

## 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

\* 亀井 文・\*\*片平 優菜

## 和文抄録

難消化性でんぷんであるレジスタントスターチ（RS）は、食物繊維と同様の栄養生理機能を有し、腸内の健康に寄与することが明らかになってきている。日本ではあまり馴染みのなかったひよこ豆は、近年ではサラダやスープとして食されることも多い。ひよこ豆は乾燥豆として炭水化物量およびタンパク質量は100g中61.5gと20.0gであり、乾燥小豆の59.6gと20.8gと主要成分量が類似している。そこで、ひよこ豆餡の調製を試み、そのレジスタントスターチ量を調べることを目的とした。

ひよこ豆を24時間浸漬した後、加熱100分まで10分ごとに豆の腹切れ度を5段階に分けて評価し数値化した結果より加熱時間3条件を決定し、40分、70分、100分加熱の生餡収率、餡の水分量測定およびMegazyme社のRS測定キットを用いてRS量測定、餡細胞の形態観察を行なった。

加熱40分、70分、100分のひよこ豆餡の生餡収率は62%、61%、65%、水分量は64%、65%、67%であった。餡のRS量は加熱40分、70分、100分では、各々4.3%、10.2%、4.1%であったが、70分加熱ひよこ餡のRS量はバラツキが大きかった。これらの結果より、ひよこ豆から餡を調整することは可能であり、健康に寄与するRS量も含まれていることから、ひよこ豆餡としての新たな食し方が示唆された。

Key words：ひよこ豆，生餡，レジスタントスターチ

## 1. 緒言

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、食物繊維と類似の生理作用を持つ機能性成分として注目されている<sup>1-3)</sup>。RSはRS1からRS5と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<sup>1)</sup>。我々が摂取する調理後すぐのでんぷん性食品のでんぷん量の約3%、調理後冷めた場合の約12%が小腸を抜けるまで消化されず大腸に到達するという報告もある<sup>2)</sup>。RSは小腸では消化される

ことがほとんどなく、他の栄養成分の消化吸收速度を抑えることから、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肥満の予防や糖尿病など生活習慣病の予防に有効であり、さらに大腸においては腸内細菌によって資化され、酪酸などの短鎖脂肪酸産生による大腸がんの抑制等の研究も報告されている<sup>1-3)</sup>。

ひよこ豆（*Cicer arietinum*）は脂質の含有量が少なく、たんぱく質含有量も大豆より少ないでんぷんの多い豆である。ひよこ豆の脂質含有量は乾燥豆として5.2%、たんぱく質は20%、炭水化物は61.5%で、そのうちの35.4%はでんぷんである<sup>4,5)</sup>。ひよこ豆は日本ではほとんど生産はされておらず、メキシコ、米国、カナダ等から輸入されており、食感が栗と似ていることから、最近ではカレー、スープ、サラダなどの食材に利

\* 宮城教育大学 教育内容学域 理数・生活科学部門（食物学）

\*\* 宮城教育大学元家庭科教育講座

用され始めている<sup>6)</sup>。

でんぷんの多い豆は、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粉粒を含む豆の細胞(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<sup>7)</sup>。でんぷん含量の多い小豆の煮熟時間の違いによる餡のRS量については、当研究室において既に検討を行なっている。生小豆では約13.3%であったRS量は、50分煮熟餡では約6.4%、70分煮熟餡は約5.0%、90分煮熟餡は約4.4%と、煮熟時間の増加に伴いRS量は減少していく結果であった<sup>8)</sup>。

本研究では小豆と同様にでんぷんを多く含むひよこ豆を用いて餡の調製を試み、餡としての可能性を調べ、さらにRS量も調べることを目的とした。

## II. 方法

### 1. 試料

アメリカ産のひよこ豆(平成30年度産、株式会社富澤商店)を用いて実験を行った。

### 2. ひよこ豆生餡試料調製方法

#### (1) 煮熟および生餡調製方法

ひよこ豆の煮熟および生餡調製方法は小豆の生餡調製方法に準じて行った<sup>9)</sup>。但し、ひよこ豆は煮熟24時間前水に浸漬させたものを用いて生餡調製を行った。

