

乾燥小豆さらし餡クッキーがレジスタントスターチ量と その特性に及ぼす影響

* 亀井 文 • * 伊藤 智美

Effect of powder dry adzuki bean paste flour in place of wheat flour on resistant starch content and sensory characteristics of cookies

KAMEI Aya and ITO Tomomi

Objectives: Traditional Japanese sweets have been popular among Japanese, and are often eaten particularly by middle-aged and elderly people. A lot of traditional Japanese sweets contain adzuki bean paste (ABP). Adzuki beans are a good source of carbohydrate as well as of protein, because these are starchy pulse. Furthermore, they contain a lot of dietary fiber and also include resistant starch (RS). RS escapes digestion until reaching colon and acts like dietary fiber. Recently, many studies recommend taking this new type of dietary fiber because of health benefits. The purpose of this study was to investigate feasibility of replacing wheat flour to powder dry ABP by analyzing RS contents and sensory characteristics in cookies.

Materials & Methods: Cookies were prepared from various blends of wheat flour (WF) and powder dry ABP (DABP) (100%WF:0%DABP, 50%WF:50%DABP, 25%WF:75%DABP, 0%WF:100%DABP). RS content of these cookies were measured by Resistant Starch Assay Kit (Megazyme International Ireland, Ireland) and ranking test was applied for evaluating sensory characteristics.

Results & Findings: RS content of powder dry ABP was 5.3% and RS contents of cookies blended flour with 50%DABP, 75%DABP, 100%DABP were 1.6%, 2.1%, 3.0%, respectively. As a ratio of ABP in the cookies increased, a ratio of RS content also increased. Sensory evaluation indicated that 50%DABP cookies was not different from 0%DABP cookies in terms of flavor, sweetness, texture and overall acceptability. These results implied that cookies made of powder DABP in place of wheat flour increased amount of RS in cookies. Taking account of sensory evaluation, 50% replacement of powder DABP cookies were found to be acceptable.

Key words : dry adzuki bean paste (乾燥小豆さらし餡)
resistant starch (RS) (レジスタントスターチ)
sensory characteristics (官能評価)
cookies (クッキー)

I. 緒言

豆類には油脂とたんぱく質を主成分とする大豆や落花生、でんぷんとたんぱく質を主成分とする小豆、いんげん豆などがある¹⁾。小豆は縄文後期から日本で

栽培されており、昔からハレの日の赤飯や和菓子の餡などの原料として食され、現在も日本人にとってもよく食されている豆の一つである²⁾。

でんぷんの多い小豆などの豆は、餡として加工することができる。餡は数個から十数個のでんぷん粒を含

* 宮城教育大学家庭科教育講座

む豆の細胞(子葉細胞)が水の存在下で加熱されることで、細胞を結合している細胞間物質(ペクチン質)が可溶化して、細胞の形態を保ったままばらばらに分離したものである。この分離した細胞は“餡粒子(または餡細胞)”と呼ばれ、熱変性したたんぱく質から成る頑丈な膜に糊化したでんぷん粒が包まれた構造になっている³⁾。

小豆さらし餡(乾燥あん)は100g中66.8g炭水化物が含まれており⁴⁾、その内の48.8gはでんぷんである⁵⁾。また、小豆さらし餡(乾燥あん)には100g中26.8gの総食物繊維が含まれており、その内の25.8gは不溶性の食物繊維である⁴⁾。本多ら³⁾は小豆を含む数種の豆類を加熱した場合、食物繊維量は加熱前の食物繊維量と比べて増加し、その増加はほとんど不溶性食物繊維の増加であったと報告している。そして、この加熱による不溶性食物繊維の増加の原因はでんぷんの変性によると考え、レジスタントスターチ(Resistant Starch: RS)が生成されたのではないかと考察している。丹羽ら⁶⁾もオートクレーブで湿熱した小豆餡は未処理の生餡と比べて食物繊維量が増えたと報告し、この増加は消化酵素に抵抗性を示すでんぷんの変性、すなわちRSの生成によるものではないかと考察している。

生小豆および煮熟時間の違いによる小豆餡のRS量について本研究で研究を行なったところ、生小豆は約13.3%、50分煮熟は約6.4%、70分煮熟は約5.0%、90分煮熟は約4.4%となり、生小豆のRS量が最も有意に高く、煮熟したRS量は生小豆のRS量と比べて減少する結果であった⁷⁾。

