令和７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　砂糖無添加製法による高機能性発酵小豆あんの開発

２　研究者　山形大学　農学部　教授　永井　毅

３　成果概要

（１）研究目的

あんを用いた和菓子は、わが国の食文化継承において重要である。一方、糖分が多いことや高エネルギーなど、甘味や糖質を連想させる製品市場規模は減少している。近年では低甘味・低エネルギー志向が進み、砂糖を多く含むあんの消費は低迷しており、昨今の消費者の健康志向に対応した新たなあんの製造技術開発が求められている。本研究は、「砂糖無添加」にもかかわらず「発酵技術」を活かし甘味付与した機能性豊かな「発酵小豆あん」の開発を目的とした。本研究で扱う「発酵小豆あん」は、加熱処理した小豆に米麹の酵素を作用させたものであり、この工程で麹菌、乳酸菌、酵母などの微生物の増殖は伴わないものである。

（２）研究方法及び手法

①用途の異なる麹菌（白麹菌、清酒用麹菌、焼酎用麹菌）を用いて米麹（山形県産はえぬき使用）を調製し、これらの各種酵素活性を測定した。②加圧蒸煮した小豆（北海道産きたのおとめ）は種皮除去後ペースト状にし、米麹と等量になるように殺菌済みガラス瓶に加えて均一に混合した。発酵は 55℃-5 日間行い、24 時間毎に無菌的に混合した。発酵終了後のあんは 70℃-1 時間加熱処理し、ミキサーでペースト状にした（発酵小豆あん）。③食品用酵素を用いた発酵小豆あんの品質改良。④発酵小豆あんの特性評価。

（３）研究成果

①白麹 3 号菌、同雪こまち、同しらかみを用いた米麹の酵素活性は総じて高く、米・小豆澱粉ならびにたんぱく質を効率良く消化できると考えられた。②調製した発酵小豆あんはどの米麹を用いた場合でも、発酵 3 日目まで甘味・しっとり感は増加したが、4 日目以降は麹臭が増加した。米麹の種類別では、白麹雪こまち、同しらかみ、清酒用こうじ菌（特別吟醸用）は甘味が強く、なかでも清酒用こうじ菌（特別吟醸用）が発酵小豆あん製造に最適と判断した。次に、米麹とペースト状蒸煮小豆の混合比率を検討したところ、これらの比率が 2:1 の場合甘味は感じられたが、米麹由来のざらつきと麹臭が強く、同 1:2 の場合甘味が弱く、小豆の雑味が強かった。一方、同 1:1 では甘味は強く麹臭は弱いが、ざらつきは軽減できなかった。次に、予め粉砕した米麹粉を用いて調製（比率 1:1、発酵 3 日間）した結果、粒子径 212-425μm では速やかに甘味が発現し、甘味の強いあんとなった。あんの糖組成は、2 種類の市販小豆あん（ほぼスクロース（Suc））とは異なり D-グルコース（Glc）が大半を占めており、少量の未消化マルトース（Mal）も検出された（図 1）。Glc の甘味度は Suc の 6 割程度であり、発酵小豆あんの甘味は弱い。③発酵小豆あんの「甘味強化」と「麹臭抑制」を