ひよこ豆200gとイオン交換水2Lをボールに入れラップをし、24時間浸漬させた。両手鍋にイオン交換水2Lと浸漬したひよこ豆を入れ、各々の加熱時間で煮熟を行った。いずれの煮熟時も初めの10分間は強火、その後は中火で吹きこぼれないよう火力調節を行った。煮熟後、豆に煮汁を加えながらすり鉢で磨砕し、ボールの上にのせたこし器に磨砕した豆を少量ずつ入れ、煮汁を加えながら木べらを用いて餡と皮に分離した。分離した餡をさらし布に入れて、15分おきに重石と接する面を変えながら6kgの重石を1時間載せて水気を切り、これを生餡とした。

### (2) 煮熟時間の決定

ひよこ豆の生餡調製に必要な煮熟時間を決定するため、村上ら<sup>10)</sup>の方法により煮熟後の煮くずれの度合いを数値化し腹切れ度を観察した。10分ごとに加熱したひよこ豆を15粒取り、腹切れ度を5段階(0:亀裂無し、1:線程度の亀裂あり、2:亀裂明らか、3:亀裂あり・中身が少し出る、4:崩壊粒)で評価し数値化した。すべての粒が4の段階であれば腹切れ度は60となる。腹切れ度の結果(図1)では、40分までは餡調製が難しい豆の硬さであったが、その後は60分を除いては緩やかに度数が増えていき、同様の腹切れ度でも手で潰してみると煮熟時間が長いほど軟らかい豆となっていた。これらの結果より、煮熟時間を硬め40分、ふつう70分、軟らかめ100分の3条件で煮熟したひよこ豆を生餡に調製した。

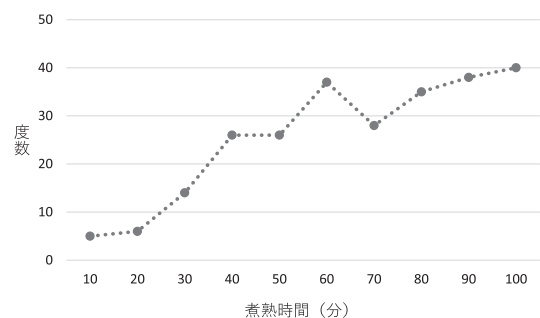


図1 煮熟時間による腹切れ度の変化

### 3. 煮熟時間の違いによるひよこ豆餡の収率

各煮熟時間のひよこ豆の加熱終了時重量、煮汁重量、水気を切った後の生餡重量を測定し、生餡重量を加熱終了後豆重量で除した時の値を生餡の収率とした。

### 4. 煮熟時間の違いによるひよこ豆餡の水分量測定

水分量測定は常圧乾燥法を用いて行った。40分・70分・100分煮熟ひよこ豆餡は生餡調製直後の試料の水分量を測定した。各試料は、恒量した秤量瓶の中にそれぞれ約2gを小数点第4位まで正確に秤量を行った。秤量瓶は定温恒温乾燥器(NDO-400、(株)東京理化器械)を用い105℃で1時間加熱した。1時間後、乾燥器より乾燥剤の入ったデシケータに移し、30分後秤量を行った。この作業を恒量(重量差が±0.0003g以下)になるまで繰り返した。

水分量の計算式は以下の通りである。

$$\begin{aligned} \text{水分\%} &= \text{水分重量} / \text{試料重量} \times 100 \\ &= [(\text{秤量瓶に試料を入れた乾燥前の重量}) - \\ &\quad (\text{乾燥後の重量})] \div [(\text{秤量瓶に試料を入れた} \\ &\quad \text{乾燥前の重量}) - (\text{秤量瓶の空重量})] \times 100 \end{aligned}$$

## 5. 煮熟時間の違いによるひよこ豆餡のRS量測定

### (1) 試料の作成

煮熟ひよこ豆餡は井川ら<sup>11)</sup>の方法に準じてすぐに脱水操作を行った。各試料を約10g乳鉢に入れて、メタノール25mlを加えて乳鉢中で磨砕しながら脱水した。メタノールの上清を捨て、再びメタノール25mlを加え磨砕後上清を捨てる操作をさらに2回繰り返した。その後アセトン25mlを加えてさらに脱水する操作を3回行った試料をRSの測定に用いた。

