

【研究ノート】

米飯，食パン，レトルト米飯の レジスタントスターチの定量

阿曾かずき・岩田宏美・清水史子・小川睦美

Determination of Resistant Starch Content in Boiled Rice, Bread, and Retort Rice

Kazuki ASO, Hiromi IWATA, Fumiko SHIMIZU and Mutsumi OGAWA

In order to examine and compare the content of resistant starch (RS) under different conditions, the amount of non-starch polysaccharides (NSP) in boiled rice (A. boiled, B. boiled and frozen and defrosted), purchased bread (A. just after purchase, B. frozen and defrosted), and retort rice (A. microwaved, B. microwaved and frozen and defrosted) were measured using the Englyst method.

The results were as follows:

There was no difference in the content of NSP in the boiled rice A and B. The amount of NSP content in the purchased bread A was lower than that in the purchased bread B. Therefore, we could not calculate the amount of RS. The NSP content of the retort rice B was higher than that of the retort rice A. The RS content of the retort rice was 1.0 ± 0.8 (g/100 g). The NSP content of the purchased bread was significantly higher than that of the boiled rice and retort rice.

Key words: resistant starch (レジスタントスターチ), boiled rice (米飯), retort rice (レトルト米飯)

【緒 言】

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、抵抗性澱粉 (Resistant Starch: RS) と命名した。RS を食物繊維に含めるか否かは国によって、また研究者によって様々であるが、Englyst 法では、食物繊維の分析対象を非澱粉性多糖類 (non-starch polysaccharides: NSP) に限定している。化学的立場からデンプンの構造を持つものは難消化性物質であっても、その構造からデンプンであるとし、食物繊維には含めないとしているためである^{1), 2)}。

RS についての研究は、ジャガイモ及び小麦等のデンプン及びその製品に限定され、米及び米加工品に関する研究が少ない。そこで本研究では、炊飯米、

食パン、レトルト米飯についての調理方法及び保存条件の違いによる RS 含量の変化を Englyst 法によって定量し、比較検討を行った。

【方 法】

(1) 試料調製

試料として、国産うるち米、食パン、レトルト米飯を用いた。この3種について冷凍解凍処理を施さないもの (以下非冷凍解凍群) と、冷凍解凍処理を施したもの (以下冷凍解凍群) を調製し、分析に供した。

国産うるち米は平成13年度産こしひかりを用いた。米3合 (450 g) を洗米後、重量比で1.5倍の水を加え、30分浸漬吸水後、炊飯器 (ナショナル SR-VTM 10) で炊飯した。炊き上がり後、飯台に移し、ぬれ布巾をかけ放冷した。非冷凍解凍群は30 g を秤量し直ちに分析に供した。冷凍解凍群は100 g ず

つ精秤し、解凍時の加熱ムラを軽減させるため円盤状に成型した後、冷凍保存用バッグ（ジップロック フリーザーバッグ 旭化成工業株式会社）にいれ、 -20°C の冷凍庫にて、保存した。

食パンは、超熟 6 枚切り（敷島製パン）を用いた。

非冷凍解凍群は、食パンの各辺の midpoint を定規で測り、4 分の 1 の大きさになるように十字にカットしたもの、1 切れ（約 16 g）を精秤し直ちに分析に供した。冷凍解凍群食パンは 1 枚ずつ前述の冷凍保存用バッグにいれ、 -20°C の冷凍庫にて、冷凍保存した。

レトルト米飯は包装米飯（東洋水産株式会社 白飯）を用いた。前述の電子レンジ加熱を 700 W で 1 分 40 秒行い、飯台に移し、ぬれ布巾をかけ放冷した。以後の調整は、炊飯米と同様に行った。

冷凍解凍群はいずれも 4 日間冷凍保存の後、解凍操作を行った。これを計 4 回繰り返し、試料調製に 16 日間を要した。解凍操作は、電子レンジ（ナショナル電子レンジ NE-1401 F）を用い、米飯は 700 W で 1 分加熱後裏返し、さらに 30 秒加熱した。食パンは 260 W で 10 秒加熱後裏返し、さらに 10 秒加熱した。この操作を繰り返し、計 40 秒加熱した。