目的として、「米麹由来酵素と食品用酵素併用」により発酵小豆あんの品質改良を試みた。食品用酵素として、1%Amylase AG 300L（グルコアミラーゼ）または 1%Amylase AG 300L と 1%GODO AGI-EG（グルコースイソメラーゼ）を原料に添加・混合し、同様に発酵させた。粒子径 212-425μm の米麹粉では発酵進行が早く、麹臭や納豆様臭などの不快臭が生じた。粒子径 425μm 以上の米麹粉の場合、発酵 3 日目までは不快臭はなく、酸味も感じなかった。甘味は 3 日目まで徐々に強くなり、4 日目にかけて顕著に強くなった。あんのしっとり感は発酵日数の経過に伴い増加した。食品用酵素を用いて発酵小豆あんを製造する場合、粒子径 425μm 以上の米麹粉を用いて、発酵期間を 3 または 4 日とすることが最適であった。改良後のあんの破断強度（硬さ指標）は低くなり、付着性ならびに凝集性も低いため、やわらかく、べたつきが弱い纏まりの良いあんであった。改良あんの糖組成は、いずれも Glc が最も多く含まれており、GODO AGI-EG 併用あんでは、D-フルクトース（Fru）と Suc を含有した（図 2）。これらの酵素を併用したあんは Mal の Glc への変換と同時に、生じた Glc を Fru へ変換し（図 3）、高い Fru 量を有するあんが製造できた。なお、天然に存在する糖のなかでは Fru は最も高い甘味度を示す。官能試験では、改良あんの甘味スコアは高く、ほのかな甘味があり、口溶けがさっぱりしており美味であると評価された。単糖類の Glc や Fru は二糖類の Suc と比較して低粘度であり、甘みをシャープに感じることができる。さらに、甘味は速やかに消失するため、口腔内に残留せず、べたつきが少なく後味良好である。④発酵小豆あんの γ-アミノ酪酸（GABA）含量は市販小豆あんの約 8-17 倍高かった。*in vitro*（試験管内）試験では、高い活性酸素消去活性、アンギオテンシン変換酵素ならびにヒアルロニダーゼ阻害活性を検出しており、ストレス緩和、睡眠の質向上、抗酸化、血圧上昇抑制、抗炎症・抗アレルギーなどの機能性が期待される低エネルギーかつ低 Brix なあんである。

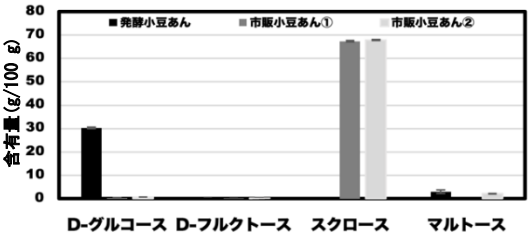


図 1. 発酵小豆あんと市販小豆あんの糖組成

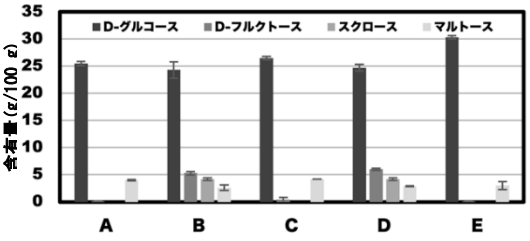


図 2. 食品用酵素を用いて製造した発酵小豆あんの糖組成

A:1%Amylase AG 300L−発酵 3 日間, B:1%Amylase AG 300L, 1%GODO AGI−EG−発酵 3 日間, C:1%Amylase AG 300L−発酵 4 日間, D:1%Amylase AG 300L, 1%GODO AGI−EG−発酵 4 日間, E:改良前発酵小豆あん（食品用酵素添加なし）. 粒子径 425μm 以上の米麹粉使用

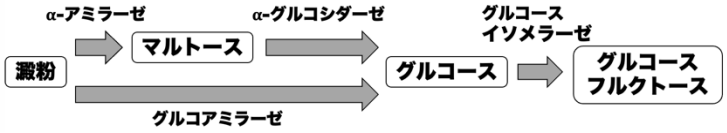


図 3. 発酵小豆あんと食品用酵素を用いて製造した発酵小豆あんの甘味強化メカニズム


発酵小豆あん

（4）今後の課題及び対応

多量の糖質摂取は糖尿病などのいくつかの深刻な健康障害に関連していることから、今後も健康路線の製品開発が加速すると考えられる。古来より親しまれた「発酵技術」を活用して開発した新しい「発酵小豆あん」の有益性を積極的に情報発信することが望まれる。