

令和元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 豆類由来の難消化性素材を利用した糖尿病患者向け新食感小豆餡の開発研究
- 2 研究者 高知大学教育研究部自然科学系農学部門 教授 河野俊夫
- 3 成果概要

(1)研究目的：阪神淡路大震災や東日本大震災など、我が国は近年、自然災害が多発しており、被災時の食の確保と、食を通じた心の癒やしは益々重要となってきている。そんな中、我が国の総人口に占める糖尿病患者の数は、年々高まる一方である。厚生労働省がそのホームページで公開している資料「平成 30 年版構成労働白書－障害や病気などに向き合い、全ての人活躍できる社会に－」によれば、糖尿病有病者あるいは糖尿病予備軍は約 1,000 万人と推計されている。糖尿病患者は、血糖上昇を抑制できれば、健常者となんら変わらない食事ができるために、一般に、糖質の少ない食品を食べることを指導されるが、かえって糖質の多い食品を好む傾向がある。被災時のお年寄りには特にそうであるが、被災ストレスの緩和には「甘い食品」が何よりも効果的である。その点で、甘くなりがちな小豆を素材とした食品(菓子など)を、糖尿病患者にとっても安心して食べられるものへと変えることが、被災した糖尿病患者を心の面から救う 1 つの方法となる。

そこでこの調査研究では豆類の代表的な菓子類として「餡」を取り上げ、豆類由来の難消化性素材を活用した、糖尿病患者が安心して食べられる新しい食感・消化性の餡について検討した。

(2)研究方法及び手法：材料の豆類には、小豆(北海道産)のほかに、大豆(宮城県産)、赤えんどう豆(北海道産)、金時豆(北海道産)を用いた。これらの豆から抽出した難消化性素材(不溶性食物繊維)の粉末のほか、豆そのままを単純摩砕した「全粒粉」、および豆の種皮のみを剥ぎ取り摩砕した「種皮粉」も有用性比較のため用意した。

これらの豆類を熱加工する上では、素材の物理特性を知る必要があることから、まず試料の含水率や乾燥特性、吸水特性、比熱特性を測定した。そののち、小豆餡の素材の一部を上記別種の豆および豆類由来の難消化性素材を 10%~30%置換した餡を試作して、その食感と表色、消化性、糖度について調査した。食感は食べる人によって感じ方が異なり比較が困難であることから、試作餡を一定速度で機械咀嚼した際に、試作餡から押棒が受ける反力や粘着力を測定して、数値比較することとした。表色についても同様に、人の感覚評価では比較困難なことから、色の明るさ L、色味の 2 次元値である(a 値と b 値)で表色を表現する色差計を用いて数値比較した。試作餡の消化性評価には人工消化液を用いた。これは、豚胃由来のペプシンというタンパク質を分解する物質(酵素)のほか、ヒトの胃液の酸性度に調整するための塩酸などからなる液体で、試作餡 5g に対して 20mL 容量の人工消化液を加えてガラス管内でヒトの体温に近い 37°C で保温することでヒトの胃内部での消化を模倣させた。模倣消化時間は 1 時間として、消化させた試料を目開き 1mm の網で濾して、これ未消化物と定義し、消化率を求めた。餡の試料は固形ではあるが、糖度は果汁糖度の測定に用いられ

る屈折糖度計によって測定した。

(3)研究成果：（含水率）同じ加工方法で粉末化した全粒粉と種皮粉であるが、豆の種類によって粉末化時の保水性には違いがあり、全粒粉では4種の豆のうち、金時豆の水分保持性が最も高かったが、種類間の差は小さかった。しかし種皮粉では小豆と大豆の水分保持性が高く、金時豆と赤えんどう豆との含水率差は3%~6%に至った。（乾燥特性）一定速度で試料の雰囲気温度を上昇させながら、その質量の変化を1 μ gオーダーで同時に測定する装置(DTG)によって、室温から120°Cまで加熱する試験を行い、各時刻での含水率を初期含水率で除した相対含水率を時間の指数関数に当てはめて求められる見かけ乾燥定数(単位:1/min.)を比較したところ、種皮粉については0.137~0.237の狭い範囲で、ほぼ同様であったが、全粒粉では金時豆が、小豆や赤えんどう豆に比較して、その18~20%程度の低い値を示した。また、全体として、どの豆類についても、種皮粉のみかけ乾燥定数は全粒粉のそれよりも大きく、したがって、その反対の現象である吸水速度も大きくなることが予想され、素材混合時には他の素材より優先的に水を吸収する点に注意が必要である。

（吸水特性）試料0.5gに対して、水5mLを加えて10分間吸水させて、その後遠心分離機を用いて実質的に吸水した試料の質量を量る方法によって吸水率(=吸水質量/吸水前質量)を測定した結果、種皮粉の吸水率(%)は、大豆の472%を最大値として、最低値の小豆の329%まで、いずれの豆についても全粒粉に比較してきわめて高い数値を示した。また、種皮粉の吸水率と全粒粉の吸水率との間には豆の種類による相似関係があり、全粒粉の吸水率に対する種皮粉の吸水率の比(相似倍率)は、小豆2.67倍、金時豆2.83倍、大豆2.34倍、赤えんどう豆2.75倍であった。（比熱特性）比熱既知の物質(α アルミナ)と試料とを、それぞれ別のアミニウム製容器に入れて同時に加熱し、比熱の差による温度上昇の違いを相殺するのに必要な熱量を計測することで試料側の比熱特性を測定する装置(DSC)により、室温から120°Cまでの範囲の各試料の比熱を測定した結果、乾物換算での比較で全粒粉の比熱の方が種皮粉よりも高かった。種皮粉の乾物比熱に対する全粒粉の比熱の比(%)で言えば、金時豆全粒粉は123%で最も高く、小豆121%、赤えんどう豆120%、大豆114%であった。