### (2) RS測定

RSの測定(RS1～RS5)はMegazyme社のRS ASSAY KIT K-RSTAR (AOAC Method 2002, AACC Method 32-40)により行った。試料100mgに対してアミログルコシターゼを含む $\alpha$ -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(200 strokes/min)を行い反応させた。その後、4.0mlの99%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。次に50%エタノール2mlを入れて混和後、さらに50%エタノールを6ml加えて混ぜ、1500×gで再び10分間遠心分離機で分離し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を加え、水で冷却しながら20分間攪拌した後、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。その後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。

RS量は以下の式に当てはめて求めた。

$$\text{RS (g / 100g 試料)} = \Delta E \times F / W \times 9.27$$

$$\begin{aligned} \Delta E &= \text{試料の吸光度} - \text{reagent blank の吸光度の平均} \\ F &= 100 / (\text{D-glucose standard の吸光度の平均} \\ &\quad - \text{reagent blank の吸光度の平均}) \end{aligned}$$

$$W = \text{試料の量 (g)}$$

## 6. 煮熟時間の違いによるひよこ豆餡の形態観察

卓上走査型電子顕微鏡(SEM)(JCM-5000、日本電子株式会社)を用いてひよこ豆餡細胞観察を行った。観察条件は加速電圧10kV、倍率は1000倍とした。

## 7. 統計解析

統計解析は、SPSS17.0 J for Windowsを用いて一元配置分散分析を行った。有意差が出た場合はその後の検定として、Student-Newman-Keuls testによる多重比較検定を行った。

## III. 結果および考察

### 1. 煮熟時間の違いによるひよこ豆餡の収率

表1は、加熱時間の異なるひよこ豆生餡の収率を示したものである。原料のひよこ豆200gの煮熟が終了した段階で、40分煮熟は2.3倍、70分煮熟は2.4倍、100分煮熟は2.5倍と、加熱時間が長いほどひよこ豆重量は増加した。一方、生餡重量では40分煮熟は288g、70分は297g、100分は329gと煮熟時間が長くなると生餡も多くなったが、収率としては40分と70分煮熟は62.1%と60.9%とほとんど変わらず、100分煮熟では65.4%であった。このことから、ひよこ豆は餡の調製が可能であることが明らかとなった。

表1 各加熱時間のひよこ豆餡の収率

| 加熱時間 | 加熱終了時ひよこ豆重量(g) | 生豆からの増加率(%) | 生餡重量(g) | 生餡収率(%) | 煮汁重量(g) |
|------|----------------|-------------|---------|---------|---------|
| 40分  | 464            | 232         | 288     | 62.1    | 1505    |
| 70分  | 488            | 244         | 297     | 60.9    | 1528    |
| 100分 | 503            | 251         | 329     | 65.4    | 1279    |

ひよこ豆餡の収率はしかし、先行研究<sup>8)</sup>における小豆餡の収率と比べて低い結果であった。小豆餡の収率は70分煮熟が76.7%と一番高く、50分が71.4%、90分が70.9%という結果であった。通常餡細胞は、内側にある10数個のでんぷん粒が外側の細胞膜に守られている構造をしている<sup>7)</sup>。先の研究での小豆90分煮熟では餡細胞が損傷または崩壊したことにより、餡細胞内にあるでんぷん粒が流出し、餡を調製する過程で除去されてしまったものと考えられたが、ひよこ豆餡の収率は煮熟時間が長くなると収率も上がっていることから、餡細胞の損傷や崩壊はあまり起こらなかったと考えられる。

## 2. 煮熟時間の違いによるひよこ豆餡の水分量

異なる煮熟時間の餡の水分量を表2に示した。40分、70分、100分と煮熟時間が長くなるに従って水分量もわずかずつではあるが有意に増加していった。前述のように、ひよこ豆餡の餡細胞の損傷や崩壊はあまり起こらなかったと考えられるため、煮熟時間が長くなると餡細胞内の保水量が増えたことにより、100分煮熟ひよこ豆餡の水分量が一番高くなったと考えられる。

