

発芽玄米の咀嚼による消化性

The Digestibility of Pre-germinated Brown Rice by Mastication

奈良 一寛*・斎藤 安弘**・斎藤 正実**・加藤 陽治*

Kazuhiro NARA*, Yasuhiro SAITO**, Masami SAITOU**, and Yoji KATO*

論文要旨

被験者6人(男性3名、女性3名)により、発芽玄米製品2種(粉末および飯粒)それぞれの咀嚼試験による消化性の違いについて検討した。粉末および飯粒における咀嚼0回の水溶性画分の全糖量は、それぞれ約0.59gおよび約0.04gであり、粉末では飯粒に比べ可溶性化する糖が非常に多いことが認められた。また、ゲルろ過クロマトグラフィーの結果から、粉末の咀嚼0回における水溶性画分には単糖およびオリゴ糖はほとんど含まれず、多く(約96%)は多糖であることが示唆された。咀嚼30回では、粉末および飯粒ともに咀嚼0回に比べ水溶性画分の全糖量がそれぞれ約1.3倍および約12.5倍と増加したが、飯粒の咀嚼回数30回の全糖量は粉末の0回に比べて少なかった。

単糖およびオリゴ糖の分析では、粉末および飯粒の咀嚼回数5および30回ではグルコース(G)、マルトース(G2)およびマルトトリオース(G3)が多くを占め、粉末および飯粒、咀嚼回数に関わらず、その組成比はGが約6～10%、G2が約66～69%、G3が約20～28%となっていた。

キーワード：発芽玄米、咀嚼、消化、水溶性画分

1. 緒言

玄米は稲を収穫したあと、外側の硬い籾殻だけを取り除いたものであり、普段私たちが食べている白米は、玄米から胚芽・ヌカを取り除き、胚乳だけにした状態のものである。本来、米の貴重な栄養素は、ヌカや胚芽の方がはるかに高くなっているため、白米は非常に食べやすいものの、栄養分を取り去られてしまった状態であることから米そのものの栄養分を得られないという欠点がある。一方、玄米では大部分の栄養が残っているが、「硬い」「消化が悪い」などの欠点がある。このような玄米と白米の欠点を克服した米が「発芽玄米」として知られている。

発芽玄米は、玄米を水につけ、0.5～1.0mmほど発芽させた状態のものを言い、発芽現象によって玄米の中に眠っていた酵素が活性化されることで玄米内部に劇的な変化をもたらす、もとの玄米に比べるとはるかに栄養価が高く、機能的にも優れ¹⁻⁴⁾、消化吸収にも良いというのが特徴である。発芽玄米の栄養成分としては、血圧降下作用をはじめ、腎・肝機能改善作用、精神安定作用など様々

な効果を持つことで知られているγ-アミノ酪酸(GABA)が特に豊富であり、結石やガン予防に役立つといわれているIP6や自律神経失調症や更年期障害の緩和に期待できるオリザノールも豊富であるとされる。その他、食物繊維、ミネラル、ビタミンE、ビタミンB1、栄養機能が高いイノシトール、フェルラ酸なども含まれている。最近では、発芽玄米の栄養そのままを活かし、さらに簡便性ということも考え、粉末化することで、さまざまな食材用途や健康食品として利用されることもある。

これまで、食物の物理的性状と咀嚼活動の関連について検討されており、咀嚼活動は食物の粉碎と同時に唾液の分泌を亢進させ、特にデンプン性食品の消化には深く関わっていることが報告されている⁵⁾。また、物理的性状が異なることで、インスリン分泌反応などに相違が見られることが米食で明らかとなっており、発芽玄米とその粉末においても物理的性状が異なるため白米同様に生体反応に異なる作用を示すと考えられる。そこで本研究では、咀嚼と関連深いデンプンの消化に焦点を

* 弘前大学教育学部家政学科教室

Department of Home Economics, Faculty of Education, Hirosaki University

** (株)総合健康開発研究所

Institute of General Health Development Co., Ltd.