小豆の餡粒子の大きな特徴は、その細胞内のでんぷん粒である。小豆の生細胞は数個のでんぷん粒が強靱な細胞膜に包まれているが、水の存在下で加熱するとでんぷん粒は細胞内で膨潤する。細胞間物質(ペクチン質)が可溶化して、細胞の形態を保ったままばらばらに分離した餡粒子の細胞膜はタンパク質が熱によって凝固して安定化する。この丈夫な細胞膜で包まれているため、でんぷん粒はある程度の煮熟時間において、糊化によって膨潤しても餡粒子の外に流れ出ることがない⁶⁾。本研究における煮熟時間の違いによる餡粒子の形態を光学顕微鏡で観察したところ、煮熟時間が長いほど細胞膜が薄くなり、損傷・崩壊部位のある餡粒子が数多く見られたが、餡粒子はある一定時間の煮熟

においては、餡粒子内のでんぷん粒が細胞内に留まっている状態であった。そして、この研究により、小豆さらし餡(乾燥あん)にはだいたい5%前後のRSが含まれていることが示唆された⁷⁾。

レジスタントスターチ(RS)は「健康なヒトの小腸内で消化吸収されないでんぷんおよびでんぷん分解物」であり、その生理機能は食物繊維のそれと同様に、便通改善効果や血糖値抑制作用、血液中コレステロールや中性脂肪の低下、大腸がんリスクの軽減が挙げられる^{8) 9) 10)}。RSはRS1からRS4の4つあるいはRS5を加えて5つに分類されている。RS1は細胞壁によって物理的に消化できないでんぷん、RS2はでんぷん粒子自体に耐消化性があるでんぷん、RS3は調理後に再結晶した老化でんぷん、RS4は化学的修飾を施されたでんぷん、RS5はアミロースと脂肪の複合体でんぷんである^{8) 9) 10)}。

RSは最近では食物繊維と同様に、適量を習慣的に摂取することにより健康に寄与することができる機能的成分として注目されている。RSの主な栄養生理機能としては、小腸での消化率が低いことから、糖質や脂質代謝において血糖値抑制作用や血液中コレステロールおよび中性脂肪の低下などが見られる。さらに大腸において、腸内細菌の発酵基質として代謝されて、短鎖脂肪酸、特に酪酸を産生する。そして、この酪酸が腸内細菌叢を変化させ腸内の有用な菌を増殖させたり、癌化株細胞の増殖を抑制する、との報告もある^{9) 10) 11)}。

そこで本研究では、食物繊維が豊富であり、さらに健康に寄与する生理機能を有するRSも含まれる小豆さらし餡を小麦粉の代替として利用することによって、小豆餡の新たな可能性について調べることを目的とした。この研究では、これまで和菓子への利用がほとんどであった小豆さらし餡を使用することにより、洋菓子であるクッキーへの可能性を探ることとした。

II. 方法

1. 材料および試料調製配合割合

クッキーは、バター(雪印メグミルク株)、卵、上白糖(日新製糖株)、薄力粉(日清フーズ株)および乾燥小豆さらし餡「さらしあん こしあん」(川光物産株式会社)を用いて試料の調製を行なった。

小麦粉100gの一部または全てを乾燥小豆さらし餡(dry adzuki bean paste、以下 DABP)で代替し、クッキーを調製することし、標準クッキー (DABP 0%)と DABP 50%、75%、100%クッキーを調製した。クッキー調製の配合割合は表1の通りである。

表1 クッキーの配合割合

	0%DABP	50%DABP	75%DABP	100%DABP
小麦粉(g)	100	50	25	0
DABP *(g)	0	50	75	100
卵(g)	25	25	25	25
バター(g)	25	25	25	25
砂糖(g)	40	40	40	40

* DABP：乾燥小豆さらし餡

2. クッキーの調製方法

クッキーの調製は以下のように行なった。

- 1) 常温にしたバターを電動ハンドミキサー (三洋電機株式会社 SHM-18) を用いて中速で1分撈拌した。
- 2) 砂糖を加えて中速で3分、卵を加えて中速で4分撈拌した。
- 3) 標準クッキーについては小麦粉100g、DABP代替クッキーについては、ふるいにかけて小麦粉とDABP 50g、75g、100gを混ぜ合わせた粉を加えて、ゴムべらで均一になるまで混ぜ合わせドゥを調製した。
- 4) 冷蔵庫で1時間寝かし、麺棒で4mm程の厚さへのばし、4cm×4cmの正方形に切ったものを180℃に予熱したオーブン(日立加熱水蒸気オーブンレンジ MRO-BX10)の中段で13分焼いた。
- 5) 焼成後、網の上で常温になるまで放冷した。