表2 異なる煮熟時間の餡の水分量

| 煮熟時間 | 水分量 (%) ± 標準偏差            |
|------|---------------------------|
| 40分  | 63.94 ± 0.30 <sup>a</sup> |
| 70分  | 64.55 ± 0.13 <sup>b</sup> |
| 100分 | 67.09 ± 0.33 <sup>c</sup> |

異なるアルファベットは  $p < 0.05$  で有意差あり ( $n=3$ )

## 3. 煮熟時間の違いによるひよこ豆餡のRS量

煮熟時間の違いによるひよこ豆餡のRS量を図2に示す。40分煮熟は約4.3%、70分煮熟は約10.1%、100分煮熟は約4.1%であった。煮熟時間の違いによる生餡のRS量を比べると、煮熟時間70分におけるRS量に大きなばらつきが生じたため、各煮熟時間における有意な差は見られなかった。このばらつきの原因としてはサンプリング時のばらつき、あるいはこの測定過程に生じたばらつきと考えられる。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<sup>8)</sup>。ひよこ豆も小豆と同様に、餡細胞内のでんぷん中にRSが含まれていることが示唆された。豆を煮熟することにより、熱変性したたんぱく質から成る頑丈な細胞壁に、糊化したでんぷん粒が包まれた構造になった餡細胞内のでんぷん<sup>7)</sup>が糊化・膨潤化し、さらにさらし餡を調製する過程は常温まで温度を下げて行なわれることから、餡細胞内でんぷんのアミロース・アミロペクチン構造が糊化と老化によって人間の消化酵素に抵抗性を示す構造へと変化したRSが生成されたと考えられる。

## 4. 煮熟時間の違いによるひよこ豆餡の形態観察

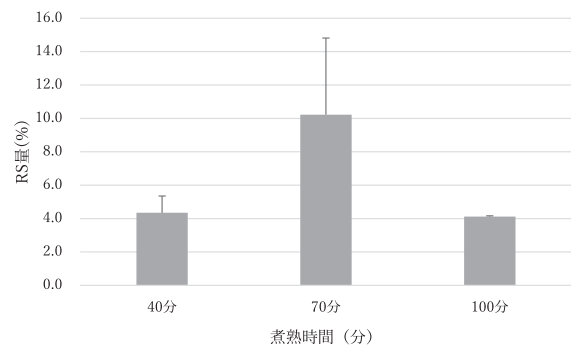


図2 煮熟時間の違いによるひよこ豆餡のRS量 ( $n=3$ )

煮熟時間40分と100分のひよこ豆餡細胞のSEM画像を図3に示す。煮熟100分のひよこ豆餡細胞は煮熟40分餡細胞と比べて大きく膨潤していることが観察された。さらに、煮熟40分のひよこ豆餡細胞壁は100分煮熟餡細胞壁と比べて強固に見え、100分煮熟餡細胞壁は薄く網目状のはっきり見えることが観察されたが、損傷や崩壊している様子は観察されなかった。SEM観察の結果からもひよこ豆は餡を調製出来ることが確認され、その餡細胞は煮熟時間が長くなるにつれて膨潤していることから、内包されているでんぷんの構造は変化している可能性が示唆された。

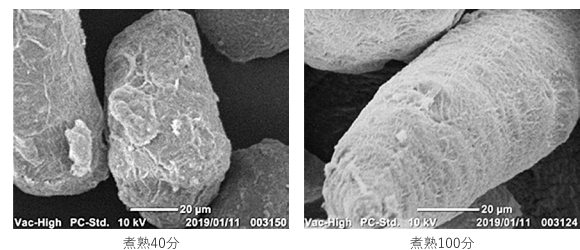


図3 煮熟40分と100分のひよこ豆餡粒子SEM観察

## IV. まとめ

本研究では小豆と同様にでんぷんを多く含むひよこ豆を用いて餡の調製を試み、餡としての可能性を調べ、さらにRS量も調べることを目的とした。小豆餡調製方法に準じてひよこ豆餡調製を行ったところ、ひよこ豆は餡の調製が可能であることが明らかとなった。またひよこ豆餡のRS量測定の結果より、ひよこ豆も小豆と同様に餡細胞内のでんぷん中にRSが含まれていることが示唆された。SEMによるひよこ豆餡細胞の形態観察から、豆の煮熟により、熱変性したたんぱく質から成る頑丈な細胞壁に糊化したでんぷん粒が包まれた餡細胞内のでんぷんが糊化・膨潤化し、さらに餡