当て、物理的性状の異なる発芽玄米飯粒と発芽玄米粉末を用いて、咀嚼における単糖およびオリゴ糖の変化について検討した。

2. 実験方法

1) 供試材料

発芽玄米粉末（粉末、国内A社製）と発芽玄米飯粒（飯粒、国内B社製）を実験に供した。飯粒は添付説明書の記載通り電子レンジで温めたものを用いた。

2) 粉末および飯粒の全糖量の測定

粉末（約10mg）および飯粒（約50mg）をそれぞれ栓付き試験管にとり、72%硫酸に懸濁、ソニックバスにて1時間処理し溶解した。その後、硫酸濃度が1.5Mになるように蒸留水で希釈し、100°Cで2時間加水分解した。加水分解物は遠心操作（3000rpm×30分）により不溶物を除去し、遠心上清の一部をとり、フェノール・硫酸法⁶⁾にて全糖量（グルコース相当量として）を求めた。

3) 咀嚼試験

本試験は男性3名、女性3名のボランティアを被験者とした。咀嚼試験には粉末および飯粒をそれぞれ全糖量で約1.0g相当量を用いた。また、飯粒を凍結乾燥後、乾燥重量の測定を行ったところ1gあたり0.353gであったことから、粉末においては飯粒と同程度の水分含量となるように約2.5mlの水を口に加え、柳沢ら⁵⁾の方法に準じて咀嚼試験を行うこととした。

・粉末

一定量の試料とともに飯粒の水分含量と同程度になる様に水（約2.5ml）を口に入れ、一定回数（5、10および30回）咀嚼後、全量を吐き出し、また口腔内に残存する試料を40mlの水を用いて30秒以内に3回に分けて口洗いし回収した。

・飯粒

一定量の試料を口に含んで、粉末と同様に回収した。

なお、咀嚼回数0回は口に入れず、40mlの水を加えたものとした。

4) 消化性の試験

咀嚼試験において回収したそれぞれの試料を37°Cで30分間インキュベート後、熱湯により酵素を失活し、遠心分離（3000rpm×30分）により上清

と沈澱とに分離した。上清は50mlに定容し水溶性画分とした。また沈澱は水不溶性画分とし、凍結乾燥後、乾燥重量を測定した。唾液によって生成した糖を含む水溶性画分の全糖量はフェノール・硫酸法⁶⁾にて測定した。

5) 水溶性画分における糖分析

5-1) 分子量分布

粉末の咀嚼回数0および30回、さらには飯粒の咀嚼回数30回の水溶性画分（グルコース相当量で約5mg）をあらかじめ蒸留水で平衡化しておいたBio-Gel P-2のガラスカラム（1.5×26cm）にのせ、蒸留水で溶出した。溶出液は1.0mlずつ集め、その中から一定量を取り、フェノール・硫酸法⁶⁾にて糖量を測定した。なお、飯粒の咀嚼回数0回においては全糖量が少ないことから測定は行わなかった。