3. DABP 代替割合の異なるクッキーの RS 量測定

(1) 試料の作成

焼成し放冷した標準クッキー (DABP 0%) と DABP クッキー (50%、75%、100%) を個体差がないようにするために、全てビニール袋に入れて粉末状にし、30gずつ分取した。これらの試料は、井川ら¹²⁾の方法に準じて脱水操作を行った。クッキー粉末30gを乳鉢に入れて、メタノール75mlを加えて乳鉢中で磨砕しながら脱水した。メタノールの上澄を捨て、再び

メタノール75mlを加え磨砕した。この行為を3回繰り返す、その後アセトン30mlを加えてさらに3回洗浄を行った。

(2) RS 測定

RSの測定はMegazyme社のRS ASSAY KIT (AOAC Method 2002, AACC Method 32-40)により行った。脱水操作を行なった試料100mgに対してアミログルコシターゼを含む α -アミラーゼ溶液を4.0ml加え、16時間、37℃の恒温槽で連続的な振とう(200strokes/min)を行い反応させた。その後、4mlのエタノールを加え混和後1500×gで10分間遠心分離を行い上清を取り除いた後、50%エタノール2mlを入れて混和し、さらに50%エタノールを6ml加えて混ぜ、1500×gで再び10分間遠心分離を行い、上清を取り除く操作を2回行なった。残った沈殿に2MのKOH 2ml加え、20分間撈拌した後、1.2M酢酸ナトリウム緩衝液(pH3.8)を8ml加えて混和後、アミログルコシターゼ(3300U/ml)を0.1ml加え50℃30分間反応させた。1500×gで10分間遠心分離を行い、上清0.1mlにGOPOD溶液を3.0ml入れ、50℃で20分間反応させた後、510nmにおいて吸光度測定を行ない、グルコース量としてRS量を測定した。

4. クッキーの厚さ測定

焼成後一昼夜(21時間)常温保存したものを試料とし、ノギス(タジマカーボンファイバーノギスブラック-15 150mm CNO-15)を用いて厚さを測定した。

5. テクスチャー測定

焼成後一昼夜(21時間)常温保存したものを試料とし、レオメーター(FUDOHレオメーターNRM-2002J)を用いて、クッキーの硬さを測定した。プランジャーは円錐型(ϕ 10mm)、圧縮速度6cm/min、クリアランス2mmの条件で測定を行なった。

6. 官能評価

官能評価は、本学の学生15名(20~23歳)を対象に行なった。官能評価を行う前に、アレルギーの有無を確認し、十分に官能検査方法の説明を行った。4種類のクッキー(DABP 0%、DABP 50%クッキー、DABP 75%クッキー、DABP 100%クッキー)に対し

て、外観、匂い、硬さ、風味、甘さ、総合評価の6項目の各項目に、好ましいと思う順に順位を付けてもらった。評価は無記名での記入とした。

7. 統計解析

RS測定、高さおよび硬さの結果の統計解析は、SPSS12.0 J for Windowsを用いて一元配置分散分析を行い、5%有意水準で有意な差が見られた場合は、Student-Newman-Keuls testによる多重比較検定を行った。官能評価についてはNewwell-MacFarlaneの順位法で検定を行い、5%有意水準で有意差を検定した。

III. 結果及び考察

1. DABP 代替割合の異なるクッキーのRS量

DABP 配合割合の異なるクッキーおよびDABPのRS量を図1に示す。標準クッキーであるDABP 0%のRS量は約0.2%であり、RSはほとんど含まれていなかった。DABPクッキーのRS量は50%代替DABPは1.6%、75%代替DABPは2.1%、100%代替DABPは3.0%と代替量が増えるに従ってRS量も有意に増加した。参考として測定したDABP自体のRS量は5.3%であったことから、各代替DABPクッキーに含まれるRS量の計算を行なったところ、代替クッキーに含まれるRS量の測定値と近似の値を示した(表2)。このことから、他の材料を加え焼成を行なっても、DABPに含まれるRS量にはあまり影響を与えないことが分かった。

また、今回参考として測定したDABP自体のRS量が5.3%であり、先の本研究室での小豆さらし餡(乾燥あん)のRS量も5%前後含まれていたことから、乾燥小豆さらし餡には約5%のRSが含まれていることが改めて示唆された。

本実験で焼成したクッキー1枚の重量は約10gであった。1回の間食で食するクッキーの量を3枚であるとすると、食するクッキーの総食物繊維量は食品成分表⁴⁾⁵⁾を用いて計算を行うと、50%代替DABPクッキーで約2.1g、100%代替DABPクッキーでは約4.3g含まれることになり、1日の食物繊維摂取量が、日本人の食事摂取基準(2020年版)策定報告書¹³⁾で示されている食物繊維目標量(18歳から29歳まで男性21g

