2	25.3
⑧	12.0%	63.0	6.4	24.2

3.3 水戻し、湯戻し処理による成分溶出

乾燥した大豆ミートは、大量の水や湯で戻して約 3 倍程度の重量に増やした後、調理に使用されることが一般的である。この水戻しあるいは湯戻し処理は、大豆特有の香りである n -ヘキサナールを洗い流す効果もあるが、旨味成分である遊離アミノ酸や機能性成分であるイソフラボンも溶出していると考えられる。そこで、組織化物の水戻し処理、湯戻し処理、未処理の試料について、遊離アミノ酸量及びイソフラボンの含有量を測定した。その結果を図 3、図 4 に示す。遊離アミノ酸は、水戻し処理、湯戻し処理のいずれでも、旨味成分であるグルタミン酸、アスパラギン酸を始め総量でも多く溶出していることが確認された。イソフラボンは、アグリコンである daidzein 及び大豆麴粉末特有の 8-OH-daidzein は溶出せず、配糖体である daidzin のみ多く溶出していることが確認された。

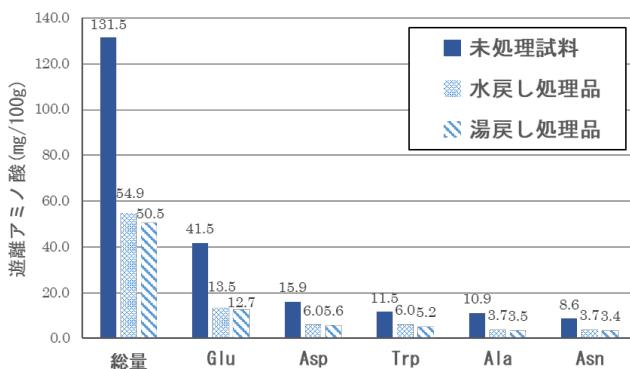


図 3 水戻し及び湯戻し処理による遊離アミノ酸量の比較

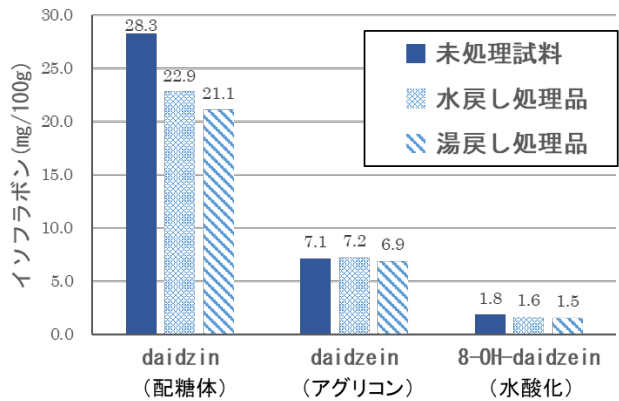


図 4 水戻し及び湯戻し処理によるイソフラボン量の比較

3.4 大豆ミートハンバーグの試作

遊離アミノ酸やイソフラボンの溶出が確認されたことから、大豆ミート食品を試作する際、組織化物を大量の水戻しあるいは湯戻し処理は行わず、少量の水の添加により調製することとした。

また、大豆ミート食品類のレシピ設計としては肉様の特徴が必要であるため、今回の組織化物を粉碎して調製可能な肉様の粒感、ミンチ状の特徴を有する大豆ミートハンバーグを試作することとした。試作 1 では、試験区②を使用し、組織化物をハンマーで粉碎後、目開き 2mm で篩分けしたうち、粒感を出すために篩上画分のみを使用し、加水してハンバーグ状に成型及び加熱を行った。その試作品の断面画像を図 5 に示す。加熱後もハンバーグの形状は維持できたが、中は大きい粒が潰れており、餡状になっていた。これは、組織化物の原料に薄力粉を 20%配合しているため澱粉含有量が多く、吸水により粒が柔らかくなりすぎたためと考えられる。



図 5 大豆ミートハンバーグ試作 1 の断面

そこで試作 2 では、篩上画分への吸水を抑制するため、篩下画分も使用し、篩下画分のみに加水利、成型時に篩上画分と合わせる方法とした。また、組織化物の重量に対する加水量も半分にした。なお、組織化物(試験区⑥)を使用した。また、組織化物以外の具材の存在下でも、成型、加熱後の形状維持が可能か確認するため、加熱した玉ねぎも加えて調理を行った。その試作品の断面画像を図 6 に示す。大きい粒の吸水を少なくするこ

とで、図 5 と比較して粒の形状が維持できており、加熱後もハンバーグの形状を維持できた。



図 6 大豆ミートハンバーグ試作 2 の断面

また、大豆ミートハンバーグ試作 2 の加熱前後の外観を図 7 に示す。組織化物の原料に大豆麴粉末を含む試験区⑥、⑧は、大豆麴粉末を含まない試験区⑤、⑦と比較して、暗褐色であった。これは組織化物の外観の傾向と一致しており、大豆麴粉末及びエクストルーダー処理により、加熱前から焼成したような着色効果があることが分かった。成型性については大豆麴粉末の有無で変化はなく、組織化物の原料に薄力粉を使用した試験区⑤、⑥は、米粉を使用した試験区⑦、⑧より成型性が良好であった。