（2） NSP の定量

（1）で採取した全ての試料は、NSP 測定の前に脱水・脱脂を行った。脱水は、80% メタノール溶液を試料の 5 倍量加え、乳鉢で磨砕し減圧濾過を行った。次いで、試料の 5 倍量のクロロホルム：メタノール（2：1, v/v）混液中に試料を入れ攪拌し、2 時間放置することで脱脂後、減圧で濾過した。残渣をクロロホルム：メタノール混液で洗浄後、バットに広げて乾燥し、収量を測定後、NSP 定量を行った。

NSP 定量は Englyst 法を用いた。試料 100 mg を遠沈管内に秤量し、ジメチルスルホキシド（dimethylsulfoxide: DMSO）を 1 ml 加え沸騰湯浴中で 60 分加熱しデンプンの可溶化を行った後、0.1 M 酢酸緩衝液（pH 5.2）4 ml を加えて、室温で 2 分タッチミキサーにて攪拌した。次にインキュベーター中にて 42°C で 2-3 分予備加温し、順次、 α -アミラーゼ（パンクレアチン）溶液 0.25 ml、ブルラナーゼ溶液 0.05 ml を加え、攪拌後 42°C にて 16 時間

インキュベーションを行った。その後エタノール 20 ml を加え、60 分室温にて放置後、遠心分離（ $1500\text{ g}\times 10\text{ 分}$ ）により残渣を得た。この残渣を 85% エタノール（50 ml \times 2 回）、アセトン（40 ml \times 1 回）にて順次脱水・洗浄を行った。続いて 12 M 硫酸を 2 ml 加え、 35°C にて 60 分放置後、水 11 ml を加え、沸騰湯浴中にて 2 時間加熱した。加熱後、一定量にメスアップし、比色定量を行った。

標準糖液はアラビノース 0.3 g、キシロース 0.4 g、グルコース 0.3 g を採取し、半飽和安息香酸溶液 100 ml に溶解し調製した。これを適宜希釈し、半飽和安息香酸溶液 1 ml 中に各々 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 2.0 mg の糖が入った溶液を準備した。これらは、2 M 硫酸で 1：1（v/v）に使用直前に希釈し、検量線作成に用いた。ジニトロサリチル酸溶液は、3, 5-ジニトロサリチル酸 5 g、水酸化ナトリウム 8 g、酒石酸ナトリウムカリウム四水和物（ロッシェル塩）150 g を水に溶解して 1 l とし、暗所に 2 日以上放置した後使用した。

ブランクは半飽和安息香酸と 2 M 硫酸を 1：1（v/v）の割合で混合したものとした。ブランクと検量線用糖液を、0.5 ml ずつ試験管に採取し、グルコース水溶液 0.5 mg/ml を 0.25 ml, 3.9 M 水酸化ナトリウム水溶液 0.25 ml を加え攪拌した。さらに、ジニトロサリチル酸溶液を 1 ml 加えて攪拌し、沸騰湯浴中にて 10 分加熱した。加熱後、15 分水中で冷却し、水 10 ml を加え攪拌した。これを、分光光度計（HITACHI, U-2000 形ダブルビーム分光光度計）にて、530 nm における吸光度を測定した。この測定値を用いて、1 次回帰式により検量線を作成した。これと同様の方法で、試料の吸光度を測定し、検量線をもとに NSP 量を求めた。さらに、冷凍解凍群の NSP 量から非冷凍解凍群のそれを引いた差を RS 量とした。

【結 果】

Englyst 法による各試料 100 g 当たりの NSP 量を図 1 に示した。米飯は、非冷凍解凍群は $7.8\pm 0.8\text{ g}$ 、冷凍解凍群は $7.8\pm 0.6\text{ g}$ と変化はなかった。食パンは、非冷凍解凍群は $12.5\pm 2.7\text{ g}$ 、冷凍解凍群は