（食感）機械咀嚼によって得られる評価指標には、硬さ、粘着力、弾力性、凝集性、ガム性、咀嚼性がある。弾力性とは2回行う咀嚼動作のうち、第1回目の咀嚼にかかる時間に対する第2回目咀嚼時間の比で、餡に弾力性があれば1に近い数値となる。弾力性が咀嚼に要する時間の比であるの対して、凝集性は咀嚼に必要な噛むエネルギーの比となっている。ガム性は硬さと凝集性を乗じた指標で、その名のとおりガムのような、ねばつき感を数値化したものである。そして咀嚼性は硬さ、凝集性、弾力性をすべて乗じた数値で咀嚼の総合指標となっている。試作餡のこれら指標のうち、特徴的な傾向が見られた、硬さとガム性についての数値比較を、それぞれ図1と図2に示す。図1によれば、赤えんどう豆や金時豆の種皮粉では、標準的な製法で作製した基準餡(普通の餡)に比較して硬さが増すが、小豆や金時豆、赤えんどう豆から抽出した豆類由来の難消化性素材(不溶性食物繊維)を10%置換した試作餡は、基準餡よりもかなり柔らかく、口当たりの良い、高齢者向けの餡になっている。

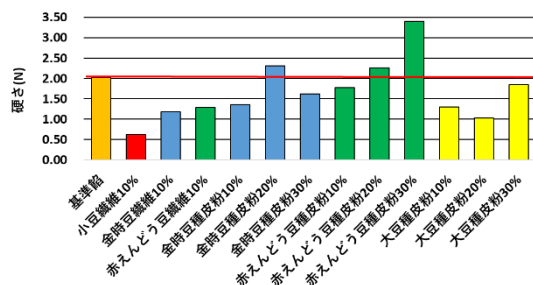


図1 試作餡の硬さ比較

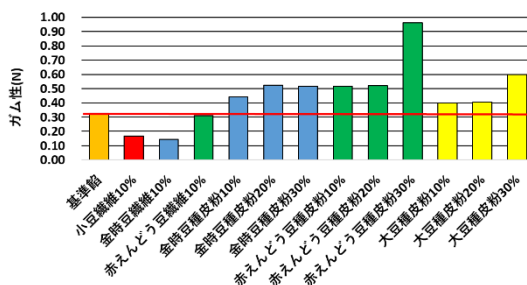


図2 試作餡のガム性比較

一方、**図2**によれば、種皮粉を餡の一部素材として用いた餡は、ガム性が顕著に高くなり、置換率が30%になると急激にねばつき感が増大したのに対して、小豆や金時豆から抽出した難消化性素材を10%置換した餡では、同じ10%置換であっても、種皮粉の場合とは逆に、基準餡よりもガム性が低下して、粘り気が軽くなって、喉ごしの良い餡になっている。これらの指標に凝集性を加味した総合指標の咀嚼性も、これに関連して、豆類から抽出した難消化性素材を10%置換した餡では、同様の傾向を示し、もったりとした餡に仕上がっていることが分かった。**(表色)**豆類から抽出した難消化性素材を一部に用いた試作餡の表色を**図3**(写真)に示す。**図3**には表示していないが、大豆種皮粉で置換した餡のみが黒くなったが、



図3 豆類から抽出した難消化性素材(不溶性食物繊維)で置換した試作餡の外観(左から小豆繊維10%置換、金時豆繊維10%置換、赤えんどう豆繊維10%置換)

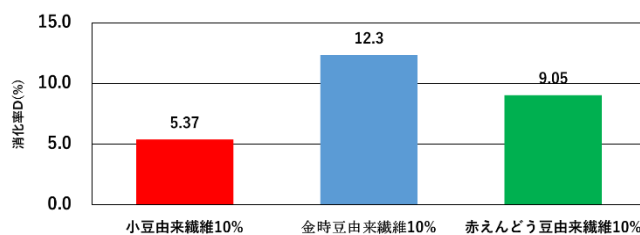


図4 豆類由来の難消化性素材で置換した餡の消化率比較

その他の豆の種皮粉を用いた餡や、豆類から抽出した難消化性素材を一部に用いた餡は、**図3**のような茶褐色となった。色差計を用いた色の数値比較でも、赤えんどう豆から抽出した難消化性素材を用いた餡と、大豆の種皮粉を10%と20%で置換した餡は、基準餡とほぼ同じ明るさをもっていたほか、色味の点でも、特に赤えんどう豆から抽出した難消化性素材で置換した餡は人の視覚では区別がつかない色差であることが数値的にも明らかであった。**(消化性)****図4**に、小豆、金時豆、赤えんどう豆から抽出した難消化性素材を用いて試作した餡の消化性比較を示す。これらの試作餡のなかでは、金時豆由来の難消化性素材を用いた試作餡が、消化性をもっと良く、次に赤えんどう豆由来の難消化性素材を用いた試作餡、小豆由来の難消化性素材を用いた試作餡の順となった。ただし、ここで用いた消化率は、方法の項で述べたとおり、人工消化液による1時間の消化模倣であり、必ずしも人の胃内部での状態を示しているわけではない。糖度はどの試作餡についても基準餡との甘味差はほぼなかった。

(謝辞)本研究を実施するにあたり、高知大学農林海洋科学部食料生産プロセス学研究室に所属する学生諸氏の多大な協力を得た。ここに記して謝意を表す。