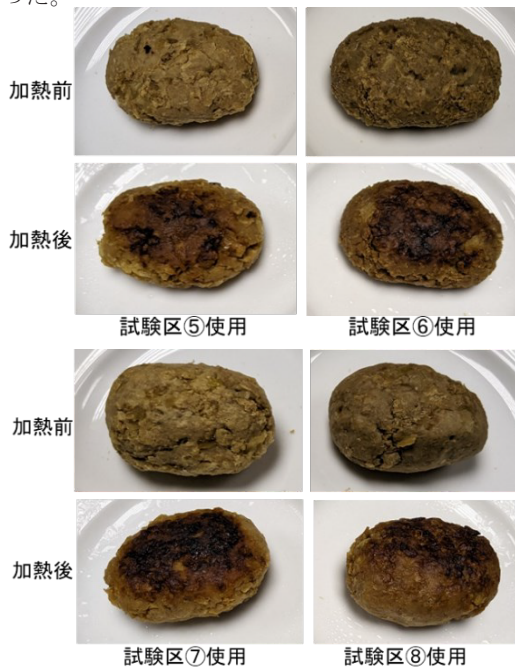


図 7 大豆ミートハンバーグ(試作 2)の加熱前後の外観

3.5 大豆ミートハンバーグの分析

薄力粉使用の試験区⑤、⑥を使用し、試作 2 により調製した加熱後の大豆ミートハンバーグについて、遊離アミノ酸量及びイソフラボン量を分析した。その結果を図 8、図 9 に示す。遊離アミノ酸のうち代表的な旨味成分であるグルタミン酸の含有量は、試験区⑤が 100g あたり 18.9mg、試験区⑥が 100g あたり 22.4mg であり、大豆麴粉末により旨味成分が約 1.2 倍量増加していた。また、イソフラボンのうち大豆麴粉末特有の 8-OH-

daidzein については、加熱後も試験区⑥で 100g あたり 1.0mg 含有していることが確認できた。

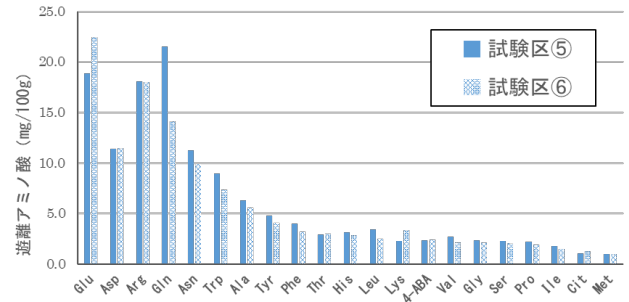


図 8 大豆ミートハンバーグの遊離アミノ酸量の比較

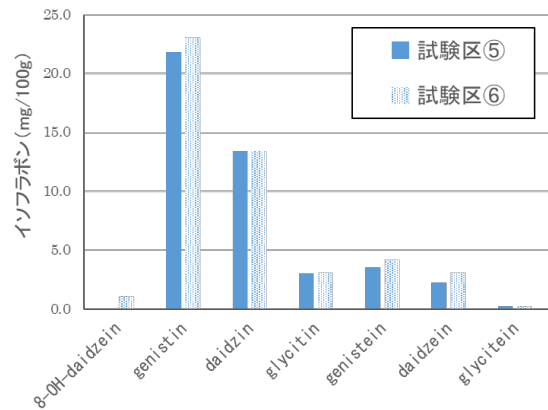


図 9 大豆ミートハンバーグのイソフラボン量の比較

4. 結び

本研究の結果は、以下のとおりである。

- (1) 大豆麴を原料に使用し、2 軸エクストルーダーを用いて取得した組織化物でハンバーグ状の大豆ミート食品を作製したところ、旨味成分であるグルタミン酸が増大し、大豆麴特有の水酸化イソフラボン(8-OH-daidzein)の含有も確認できた。
- (2) 組織化物及び組織化物を使用したハンバーグにおいて、大豆麴を入れることにより暗褐色に見える着色効果があったが、その配合割合と着色効果については今後検討が必要である。

謝辞

本研究実施にあたり、試料を御提供いただいた(株)東洋発酵平松直人様に深く感謝いたします。

文献

- 1) 公益財団法人伊藤記念財団: 代替肉・培養肉、SDGs に関するアンケート調査, <https://www.itokinenzaidan.or.jp/upload/research02-02.pdf>, (2024/5/8)
- 2) 江崎秀男, 和久豊: 椋山女学園大学研究論集, **35**(自然科学篇), 117(2004)
- 3) 特許第 5318339 号