細胞内のでんぶんの老化によって人間の消化酵素に抵抗性を示す分子構造へと変化したRSが生成されたと考えられる。

## V. 謝辞

この研究は、科学研究費助成事業基盤研究(C)でんぶ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応用(課題番号19K02371)助成の支援を受けて行った。

## VI. 参考引用文献

- 1) Bojarczuka A., Skapskaa S., Khaneghaha A.M. (2022), Marszalek K., Health benefits of resistant starch: A review of the literature, Journal of Functional Foods, 93, 105094
- 2) Perera,A., Meda,V. and Tyler,R.T. (2010), Resistant starch: A Review of analytical protocols for determining resistant starch and factors affecting the resistant starch content of foods, Food res. Intl., 43, 1959-1974
- 3) Birt, F.D., Boylston T., Hendrich S., Jane J., Hollis J., Li L., McClelland J., Moore S., Phillips G.J., Rowling M., Schalinske K., Scott M.P. and Whitley M. (2013), Resistant starch: Promise for improving human health., Adv. Nutr., 4, 587-601
- 4) 日本食品標準成分表(八訂)増補2023年第2章データ 文部科学省 [https://www.mext.go.jp/a\\_menu/syokuhinseibun/mext\\_00001.html](https://www.mext.go.jp/a_menu/syokuhinseibun/mext_00001.html) (2023.9.1 閲覧)
- 5) 日本食品標準成分表(八訂)増補2023年 炭水化物成分表編ー利用可能炭水化物,糖アルコール,食物繊維及び有機酸ー [https://www.mext.go.jp/a\\_menu/syokuhinseibun/mext\\_00001.html](https://www.mext.go.jp/a_menu/syokuhinseibun/mext_00001.html) (2023.9.1 閲覧)
- 6) ひよこまめ 公益財団法人日本豆類協会 [https://www.mame.or.jp/syurui/feature/syurui\\_13.html](https://www.mame.or.jp/syurui/feature/syurui_13.html) (2023.9.1 閲覧)
- 7) 本多千代,難波豊彦,浅岡修他(1992),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, 33,46-51
- 8) 亀井文,渥美令菜(2017),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,52,211-217
- 9) 四宮陽子(2000),「クッキングエクスペリメント3rd edition おいしさを見つける実験」学建書院,東京,pp.74-76
- 10) 村上 知子,香西 みどり,関谷 陵子,畑江 敬子(2008),浸漬・冷凍処理が豆類の加熱による吸水と軟化に及ぼす影響,日本家政学会誌, 59, 81-86
- 11) 井川佳子,菊池智恵美,兼平咲江,村川由紀子,井尻哲(2002),米飯における初期老化の評価方法,応用糖質科学. 49, 29-33

(令和6年1月30日受理)

## Method of Chickpea bean paste preparation and amount of resistant starch

KAMEI Aya and KATAHIRA Yuuna

### Abstract:

Resistant starch (RS) escapes digestion until reaching colon and acts like dietary fiber. Recently, many researchers suggest taking this new type of dietary fiber for our health benefits. Recently, chickpea began to spread Japanese diet using as soup or salad. Chickpea are a good source of carbohydrate as well as adzuki beans, because they are starchy pulse. The purpose of this study was to establish making chickpea bean paste and investigate the amount of RS of chickpea bean paste. After soaking 24hours in deionized water, chickpea were boiled 40, 70, 100 minutes with 2L of water. These were grinded and strained through a sieve in order to remove husk and put into cheesecloth. Then, 6kg of stone was placed on the cheesecloth for 1 hour to dehydrate to make bean paste. Each boiling treatment of bean paste was analyzed RS contents. RS contents of chick bean paste of 40, 70, 100 minutes cooking time were 4.3%、10.2%、4.1%, respectively. Because of RS amount of 70minutes cooking time were large variation, RS amount of three cooking time were not significantly different. However, RS amount of these cooking time were similar to those of adzuki bean paste and taking as chick bean paste would be beneficial for our health.

**Key Words :** chickpea, bean paste, resistant starch,