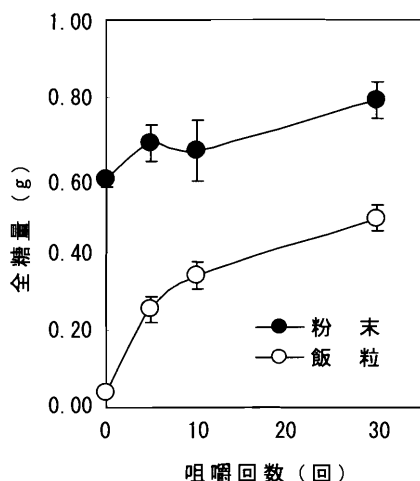
5-2) 単糖およびオリゴ糖の分析

単糖およびオリゴ糖の分析はパルスドアンペロメトリー検出付きの日本ダイオネクス社のイオンクロマトDX-300による陰イオン交換クロマトグラフィードで行った。分離カラムはCarboPac PA1をガードカラムにCarboPac PA1 GUARDを用いた。分析には溶離液A（100mM水酸化ナトリウム）と溶離液B（100mM水酸化ナトリウム/500mM酢酸ナトリウム）を用い、酢酸ナトリウムの濃度勾配（0～20分、0%～16%）による溶出を1.0ml/分の流速で行った⁷⁾。なお、50mlに定容したものから粉末は1μl相当量を、飯粒は2.5μl相当量を注入し、グルコース（G）、マルトース（G2）およびマルトトリオース（G3）のピーク面積を比較した。

3. 結果および考察

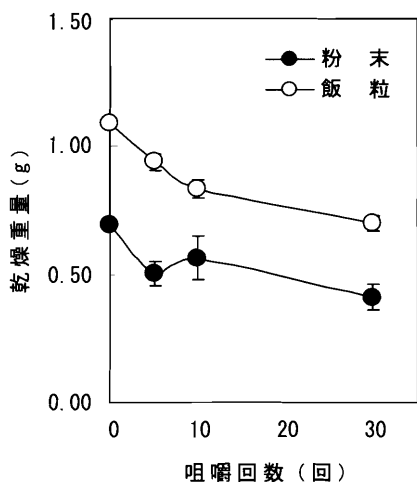
粉末および飯粒におけるそれぞれの全糖量を測定したところ、粉末では1g当たり0.765gであり、飯粒では1g当たり0.305gであった。そこで咀嚼試験では全糖量が約1.0g（グルコース相当量）となるように粉末を1.30g（グルコース相当量で1.00g）、飯粒を3.23g（グルコース相当量で0.99g）を用いて行うこととした。

被験者6人（男性3名、女性3名）の咀嚼回数による水溶性画分の全糖量の変化を第1図に示した。粉末および飯粒における咀嚼回数0回の水溶性画分における全糖量は、それぞれ約0.59gおよび約0.04gであり、咀嚼回数に関わらず粉末では飯粒



第1図 咀嚼回数の違いによる水溶性画分における全糖量の変化

に比べ可溶化する糖が非常に多いことが示唆された。咀嚼回数が増えるとともに全糖量は増加し、咀嚼回数0回と30回における全糖量を比較した時、粉末では約1.3倍増加し、飯粒では約12.5倍と顕著な増加を示した。しかしながら、飯粒の咀嚼回数30回の全糖量は粉末の0回に比べると少なかった。また、水不溶性画分の乾燥重量を測定したところ、咀嚼回数の増加に伴って減少していた(第2図)。



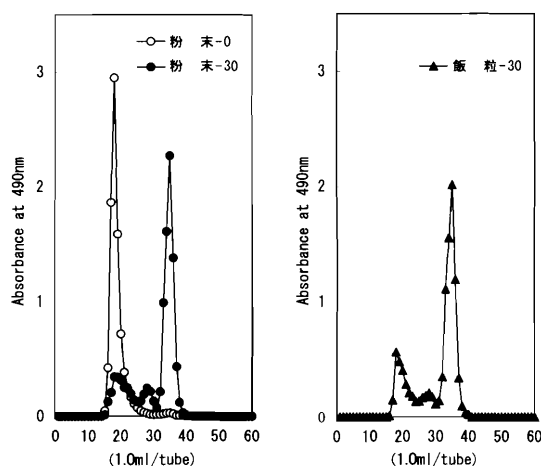
第2図 咀嚼回数の違いによる水不溶性画分の乾燥重量の変化

このことと水溶性画分の全糖量が増加していたことから、唾液によって生成した糖が水溶性画分へと移行していることが明らかとなった。

一方で咀嚼回数30回のを徹底的に分解した場合の水溶性画分における全糖量を測定したところ、粉末では約0.85g、飯粒では約0.83gであった。また、水不溶性画分の乾燥重量は粉末では約0.25g、飯粒では約0.31gであった。このように咀嚼回数30回後、徹底的に処理した場合の水溶性画分におけ

