

令和元年度 豆類振興事業調査研究結果 小豆を用いた麴発酵飲料の開発

山田徳広 摂南大学教授

この度、公益財団法人日本豆類協会より「小豆を用いた麴発酵飲料の開発」という研究課題で令和元年度豆類振興事業調査研究助成をして頂き、研究を進めた。研究を進める中で、小豆を高速でせん断処理（以後、せん断処理）をする事によってこれまでにない特徴を持った小豆ゲルが出来上がった。そして、その成果をまとめて「ブレンダー・ミキサーを用いた小豆デンプン粒の破壊、酵素糖化、甘味料無添加の餡状食品の開発に関する研究」と題して、令和元年8月に開催された第66回日本食品科学工学会で発表した。研究を進める中で、このゲルに関して他大学の先生や小豆製品を扱う企業の研究開発担当者と相談したところ、新たな小豆加工食品の素材として大変有効な素材であるのご意見を賜ると共に、共同して商品開発化に向けた研究を進めることとなり、「小豆ゲルの利用に関する研究」という研究課題で令和2年度豆類振興事業調査研究助成をして頂き、研究を進めている。

● 研究方法

小豆は三幸食品（株）より2018年中国産磨天津種を提供して頂き用いた。小豆に蒸留水を加え、4℃で乾燥豆の倍の重量となるまで浸漬（約48時間）した後水を切り、蒸留水を加えたものを試料とした。ミキサー10機種を用い、種々の条件においてせん断処理を実施した。デンプン粒の状態は、光学顕微鏡により観察した。糖化酵素は市販の食品添加用糖化酵素を用いて検討した。糖化の状態は、酵素作用後のグルコース濃度を市販のグルコース測定キットで測定することによって評価した。前処理の影響として“ゆで”と“蒸し”の影響を検討した。

● 研究結果の概要

ミキサーの回転数、刃の形状、カップの形状、試料濃度、試料の量、ミキシング時間を工夫することによってデンプン粒が破壊され、乾燥豆重量0.1（w/w）%濃度の糖化酵素によって24時間以内にデンプンをほぼ糖化することが出来た。前処理として“ゆで”または“蒸し”操作を行った場合、生の

豆と同様の糖化結果が得られたが、“生”“ゆで”“蒸し”によってそれぞれ異なる食感、色合い、風味となった。以上を総合すると、ミキサーを用いることによって小豆のデンプン粒を破壊し、糖化酵素によって容易に糖化出来ることが明らかとなった。デンプン粒の破壊は、ミキシング時の摩擦熱による高温状態の中で高速で攪拌することによって起こるものと考えられた。ミキシング時の温度、時間及び刃の形状を工夫することによってミキサーの回転数を抑えることが出来た。また、“生”“ゆで”“蒸し”によってそれぞれ異なる食感、色合い、風味のものが得られたことから、用途に応じて生の豆、ゆでた豆、蒸した豆を使い分けることが出来るのではないかと考えられた。本技術を活用することによって砂糖などの甘味料を添加しないか添加量を抑えた餡状食品を作成することが出来た。

●研究成果と出来上がった小豆ゲルの応用

1. 出来上がった小豆ゲル

図1に、作成直後の小豆ゲルを示した。作成直後はとても滑らかなゲルであることが分かる。前処理によって出来上がったゲルの色調が異なり、特に「洗切なし茹で」の色調が濃くなった。この理由は、洗切り操作や蒸し操作によってアントシアニン色素の一部が損失するため「洗切あり茹で」と「蒸し」の色が若干薄くなったものと考えられた。



図1 作成直後の小豆ゲル

図2に作成後、4℃で24時間放置後の小豆ゲルを示した。3種類のゲルとも、4℃で24時間放置することによってゲルが固まっていた。

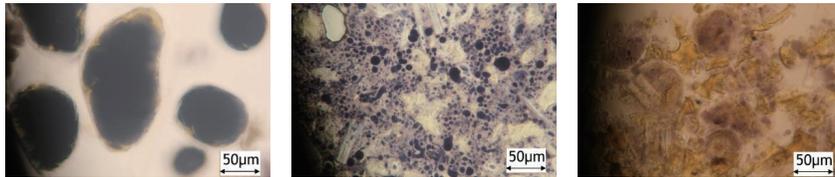


図2 作成後、4℃で24時間放置後の小豆ゲル

図3に4℃で24時間放置後の小豆ゲルと糖化酵素処理ゲルを示した。各前処理のゲルとも、糖化酵素処理によってクリーム状の滑らかなゲルに



図3 4℃で24時間放置後の小豆ゲルと酵素処理ゲル



市販のこしあん

ミキサー処理

ミキサー処理+酵素処理

図4 市販のこしあんとの比較

なることが分かる。また、洗切り操作を“する”“しない”にかかわらず、生の小豆から作成したゲルの色調が薄いことが分かる。この原因は、“茹で”や“蒸し”の加熱操作中に小豆中のアントシアニン色素の構造が変化するため起こるものと考えられた。