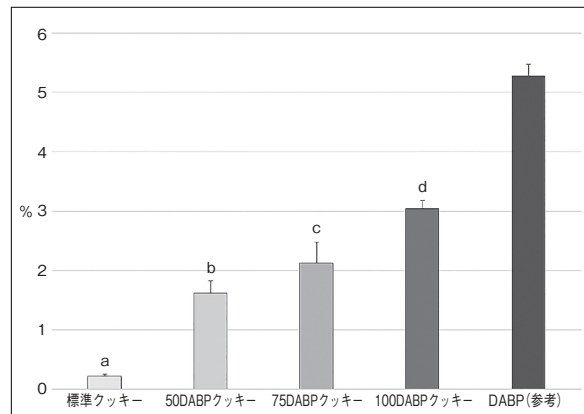


図1 DABP(乾燥小豆さらし餡)代替割合の異なるクッキーおよびDABPのRS量 (異なるアルファベットはp<0.05で有意差あり)

表2 DABP代替クッキーに含まれるRS量の実測値と計算値

	実測値±標準偏差	計算値
50%DABP*クッキー(%)	1.621±0.205	1.389
75%DABPクッキー(%)	2.125±0.350	2.084
100%DABPクッキー(%)	3.040±0.135	2.770

* DABP: 乾燥小豆さらし餡

および女性18g)よりも摂取量が不足しがちな若者にとっては摂取しやすいのではと考える。さらには、機能的成分として腸内の健康に寄与していると言われるRSに関しても、50%代替DABPクッキーで約0.5g、100%代替DABPクッキーでは約1g含まれており、DABPクッキーの摂取は腸内環境を整える働きを持つ可能性が示唆された。

2. DABP 代替割合の異なるクッキーの厚さおよび硬さ測定

DABP 配合割合の異なるクッキーの厚さおよび硬さの測定結果を表3に示す。焼成後の標準クッキーのDABP 0%の厚さとDABP 50%クッキー、DABP 75%クッキーの厚さには有意な差が無かったが、

表3 DABP代替割合の異なるクッキーの厚さおよび硬さ

	0%DABP*	50%DABP	75%DABP	100%DABP
厚さ平均 (mm)	6.26±0.37a	6.58±0.53a	6.16±0.64a	5.55±0.62b
硬さ平均 (kg)	17.52±3.44a	7.49±3.06b	8.31±1.46b	6.51±0.91b

(異なるアルファベットはp<0.05で有意差あり)

* DABP: 乾燥小豆さらし餡

DABP 100%クッキーは他の3条件のクッキーよりも薄い結果となった。硬さについては、DABP 代替クッキーは3条件とも標準クッキーであるDABP 0%のクッキーと比べて脆くなる結果であった。

小麦粉に含まれるたんぱく質はグリアジンとグルテニンで、これらは水分を吸収し捏ねることにより粘りのあるグルテンとなり、クッキーの物性に大きく寄与している。しかし、小麦粉をDABPに代替することによりグルテン量が減少しネットワーク形成が不完全になったことによって、厚さも減少し、特に硬さについては脆いクッキーとなった。

3. DABP 代替割合の異なるクッキーの官能評価

DABP 代替割合の異なるクッキーの官能評価を表4に示す。硬さを除いたすべての項目において、標準クッキーであるDABP 0%が一番高い評価を得る

表4 DABP 代替割合の異なるクッキーの官能評価

	0% DABP*	50% DABP	75% DABP	100% DABP
外観	54 ^a	27 ^b	30 ^b	39 ^{ab}
匂い	56 ^a	24 ^b	32 ^b	39 ^b
硬さ	39 ^a	52 ^a	37 ^{ab}	22 ^b
風味	54 ^a	40 ^{ab}	29 ^b	27 ^b
甘さ	52 ^a	34 ^b	26 ^b	38 ^{ab}
総合評価	55 ^a	44 ^{ab}	28 ^{bc}	23 ^c

(異なるアルファベットは $p < 0.05$ で有意差あり)

* DABP: 乾燥小豆さらし餡

結果となった。特徴的であったのは、外観についてはDABP 0%の次に好まれたのがDABP 100%クッキーであったこと、硬さにおいてDABP 50%クッキーが一番好まれたこと、そして、総合評価においてもDABP 0%クッキーが一番好まれていたが、DABP 50%クッキーとは有意な差が無かったことである。

