

〔研究ノート〕

異なる炊飯器を用いた 米飯レジスタントスターチ含量の定量

清水史子・伊藤ひとみ・佐藤文香・小川睦美

Measurement of Resistant Starch Contents in Boiled Rice
Prepared from Different Types of Rice Cookers

Fumiko SHIMIZU, Hitomi ITOU, Ayaka SATOU and Mutsumi OGAWA

In order to elucidate the influence of resistant starch (RS) intake on our intestine, the RS contents in boiled rice prepared from five types of rice cookers were measured.

Consequently, it was shown that 1) The RS content of boiled rice was higher than that of white bread. 2) The heating method and/or pressure treatment of the rice cooker were effective to the RS content of boiled rice. 3) The amount of the RS in boiled rice has decreased by induction heating system and the pressure processing of 1.2 atm. 4) These conditions also controlled the changes of the RS content in boiled rice during storage at 4°C.

These results suggested that the RS content of boiled rice was influenced by the heating method and the pressurizing method of the rice cooker.

Key words: resistant starch (レジスタントスターチ), boiled rice (米飯), rice cooker (炊飯器)

緒 言

食物繊維には様々な生理作用があるとされる。たとえば、①食物繊維の多い食事は咀嚼に時間がかかるため、食べすぎを予防し、肥満の解消につながる、②分子量の小さい糖質の消化や吸収を遅らせ、急激な血糖上昇を抑制するため、糖尿病の予防につながる、③保水力があり、小腸内容量を増大させ、脂質やナトリウムの吸収を阻害することから高脂血症や高血圧症などの予防が期待できる、④大腸に達した食物繊維は腸内細菌によって発酵を受け、エネルギー源となったり、腸内細菌叢を改善することにより、様々な病気の予防に役立つ、などである。

わが国では、食物繊維は「ヒトの消化酵素で消化されない食物中の難消化性成分の総体」と定義¹⁾されており、植物細胞壁の主成分であるセルロース、ヘミセルロース、リグニンのほか、動物性食品由来のキチン、キトサン、微生物合成多糖であるキサン

タンガム、化学合成多糖のポリデキストロースなども含んでいる。

食物繊維の考え方は国によって異なり、定量法には二つの大きな流れがある。Englyst法とProsky法である。

イギリスのEnglystらは、「デンプンの中には人間の消化酵素によって容易に加水分解されない分子が存在する」ことを明らかにし、抵抗性デンプン(Resistant Starch; RS)と命名した²⁾。消化酵素に対し抵抗性は示すが、あくまでもデンプンであるという立場から、Englyst法ではRSを食物繊維に含めておらず、食物繊維を非デンプン性多糖類に限定している。この考え方はヨーロッパで採用されている。

一方、アメリカや日本などではProsky法³⁾を採用している。これは、RSを食物繊維成分として扱う考え方である。RSは老化デンプンや密度の高いデンプンなどが相当するが、消化されずに大腸に

達し、食物繊維と類似した生理作用を示すことが明らかになっている。つまり、RSも食物繊維である、という考え方である。

この二つの考え方については、ジャガイモや小麦製品についての検討を通し、様々な議論があるが、残念ながら、我々日本人の主食である米についての検討はほとんどない。RSを食物繊維に含むか否かの議論はともかく、米飯にRSがどの程度存在するのかを明らかにすることは、主食である米がヒトの栄養に及ぼす影響について再確認するためにも重要であると考え、当研究室では米飯中のRSについていくつかの検討を行っている。今回は異なる炊飯器を用いて炊いた米飯のRS含量およびその米飯を24時間冷蔵保存した場合のRS量の変化について報告する。

実験方法

1. 試料調製

米は平成15年度兵庫県産こしひかりを15kg一括購入したものを用いた。

炊飯器は①電気炊飯器(ナショナル社製SR-VTM10)、②IH式炊飯器(ナショナル社製SR-A10B)、③高温スチームIH式炊飯器(ナショナル社製SR-SH10A)、④電気圧力鍋(ナショナル社製SR-P32A)、⑤圧力IH式炊飯器(サンヨー社製ECJ-FZ10)の5種を用いた。