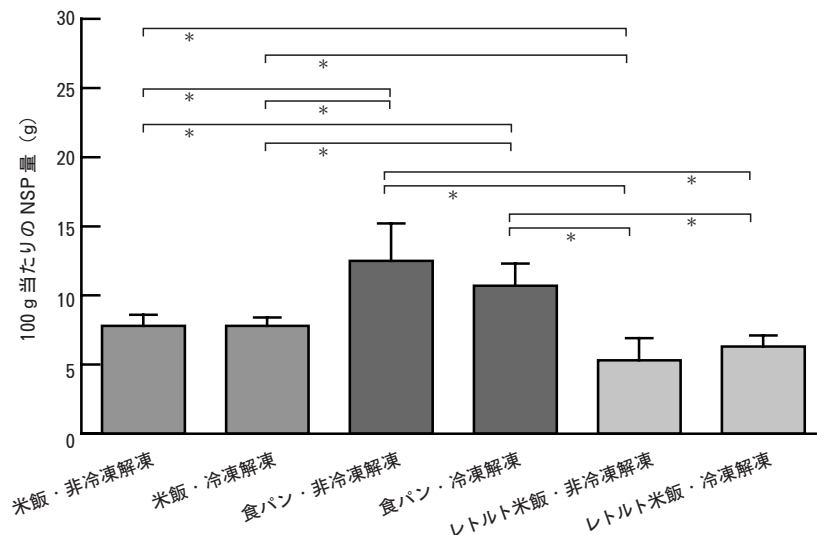


図1 各試料 100 g 当たりの NSP 量
 平均値±標準偏差. n=12. *p<0.05

10.7±1.6 g と、冷凍解凍群が低値を示した。レトルト米飯は、非冷凍解凍群は 5.3±1.6 g、冷凍解凍群は 6.3±0.8 g と、冷凍解凍群が高値を示した。どの試料においても非冷凍解凍群、冷凍解凍群の間に有意差はみられなかった。また、食パンの非冷凍解凍群、冷凍解凍群ともに、米飯、レトルト米飯の両群と比較して有意に NSP 量が高値を示した。また、非冷凍解凍群の米飯とレトルト米飯を比較し、米飯の方が有意に高値を示した。

NSP 量より算出する RS 量は、米飯では NSP 量が非冷凍解凍群と冷凍解凍群がほぼ同値のため、また、食パンでは冷凍解凍群が非冷凍解凍群より低値を示したため算出することができなかった。レトルト米飯は、RS 量が 1.0±0.8 (g/100 g) であった。

【考 察】

RS は現在、Englyst らによって物理的・化学的性質上から、3 つに分類されている。RS 1 はデンプン性食品中のマトリックス構造中に物理的に包み込まれているデンプン粒子を指す。RS 2 はデンプン粒子の X 線解析による結晶構造から、デンプン粒の種類によって分類される。RS 3 は、糊化デンプンの放置冷却により形成される老化デンプンである¹⁾。

本研究の RS の定量実験では、この糊化デンプンの放置冷却により形成される老化デンプンである

RS 3 に注目した。RS 3 は冷凍解凍による NSP の増加量として算出される。

レトルト米飯の NSP 量は、有意差は認められなかったものの、冷凍解凍群で非冷凍解凍群よりも高値を示し、非冷凍解凍群の米飯とレトルト米飯を比較すると、米飯の方が有意に高値を示した。食糧庁加工食品課によると、レトルト米飯とは、「調理加工した半米飯類を気密性のある包装容器または成形袋に入れて密封した後、加圧し、100℃ 以上で殺菌したもの」³⁾とある。レトルト米飯は、炊き上がりから製品となり流通後食卓にのるまでの時間が長いので炊飯米よりも老化がかなり進行しているのではないかと考えていた。しかし、レトルト米飯には米飯の老化を防止するためにトレハロースが添加されていた。レトルト米飯の NSP 量が低かったのは、このトレハロースの添加によりデンプンの老化が抑制されていたものと考えられる。

米飯の NSP 量は非冷凍解凍群と冷凍解凍群の差はなく、食パンでは冷凍解凍群が低値を示したため、米飯と食パンの RS 量を算出することができなかった。NSP 量は、冷凍、解凍、再加熱等の調理加工を繰り返すことによって増加するという Englyst らの報告に反する結果が得られたが、この理由としては以下のようなことが考察された。