外観については、DABP 代替クッキーは焦げ茶色のクッキーであり、DABP 100%クッキーはその中でも一番濃い色のクッキーである。見た目はココアクッキーに似た外観であり、そのために好まれた可能性も考えられる。硬さについては、標準クッキーであるDABP 0%の硬さよりも、噛む力をあまりかけずに割れる脆いクッキーが好まれることが示唆された。総合評価においては、標準クッキーが一番好まれる結果と

なったが、DABP 50%クッキーとは有意な差が無く、DABP 50%代替ならば広く受け入れられる可能性が示唆された。

IV. まとめ

本研究では、食物繊維が豊富であり、さらに健康に寄与する生理機能を有するRSも含まれる小豆さらし餡を小麦粉の代替として利用することによって、小豆餡の新たな可能性について調べることを目的とし、洋菓子であるクッキーへの可能性を探ることとした。

クッキーの調製は、小麦粉100gの一部または全てを乾燥小豆さらし餡(DABP)で代替し、標準クッキー(DABP 0%)とDABP 50%、75%、100%クッキーを調製した。標準クッキーであるDABP 0%のRS量は約0.2%であり、RSはほとんど含まれていなかった。DABPクッキーのRS量は50%代替DABPは1.6%、75%代替DABPは2.1%、100%代替DABPは3.0%と代替量が増えるに従ってRS量も有意に増加した。クッキーの硬さについては、DABP 代替クッキーは3条件ともDABP 0%のクッキーと比べて脆くなる結果であった。DABP 代替割合の異なるクッキーの官能評価については、総合評価においてDABP 0%クッキーが一番好まれていたが、DABP 50%クッキーとは有意な差が無かった。

これらの結果から、1日の食物繊維摂取量が不足しがちな若者にとってはDABP 代替クッキー、特にDABP 50%クッキーは摂取しやすいのではと考える。さらには、機能的成分として腸内の健康に寄与している言われているRSに関しても、DABPクッキーには含まれており、DABPクッキーの摂取は腸内環境を整える働きを持つおやつになる可能性が示唆された。

V. 文献

- 1) 山崎清子, 島田キミエ, 洪川祥子, 下村道子. 第5章 豆、豆製品の調理 p206-228 新版 調理と理論 (2003) 同文書院
- 2) 江原絢子, 石川尚子 編著. 6章 副食の文化 第2節豆類 p54-55 日本の食文化 その伝承と食の教育 (2009) アイ・ケイ コーポレーション
- 3) 本多千代, 難波豊彦, 浅岡修他. 豆類及び豆類加工品における食物繊維の定量法の検討. 食品衛生学雑誌, 1992, 33, p46-51.
- 4) 日本食品標準成分表2015年版(七訂) 文部科学省
https://www.mext.go.jp/component/a_menu/science/detail/_icsFiles/afieldfile/2017/12/19/1365344_1-0204r11.xlsx
- 5) 日本食品標準成分表2015年版(七訂) 豆類 炭水化物成分表編
https://www.mext.go.jp/component/a_menu/science/detail/_icsFiles/afieldfile/2016/02/18/1365501_4-0204r.xlsx
- 6) 丹羽昭夫, 中莖秀夫, 鬼頭幸男, 藤井正人. 湿熱処理による小豆あんの性状変化. 愛知県産業技術研究所研究報告. 2004, 3, p102-105.
- 7) 亀井文, 渥美令奈. 小豆の煮熟時間の違いによる餡のレジスタントスターチ量について. 宮城教育大学紀要. 2017, 52, 211-217.
- 8) Englyst H. N., Kingman S. M. and Cummings J. H. *Classification and measurement of nutritionally important starch fractions*. Eur. J. Clin. Nutr. 1992, 46, S33-S50.
- 9) Birt, F. D., Boylston T., Hendrich S. et al. *Resistant starch: Promise for improving human health*. Adv. Nutr. 2013, 4, 587-601.
- 10) 森田達也. レジスタントスターチの栄養生理機能に関する基盤解析. 日本食物繊維学会誌, 2010, 14, 91-103.
- 11) Asp, N-G. "Resistant starch- An update on its physiological effects." *Dietary Fiber in Health and Disease*. Kritchevsky and Bonfield eds. Plenum Press. 1997, 201-210.
- 12) 井川佳子, 菊池智恵美, 兼平咲江, 村川由紀子, 井尻哲. 米飯における初期老化の評価方法. 応用糖質科学. 2002, 49, 29-33.
- 13) 日本人の食事摂取基準(2020年) 策定検討会報告書 https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_08517.html
炭水化物 <https://www.mhlw.go.jp/content/10904750/000586559.pdf>

(令和2年9月30日受理)