る全糖量およびその時の水不溶性画分の乾燥重量の両者に大きな差異はなかったことから、最終的に消化される糖量は粉末と飯粒には顕著な差異がないことが確認された。これは37°C、30分という条件における消化性の分析では、粉末で約93%、飯粒では約60%が消化されていることを示し、粉末の消化性が飯粒に比べ非常に良いことを示唆していた。

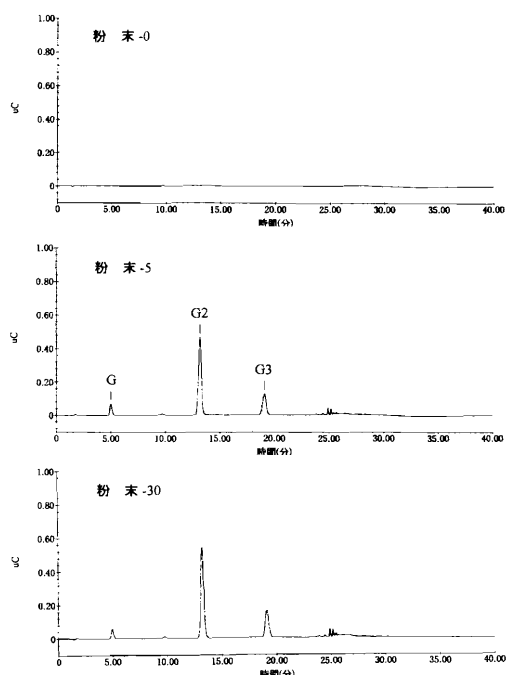
次に粉末の咀嚼回数0および30回、さらには飯粒の咀嚼回数30回の水溶性画分をゲルろ過クロマトグラフィーに供し分子量分布について検討した(第3図)。粉末の咀嚼回数0回では単糖およびオ



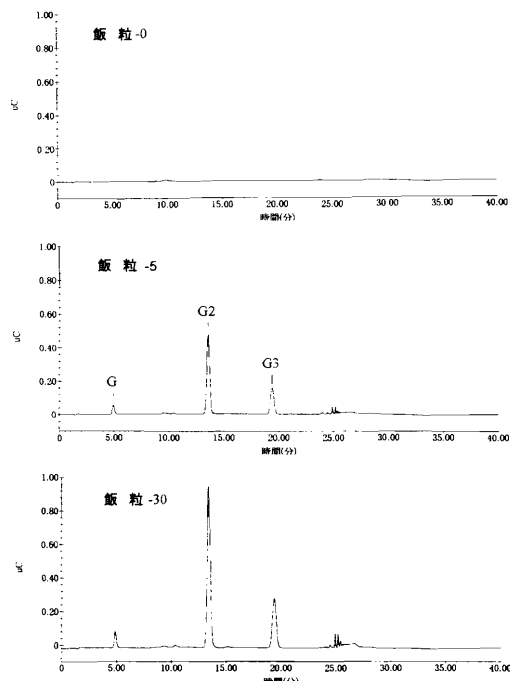
第3図 発芽玄米粉末(咀嚼回数0および30回)と発芽玄米飯粒(咀嚼回数30回)の水溶性画分におけるゲルろ過クロマトグラフィーの溶出パターン

リゴ糖はほとんど含まれていなかった。したがって、粉末において咀嚼無しに可溶化していた糖のほとんどが多糖(ゲルろ過クロマトグラフィーにより約96%)であることが示唆された。一方で粉末の咀嚼回数30回では、単糖およびオリゴ糖が多く(約79%)含まれていることが確認され、飯粒においても約76%と多くを占めていた。