2. 小豆ゲルと市販のこしあんとの比較

図4に小豆ゲルと、市販のこしあんとの比較を示した。図からも分かる様に、普通のこしあんは、複数のデンプン粒が入った複粒の餡粒子が見られるが、ミキサー処理によって餡粒子が壊れ、糖化酵素処理によってデンプン粒自体もなくなる事が分かる。メジアン径（粒径の中間値）は、市販のこしあんが約 $100\mu\text{m}$ だったのに対し、ミキサー処理ゲル（酵素処理なし）のそれは、約 $37\mu\text{m}$ だった。

図5に、ミキサー処理による餡粒子の破壊と、糖化酵素処理によるデンプン粒の消失の模式図を示した。

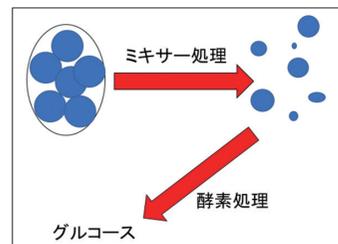


図5 ミキサー処理による餡粒子の破壊と、酵素処理によるデンプン粒の消失の模式図

3. 小豆ゲルの利用例

図6に、各種酵素処理なしゲル（乾燥豆：水=1：5）に砂糖を30%添加して加熱後、冷却したものを示した。通常のコシあんは、デンプンや寒天などの凝固剤を添加しないと羊羹やういろうに固まらないが、糖化酵素処理なしゲルは、凝固剤なしで羊羹やういろうの様に固まった。

図7に、酵素処理ゲル（乾燥豆：水=1：5）を加熱して2倍濃縮したものを示した。こちらは、カスタードクリームや溶かしチョコレートの様な性状となり、菓子のトッピング材としての利用が考えられた。

図8に、各種前処理を施した小豆ゲルから作成したアイスクリームを示した。上段が糖化酵素処理なしのゲルから作成したアイスクリームで、下段が糖化酵素処理をしたゲルから作成したアイスクリームである。糖化酵素処理なしのゲルから作成したアイスクリームは、トルコアイスに近い食感となり、糖化酵素処理ありのゲルから作成したアイスクリームは、ソフトクリームに近い食感となった。大人数ではないが、複数の人に試食をしてもらったところ、おおむね糖化酵素処理ありのゲルから作成したアイスクリームの方が好評であった。図9に、“洗切なし茹で”で、糖化酵素処理“あり”と“なし”のゲルから作成したアイスクリームを示した。これを見ると、酵素処



図6 各種酵素処理なしゲル(乾燥豆：水=1：5)に砂糖を30%添加して加熱後、冷却



図7 酵素処理ゲル(乾燥豆：水=1：5)を加熱して2倍濃縮

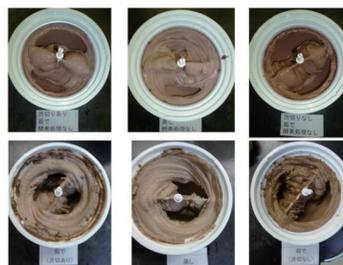


図8 酵素未処理アイス(上段)と酵素処理アイス(下段)



図9 洗切なし茹で

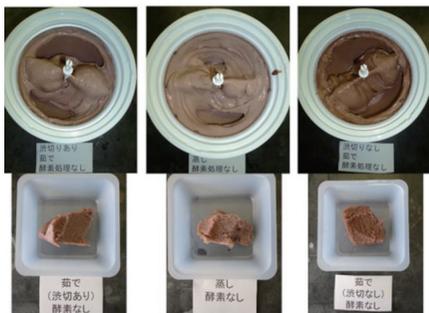
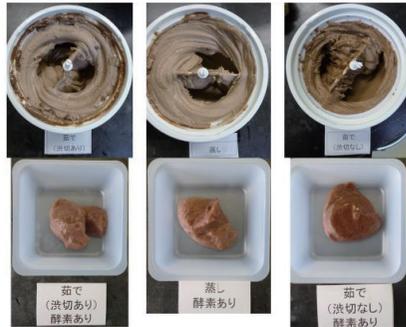


図10 酵素未処理ゲル(乾燥豆：水=1：5)で作成したアイスクリーム



酵素処理ゲル(乾燥豆：水=1：5)で作成したアイスクリーム

理なしは粘りが、酵素処理ありは滑らかさあることが分かる。

図10に、各種ゲルから作成したアイスクリームを4℃で24時間放置したものを示した。図からも分かる様に、各アイスクリームは、4℃で24時間放置しても形状を崩す



図11

ことはなかった。これはとてもユニークな特徴であり、溶けないアイスクリームへの応用が期待される。

図11に、洗切あり茹、糖化酵素処理なしの小豆ゲルを練りこんで焼成した食パンの断面を示した。非常に良い色の小豆パンが焼成され、食味も大変良いものであった。

● 今後期待される成果

上記の様に、小豆に“ゆで”または“蒸し”操作を施した後に高速せん断処理をすることによって小豆中のデンプン粒を容易に破壊し、糖化酵素や麴でデンプンを容易に糖化できることが明らかとなった。今回は麴による発酵物の配合割合、濃度、温度等を十分に検討する事が出来なかった。小豆中デンプンを容易に糖化する事を可能にするという一番の難関を突破した事から、この技術を応用して美味な小豆発酵飲料を開発するための道筋がついたと考える。

また、今回作成された小豆前処理物は物性的にもユニークな物であったことからそちらの方も新たな小豆商品の開発に活用出来ると考えられる。