

令和 4 年 6 月 13 日現在

機関番号：11302

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K02371

研究課題名(和文) でんぷんを多く含む豆類を用いた高レジスタントスターチ餡調製法の確立と食品への活用

研究課題名(英文) Making methods of bean paste and application to food of starch-rich bean paste powder containing resistant starch

研究代表者

亀井 文 (KAMEI, Aya)

宮城教育大学・教育学部・教授

研究者番号：90310846

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究ではでんぷんが多い豆を用いて、ひよこ豆餡の調製、白インゲン豆さらし餡食パンの調製、レンズ豆生豆粉末パウンドケーキの調製を試みた。ひよこ豆餡のレジスタントスターチ(RS)量は約4%、白インゲン豆さらし餡のRS量は約5%、レンズ豆生豆粉末のRS量は約3%であった。強力粉を白インゲン豆さらし餡に代替した食パンは代替量増加によりRS量も増加したが、薄力粉をレンズ豆生豆粉末に代替したパウンドケーキは代替量増加によるRS量増加は見られなかった。これらの結果より、豆の種類によりRS量は異なり調理によりRS量は減少するが、豆の種類、加熱法あるいは副材料によるRS量変化には違いがあることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本では現在あまり食されていないが、世界的には食している地域が多いひよこ豆やレンズ豆などのRSを多く含む餡の調製、その乾燥餡や粉末を小麦粉の代替として食品への活用の可能性を探ることは、健康に寄与する食品の開発だけでなく、小麦アレルギーの人のための代替食となり得ることが考えられる。また、小麦に替わる材料として豆から生成される餡や粉末による食品の開発は、世界に向けて材料の多様性を発信し、新たな食品を広げることが出来ると考えている。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to establish making methods of bean paste and applied for food as starch-rich bean paste powder containing resistant starch. Resistant starch(RS) content of chick pea paste was about 5%, white kidney beans paste powder was about 4% and lentil powder was about 3%.

When using white kidney beans paste powder to make bread, As a ratio of beans paste powder increased, RS content also increased. However, using lentil powder to make pound cake, when a ratio of lentil powder increased, RS content was not increased. These results indicated that different kind of beans paste or beans paste powder contained different amount of RS and RS content of these altered differently when making bread or pound cake.

研究分野：食物栄養学

キーワード：レジスタントスターチ でんぷん性豆 餡 粉末

## 1. 研究開始当初の背景

食品中のでんぷんには小腸で消化吸収されないものがあり、このような難消化性でんぷんがレジスタントスターチ（RS）である<sup>1)</sup>。RS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最近注目されている<sup>2)3)</sup>。

豆類の中には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が、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“餡細胞（または餡粒子）”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だんぷん粒が包まれた構造になっている<sup>4)</sup>。先行研究において、報告者は小豆の50分、70分、90分煮熟の小豆餡のRS量を比較したところ、6.4%、5.0%、4.4%となり、煮熟時間が短い餡ほどRS量が多いことを報告<sup>5)</sup>しており、餡細胞の膜が強固であるほど内部のでんぷん粒の糊化は進みにくく、煮熟時間が長くなるほど餡細胞の損傷や崩壊によって餡細胞の中にあっただんぷん粒子はより糊化が進み、その結果RS量は減少したのではないかと考えている。従って、RS量が多く含まれる餡の調製の鍵は、餡細胞がまだでんぷん粒子を強固な膜で覆っている状態で煮熟を終えることではないかと考えた。

## 2. 研究の目的

そこで本研究は、小豆以外のでんぷんを多く含む豆類の煮熟時間とRS量の関係、そして各々の煮熟時間の餡細胞の光学および電子顕微鏡を用いて形態について調べることにより、でんぷん性豆類を用いた高RS量を含む餡の調製法を確立することを目的とした。国内で餡としてよく調製される小豆、手亡豆や金時豆等ではなく、これまで調製されることがあまりなかったひよこ豆、レンズ豆、花豆等から高RS含有餡を調製し、その餡を使用した食品への活用につなげていくことにより、たんぱく質、ビタミン、ミネラル等の栄養素もバランスよく含み、RSという機能性成分も豊富な新たな食品の可能性を探った。

## 3. 研究の方法

(1) ひよこ豆を用いて、煮熟時間の違いによる餡のRS量をMegazyme社のRS測定キットを使用して測定し、同時に各々の煮熟時間の餡の形態を光学および電子顕微鏡で観察することにより、どのような餡細胞の形態がRSを多く含む餡であるかを調べ、餡細胞の形態を光学顕微鏡および走査型電子顕微鏡（SEM）を用いて観察を行った。餡の調製法はひよこ豆200gをイオン交換水2Lで24時間浸漬させ、その後加熱を行なった。加熱時間は40分、70分、100分の3条件で行なった。加熱後は水気を切ってすり鉢に入れて細かく砕き、漉し器で漉したものをさらしに入れ、口を縛り、6kgの重石を乗せて1時間水気を切ったものを生餡として実験に用いた。