1回の炊飯に用いた米は480g(3合)とし、加水量はそれぞれの取扱説明書に従ったところ、電気圧力鍋では米重量の1.35倍、そのほかの炊飯器では米重量の1.5倍となった。洗米方法は、1リットルの水を加え10回米をとぎ、ざるにあげ、水を捨てる操作を4回繰り返した。その後、水を加え、内釜を炊飯器にセットし、直ちにスイッチを入れ炊飯した。炊き上がった米飯は、よく混ぜた後、水で湿らせた飯台に移し、ぬれ布巾を掛け、室温20℃、湿度55%の恒温恒湿室に30分放置した。

米飯60gを2サンプル精秤し、一方は炊飯直後の米飯(0hr)試料とし、直ちに脱水操作に供した。他方は24時間冷蔵保存米飯(24hr)試料とし、ラップフィルム(旭化成社製サランラップ)に包み、4℃の冷蔵庫にて24時間保存した。

米飯試料からの脱水操作は次のように行った。米飯を乳鉢にとり、蒸留水50mlを少しずつ加えながらよくすりつぶし、かゆ状にした。全量をビーカーに移し、これに50%エタノール100mlを加え攪拌した。しばらく放置した後、沈殿を得た。沈殿に80%エタノール100mlを加え攪拌し、放置後再び沈殿を得た。次いで沈殿に99%エタノール100mlを加え攪拌した後、放置し、吸引ろ過にて沈殿を回収した。沈殿はバットに広げ、3日間風乾し、米粉を得た。米粉は冷凍保存用袋(旭化成社製ジップロック)に入れ、常温保存した。

RS定量実験の前日、米粉約3gを乳鉢でさらに細かくすりつぶし、シャーレに移しデシケータ中で水分を安定させた。この米粉試料の水分量を105℃定圧乾燥法にて測定を行い、さらに以降の実験を行った。

以上の調製は各試料について3回ずつ行った。

2. RSの定量

総デンプン量(Total Starch; TS)量およびRS量の定量には「総澱粉量測定キット(メガザイム社製)」を用いた。試薬の調製はキットに示されている通り行った。測定もキットに示されている方法に従った。操作A(図1)に引き続き、操作B(図2)を行うことによりRS量が求められ、操作Aの定量値にRS量を加えることによってTS量が求められた。

結果

米粉試料の収率(%)は平均して 43.7 ± 1.0 であった。炊飯米では一般に水分含量は重量の60%であることから、米粉試料は効率よく回収されたことが確認された。

TSおよびRS測定に用いた米粉試料の水分含量(%)は平均 7.4 ± 0.3 であった。 α 化米の水分含量は8%程度であり、今回の米飯脱水操作は適切なものであった。

米粉中TS量(%)を表1に示した。0hr試料のTS量(%)は平均81.5%であった。5訂日本食品標準成分表における α 化米の炭水化物含量は82.8%であり、ほぼ同等の結果となった。TS量ではすべ