本研究の RS 定量実験の試料調製の解凍操作において、より「家庭で食べる」という状況に近づける

ため電子レンジを使用した。しかし、電子レンジを使用した試料の解凍は、老化しやすい温度帯を最短時間で通過するような設定であり、デンプンの老化を十分に促すものではなかった。再加熱したことで、デンプンが糊化したということも、NSP 量が増加しなかったことの一因として考えられる。さらに、食パンの冷凍解凍群の NSP 量が低下したことについては、非冷凍解凍食パンにすでに老化が起っていたのではないかと考えられた。すなわち、食パンが工場で製造され、店頭に並ぶまでに時間を要しているため、老化デンプンが生成され、これを冷凍解凍群に電子レンジ加熱することで糊化が生じ、NSP 量が低下したのではないかと考えられた。

Englyst らの実験では、ジャガイモを 20 分ゆでた後 0℃ で 2 時間放置し、さらに、-25℃ で 72 時間冷凍を行った試料で NSP 量の増加がみられている⁴⁾。これは冷凍前の 0℃ 放置の影響による NSP 量の増加ではないかと考えられる。実際に食す状況の考慮は重要であるが、デンプン科学の基礎データを収集する上では、試料が老化しやすい温度帯である 0℃ 前後の通過時間を長く保持するような条件設定、すなわち自然解凍が必要であった。

また、今回の実験では、試料調製時の各段階の重量変化については記録をとっていなかった。そのため、水分変化についての考慮が出来ず、おそらくこのことがデータにも影響を与えていると考えられた。

本実験の RS の定量は、試料を粉体にしてから定量に供しているため、粒体としての RS 1 を捕らえることはできなかった。今後は、定量実験で RS 1 の測定方法を検討し、粒体としての RS を含めて捕らえることが重要であると考えられる。

【要 約】

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、抵抗性澱粉 (Resistant Starch: RS) と命名した。Englyst 法では、食物繊維の分析対象を非澱粉性多糖類 (non-starch polysaccharides: NSP) に限定している。RS についての研究は、ジャガイモ及び小麦等のデンプン及びその製品に限定され、

米及び米加工品に関する研究が少ない。そこで本研究では、炊飯米、食パン、レトルト米飯についての調理方法及び保存条件の違いによる RS 含量の変化を Englyst 法によって定量し、比較検討を行った。

米飯、食パン、レトルト米飯についての冷凍解凍処理を施したものと施さないものを試料とし、Englyst 法を用いて RS の定量を行った。NSP 量は、米飯は、両群の間に差はみられず、食パンは、冷凍解凍群の方が非冷凍解凍群よりも低い値を示した。このため RS 量を算出することができなかった。レトルト米飯は、非冷凍解凍群より冷凍解凍群の方が高値を示し、RS 量が 1.0 ± 0.8 (g/100 g) であった。食パンの両群ともに、米飯、レトルト米飯の両群のいずれに対しても有意に NSP 量が高い値を示した。また、非冷凍解凍群の米飯とレトルト米飯を比較し、米飯の方が有意に高値を示した。

米飯、食パンの NSP 量が冷凍解凍群より非冷凍解凍群の方が高値を示したことについて、測定方法の見直しが必要であると考えられた。本実験ではデンプン性食品の構造上、密度の高い粒体中 RS と、それを物理的に粉碎し表面積を上げた粉体中 RS との差を捕らえることはできなかった。よって、今後は粒体中の RS を含めて捕らえる方法を検討することが重要課題である。

【参考文献】

- 1) 印南敏 桐山修八; 改訂新版 食物繊維 第一版 株式会社 1995
- 2) 森文平; 食物繊維の定量法—その定義との関係を巡って— 日本食物繊維研究会誌 Vol. 3 No. 1 1999
- 3) 石谷孝佑; 地域資源活用 食品加工総論 農山漁村文化協会 1999
- 4) H. Englyst, H. S. Wiggins and J. H. Cummings; Determination of the non-starch polysaccharides in plant foods by gas-liquid chromatography of constituent sugars as alditol acetates. Analyst. 1982, Vol. 107, 307-318

(あそ かずき 生活科学科)

(いわた ひろみ 平成 14 年度生活科学科卒業生)

(しみず ふみこ 生活科学科)

(おがわ むつみ 生活機構研究科)