(2) 先の研究および2019年の結果において、小豆餡やひよこ豆の餡など餡にはRSが多く含まれていることが明らかとなった。そこで、2020年度は食事パン材料の強力粉の代替として市

販の乾燥いんげん豆こし餡「白さらし餡」(株)富澤商店)を用いて代替し、RSを含む食パンの新たな可能性を調べるため、白さらし餡(WBP)代替食パンの調製実験を行なった。食パンはマルチホームクッカー(TWINBIRD製 PY-E621)の健康パン・全粒粉パンのメニューでパンの焼成を行ない、ホームクッカーに記されている材料の強力粉の配合の25%および50%をWBPに代替し、RS量を測定した。RS量はMegazyme社のRS測定キットを使用した。また物性試験も行った。

(3) レンズ豆は一粒が小さく餡に調製することが困難であったため、生豆を粉碎し粉末状にしたものを利用して、RSや他の栄養素も多く含まれるパウンドケーキの調製を試みた。レンズ豆は「ブラウンレンティル」(アメリカ産(株)富澤商店)を薄力粉の代替試料として用い、ミル(フォースミル FM-1)を用いて粉碎し粉末状にしたものを用いた。パウンドケーキの材料は薄力粉あるいはレンズ豆粉末(LF)、卵、バター、上白糖各100gを用いて調製し、レンズ豆粉末代替0%、35%、70%、100%の4条件で180℃40分間焼成した。RS量測定はMegazyme社のRS測定キットを使用した。また、官能検査も行った。

#### 4. 研究成果

(1) ひよこ豆を用いて、煮熟時間の違いによる餡のRS量を測定したところ、煮熟時間70分におけるRS量結果(図1)に大きなばらつきが生じたため、煮熟時間における有意な差は見られなかった。しかしながら、ひよこ豆さらし餡に含まれるRS量は煮熟100分においても約4%含まれていることが明らかとなった。先行研究において、90分煮熟小豆さらし餡には4.4%のRS量が含まれていることを報告している。ひよこ豆も小豆と同様に、餡粒子内のでんぷん中にRSが含まれていることが示唆された。

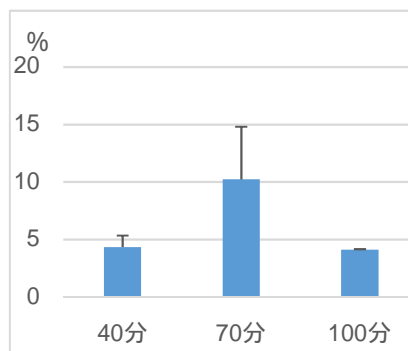


図1 各加熱時間におけるひよこ豆餡のRS量

また煮熟時間の違いによる餡のSEM観察では、70分煮熟の餡粒子は40分煮熟の餡粒子と形に変化はあまり見ら

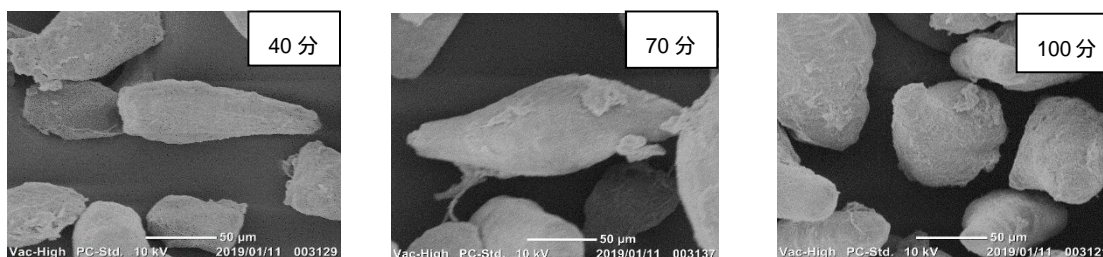
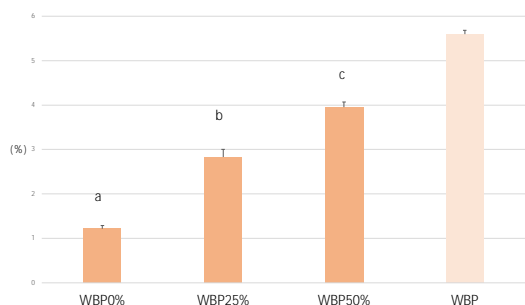


図2 各加熱時間における餡粒子形態(500倍)