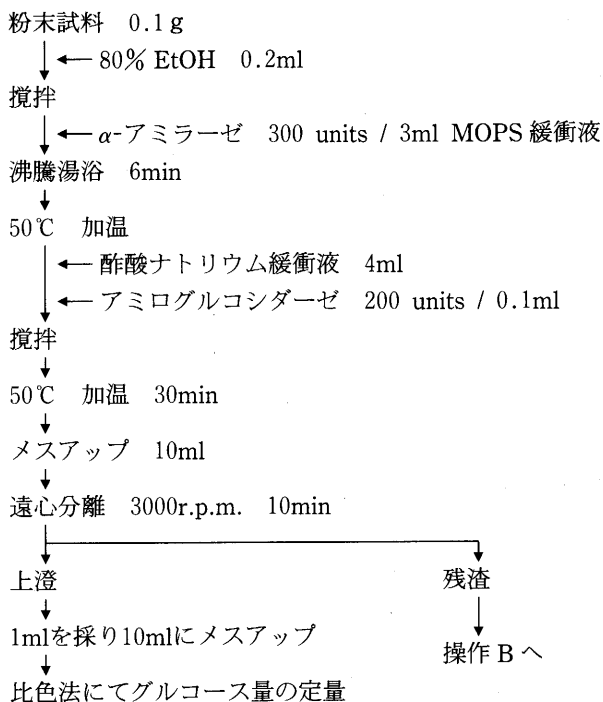


図1 操作 A

ての炊飯器において、24hr試料が、0 hr試料に比較して低い値を示した。米に存在する総デンプン量は、老化によって変化するものではないため、操作上のミスか、あるいはキットに提示されている分析法に検討の余地があることが示唆された。

RS 量 (%) は表 2 に示した。24時間の冷蔵保存

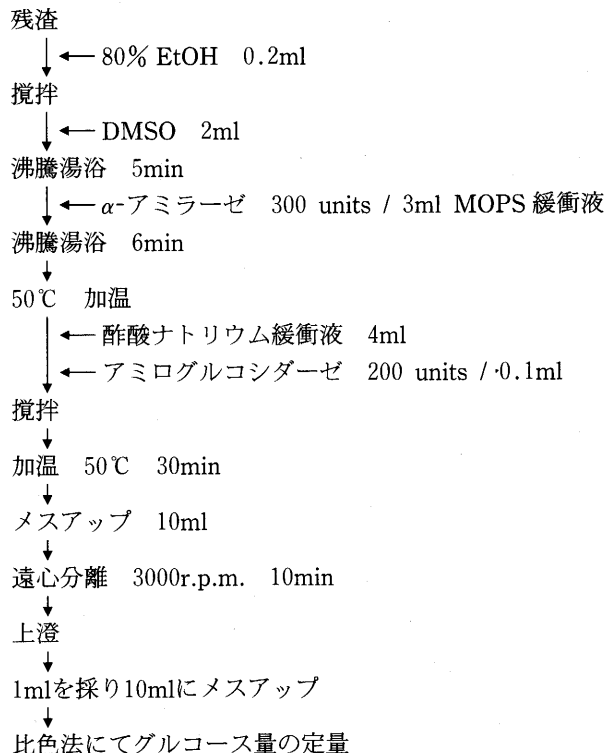


図2 操作 B

により、老化が進むため、総じて RS 量は増加し、0 hr試料では平均2.3±0.2%であったものが、24hr試料で2.6±0.4%となった。

米飯中 RS/TS (%) は表 3 に示した。実験値をもとに TS 量に対する RS 量の比をとると、24時間冷蔵保存により RS 比率が明らかに増加しているこ

表1 米粉中 TS 量 (%)

	電気炊飯器	IH 式炊飯器	高温スチーム IH 式	電気圧力	圧力 IH	平均
0 hr	81.6±4.2	84.2±1.7	81.8±2.0	81.0±7.0	79.1±5.8	81.5±1.8
24hr	75.6±5.5	83.8±4.8	78.9±6.2	80.2±6.5	74.7±9.8	78.6±3.7

表2 米粉中 RS 量 (%)

	電気炊飯器	IH 式炊飯器	高温スチーム IH 式	電気圧力	圧力 IH	平均
0 hr	2.5±1.1	2.2±0.6	2.2±0.8	2.4±0.4	2.0±0.1	2.3±0.2
24hr	2.4±0.7	2.9±0.5	2.5±0.6	3.2±0.9	2.1±0.2	2.6±0.4

表3 米飯中 RS/TS (%)