そこで次に、粉末および飯粒の咀嚼回数(0、5および30回)における水溶性画分の単糖およびオリゴ糖を陰イオンクロマトグラフィーにて分析した(第4および5図)。粉末および飯粒の咀嚼回数0回では、ゲルろ過クロマトグラフィーの結果と同様に単糖およびオリゴ糖の存在は認められなかった。しかしながら咀嚼回数5および30回ではグルコース(G)、マルトース(G2)およびマルトトリオース(G3)のピークが認められ、それらが多くを占めていた。粉末および飯粒、咀嚼回数に



第4図 発芽玄米粉末の咀嚼回数(0、5および30回)の違いにおける陰イオンクロマトグラフィーの溶出パターン



第5図 発芽玄米飯粒の咀嚼回数(0、5および30回)の違いにおける陰イオンクロマトグラフィーの溶出パターン

第1表 咀嚼回数5および30回における単糖およびオリゴ糖のピーク面積の平均値

咀嚼回数		G	G2	G3	G+G2+G3
粉 末	5回	$1.5 (\times 10^6)$	$11.2 (\times 10^6)$	$3.6 (\times 10^6)$	$16.3 (\times 10^6)$
	30回	1.3	12.1	4.6	18.0
飯 粒	5回	0.6	8.0	3.5	12.1
	30回	1.4	16.2	6.3	23.9

G: グルコース、G2: マルトース、G3: マルトトリオース

関わらず、その組成比はGが約6~10%、G2が約66~69%、G3が約20~28%となっていた。イオンクロマトグラフィーの分析結果から得られた咀嚼回数5および30回のG、G2およびG3におけるピーク面積の平均値(個体数6)を第1表に示した。咀嚼回数の増加に伴って、単糖およびオリゴ糖の生成量(G+G2+G3)は増加しており、その増加量は粉末で約1.1倍、飯粒で約2.0倍であった。これは水溶性画分における全糖量の増加に非常に良く似た結果であった。

以上のことから、粉末は飯粒に比べ、咀嚼に関わらず水溶性多糖が多く、さらに咀嚼回数が少なくても消化性が非常に良いことが示唆された。これは、飯粒に比べ粉末では物理的に表面積が大きいことが反映しているのだと思われる。本実験により、同じ発芽玄米でも、物理的性状が異なるこ

とで消化性が異なることが明らかになったことから、今後は生体反応への作用についても検討することが必要であると思われる。

引用文献

- 1) Oh CH, Oh SH. Effects of germinated brown rice extracts with enhanced levels of GABA on cancer cell proliferation and apoptosis. *J Med Food*. 7(1), 19-23 (2004)
- 2) Mamiya, T., Asanuma, T., Kise M., Ito Y., Mizukuchi A., Aoto H. and Ukai M.: Effect of pre-germinated brown rice of β -amyloid protein-induced learning and memory deficits in mice. *Biol. Pharm. Bull.*, 27(2), 1041-1045 (2004)
- 3) Hagiwara H., Seki T. and Ariga T.: The effect of pre-germinated brown rice intake on blood glucose and PAI-1 levels in streptozotocin-

- induced diabetic rats. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 68(2), 444-447 (2004)
- 4) Tian S, Nakamura K, Kayahara H. Analysis of Phenolic Compounds in White Rice, Brown Rice, and Germinated Brown Rice. *J Agric Food Chem.* 52(15), 4808-4813 (2004)
- 5) 柳沢幸江：栄養学的見地からの食物物性研究—米飯の物理的性状とヒトの血糖・インスリン分泌反応—、*女子栄養大学紀要*、23、(1992)
- 6) Dubois, M., Gilles., K. A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. and Smith, F.: Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal Chem.*, 28, 350-356 (1956)
- 7) 加藤陽治、斎藤幸子、斎藤博敏：リンゴ果実中のデンプン、*弘前大学教育学部教科教育紀要*、25、13-21 (1997)
- (2004. 7. 30受理)