れないが膨張していることが観察された。さらに100分煮熟の餡粒子は細長い形からさらに丸みを帯びたように形も変化していたが、餡粒子の崩壊の様子はほとんどみられなかった<sup>6)</sup>。

(2) RSを含む食パンの新たな可能性を調べるため、白さらし餡(WBP)代替食パンの調製実験を行なった結果、WBP0%食パンのRS量は1.21%、WBP25%代替は2.83%、WBP50%代替は3.95%と、0%、25%、50%と代替量が多くなるにしたがって、RS量も有意に高くなる結果となった。また、WBPに含まれているRS量は5.60%であったことから、WBP代替パンのRS量

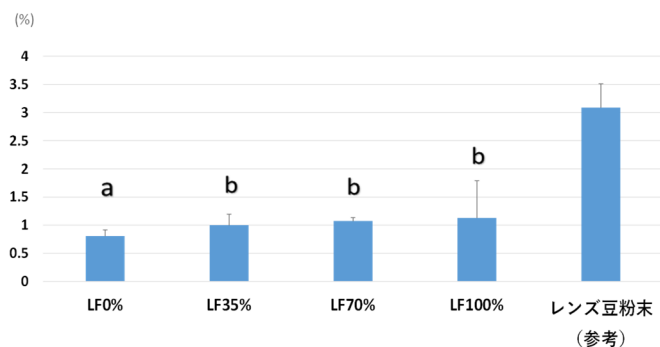


はWBP由来のものであることが示唆された(図3)。また、物性測定については、WBP代替率が増加するに従って硬くなり、圧縮後の回復力が悪いパンとなった。

これらの結果より、WBP25%代替パンは食物繊維量とRS量が多い食事パンとして強力粉の食事パンと比べて健康に寄与する可能性が高いパンであることが示唆された<sup>7)</sup>。

図3 WBP代替パンおよびWBPのRS量

(3) 生のレンズ豆を粉碎し粉末状にしたもの(LF)を利用して、RSや他の栄養素も多く含まれるパウンドケーキの調製を試みた結果、LF0%パウンドケーキのRS量は0.81%、LF35%代替は1.00%、LF70%代替は1.07%、LF100%代替は1.13%であり、小麦粉の代替としてレンズ豆粉末を用いて調製したパウンドケーキのRS量は増加したが、代替割合を上げててもRS量は増加しない結果となった。レンズ豆粉末に含まれているRS量は3.09%であったことから、焼成によりレンズ豆粉末のRSは消化性でんぷんに変化したことが示唆された(図4)。



りレンズ豆粉末のRSは消化性でんぷんに変化したことが示唆された(図4)。官能評価においては、標準パウンドケーキとLF35%、70%代替パウンドケーキの間に有意な差は見られなかったことから、栄養価の高いレンズ豆粉末代替パウンドケーキの可能性が示唆された<sup>8)</sup>。

図4 LF代替パウンドケーキとレンズ豆粉末のRS量

<引用文献>

- 1) 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.
- 2) Birt, F. D., Boylston T., Hendrich S. et al. Resistant starch: Promise for improving human health. Adv. Nutr. 2013, 4, 587-601.
- 3) 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.
- 4) 本田千代, 難波豊彦, 浅岡修也. 豆類及び豆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.
- 5) 亀井文, 渥美令菜. 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.

- 6) 亀井文, 片平優菜. ひよこ豆餡調製の試みとレジスタントスターチ量について . 一般社団法人 日本調理科学会 2021 年度大会研究発表要旨集. 2021, p 44.
- 7) 亀井文, 高橋いくみ. 白さらし餡が食パンのレジスタントスターチ量とテクスチャー特性に与える影響 . 宮城教育大学紀要 . 2022, 56, 165-171.
- 8) 亀井文, 樋渡絵理奈. レンズ豆粉末がパウンドケーキのレジスタントスターチ量に及ぼす影響 . 一般社団法人 日本家政学会第 74 回大会研究発表要旨集. 2022, p48.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 亀井 文・高橋 いくみ	4. 巻 56
2. 論文標題 白さらし餡が食パンのレジスタントスターチ量とテクスチャー特性に与える影響	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 宮城教育大学紀要	6. 最初と最後の頁 165-171
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 亀井 文・高橋 いくみ
2. 発表標題 白さらし餡が食パンのレジスタントスターチ量と物性に及ぼす影響
3. 学会等名 日本家政学会第73回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 亀井 文・片平 優菜
2. 発表標題 ひよこ豆餡調製の試みとレジスタントスターチ量について
3. 学会等名 日本調理科学会2021年度大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 亀井 文・樋渡 絵理奈
2. 発表標題 レンズ豆粉末がパウンドケーキのレジスタントスターチ量に及ぼす影響
3. 学会等名 日本家政学会第74回大会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------