	電気炊飯器	IH 式炊飯器	高温スチーム IH 式	電気圧力	圧力 IH	平均
0 hr	3.1±1.5	2.6±0.7	2.7±0.9	3.0±0.7	2.5±0.2	2.8±0.2
24hr	3.2±0.7	3.5±0.8	3.1±0.6	4.0±1.0	2.8±0.6	3.3±0.4

とがわかった。一般に、炊飯時によく糊化された米は冷蔵保存しても糊化度が高いといわれており、RS/TS比が小さく、かつこの変化の小さい方がよく糊化された飯と判断される。今回の実験値だけで判断すれば、圧力IH式炊飯器および、高温スチームIH式炊飯器で炊いた飯はRS比、その変化量ともに小さく、すなわちよく糊化された飯であり、一方、電気圧力鍋で炊いた飯はRS比、その変化量ともに大きく、すなわち糊化が充分でなかったと判断できよう。

考 察

1. 分析方法に検討の余地はあるか？

今回、すべての炊飯器で、0 hr試料に比べ24hr試料のTS量が低かったことについては、酵素の作用時間などについて、検討の余地があると考えられる。TS量は、米のデンプンをすべて加水分解してグルコース単位にし、このグルコース量を比色定量するものである。従来⁴⁾のEnglyst法では、DMSOで100℃、60分加熱することにより、デンプンを分散させるが、本法では沸騰湯浴5分であった。また、酵素反応時間についても、従来は α -アミラーゼ(α -1,4加水分解酵素)とプルラーゼ(α -1,6枝切り酵素)を42℃で16時間作用させることによりグルコースを得ているのに対し、このキットでは、耐熱性 α -アミラーゼを沸騰湯浴中で6分、ついでアミログロシダーゼ(α -1,4および α -1,6切断酵素)を50℃、30分とかなり短縮されている。24時間冷蔵保存試料に対しては、デンプンの分散、酵素反応時間ともに充分でなかった可能性も考えられる。米飯のRSについては世界規模では関心も低く、報告もほとんどないため、今後の検討課題である。

2. 炊飯器の違いによるRS量の差は見られたか？

炊飯直後の米飯試料中のRS/TSを見ると、電気炊飯器ではRS比が高く、圧力IH式炊飯器でRS比が低い結果となり、この2種の間には違いがあると考えられた。IH(Induction Heating; 電磁誘導加熱)では、磁力線によって内鍋に発生する渦電流が内鍋自体を発熱させる。そのことにより、高い熱効率で

得られるため、炊飯に適しており、現在の炊飯器の主流である。0 hr試料のRS比はIH機能のついた3種の炊飯器で低い傾向があり、このデータからも、IHが炊飯に適していることが確認された。一方、24時間後の結果からは電気圧力鍋でRS比が高く、また、0 hrからの変化量も大きいことから、糊化が充分でない飯であることが考えられた。

以上の2つの点からRS比の大きさ(小ささ)に影響を及ぼす因子として、温度と圧力が考えられた。

温度による影響では、電気炊飯器では蒸らし温度を100℃から降下させて行うが、IH式炊飯器では蒸らし温度を100℃に維持して行うことができる。さらに、高温スチームIH式炊飯器では、蒸らし時に温度がかかりにくい米飯表面に、130℃の蒸気がかかることによって、釜肌だけでなく飯全体を高い温度に維持することができる。このことが、米飯のRS量に影響を及ぼしたと考えられた。

圧力による影響は、圧力IH式炊飯器では炊き上げ時に1.2気圧をかけて、105℃で炊き上げる。電気圧力鍋では1.6気圧、113℃となる。圧力をかけ、水を細胞内部まで浸透させ、高温で炊き上げるという方法から、圧力や温度の高い電気圧力鍋でRSが小さくなることが予想されるが、電気圧力鍋では24時間冷蔵保存によるRS/TSの変化量が最も大きくなってしまった。圧力が高いため、米のデンプン細胞が破壊され、デンプンが流出したのではないかと考えられた。これが、飯の表面を覆うように糊化し、24時間の冷蔵保存により容易に老化したのではないかと推察された。

3. RSは米の栄養価に影響を及ぼすか？

食品中のRS含量は、白パン、全粒粉のパンで約1%、スパゲティで4~5%といわれている⁵⁾。今回、米飯中のRS量が2~3%であったことは、パンよりはRS量が多いことを示している。Englyst法の考え方では、RSを食物繊維に含めないことから、米は食物繊維量の極端に少ない食品とされている。一方、我が国で食物繊維の分析法として採用されているProskey法(変法)では、RSも含むことになるが、現実にはRSを正確に測定でき

ていないという問題があり、米の食物繊維量は白パンと同等とされている。RS がヒトの消化酵素の作用を免れ、大腸に達し、本稿冒頭に記述したような食物繊維様の作用を発揮するとすれば、米中の RS 定量は非常に有意義なものとなるであろう。

RS には 3 つのタイプがあるとされ⁵⁾、1 つ目はデンプン性食品のマトリクス中に組み込まれ、酵素が物理的に結合不可能な形のもの (RS1)、2 つ目は生デンプン (RS2)、3 つ目は老化デンプン (RS3) である。米は水に浸漬させ、デンプンを膨潤させ、熱を加えて糊化させて食用とする。炊飯直後の米の RS は RS1 もしくは水による膨潤と糊化が十分でない RS2 であると考えられ、24 時間冷蔵保存により増加した RS は RS3 であると考えられる。このように、RS のどの画分を測定するかによって、数値も異なり、条件設定が難しいため、今後、さらなる検討が必要であろう。

以上のように、米飯中の RS 量は、炊飯器の加熱の方法や加圧の強さによって、差が生じることが明らかとなった。今後は、米飯中のデンプンと RS の関係について、炊飯器の特性が与える影響や、冷蔵保存による変化、さらには咀嚼による変化などの検討も加え、米の RS がヒトの栄養に及ぼす影響について明らかにしたいと考える。

要 約

米飯中の RS がヒトの栄養に及ぼす影響について検討する第一歩として、5 種類の炊飯器を用いて米飯中の RS 量の比較を行った。米飯の RS はパンのそれよりも高い値を示した。米飯中の RS 量は炊飯器の加熱、加圧特性によって影響を受け、変化することが明らかとなった。IH 式炊飯器のように高温を維持できるもの、釜肌からの加熱だけではなく、炊き上がった米飯表面にも高温スチームによる加温ができるもの、さらに加圧の場合には 1.6 気圧よりも 1.2 気圧のもので RS 量が小さかった。これらの条件はまた、24 時間冷蔵保存した場合にも RS 量の変化が小さかった。

以上のことから、炊飯器の加熱、加圧特性の違い

によって、米飯中の RS 量に差が生じることが明らかとなった。

参考文献

- 1) 科学技術庁資源調査会, 5 訂日本食品標準成分表
- 2) Englyst H.N., Wiggings H.S. and Cummings J.H.: Determination of the non-starch polysaccharides in plant foods by gas-liquid chromatography of constituent sugars as alditol acetates. *Analyst*, **107**, 307-318 (1982).
- 3) Prosky L., Asp N-G., Furda I., Devries J.W., Schweizer T.F. and Harland B.F.: Determination of total dietary fiber in foods and food products: collaborative study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, **68**, 677-679 (1985).
- 4) Englyst H.N. and Cummings J.H.: Improved method for measurement of dietary fiber as non-starch polysaccharides in plant foods. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, **71**, 808-814 (1988).
- 5) Englyst H.N., Kingman S.M. and Cummings J.H.: Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *Euro. J. Clin. Nutr.*, **46**, 33-50 (1992).

(しみず ふみこ	生活機構研究科生活機構学専攻 3 年)
(いとう ひとみ	平成 16 年度生活科学科卒業生)
(さとう あやか	平成 16 年度生活科学科卒業生)
(おがわ むつみ	生活科学科)