

「発芽玄米」がラットの血清および肝臓の脂質含量に及ぼす影響

竹内 若子・辻原 命子・垣沼 淳司

Effect of Germinated Brown Rice Intake on the Serum and Liver Lipid Levels of Rats

Wakako TAKEUCHI, Nobuko TSUJIHARA and Atsushi KAKINUMA

緒 言

日本人の最も身近な食品材料である米は、一人当たりの消費は減少傾向にあるが、食味志向性の高まりとともに食味を判断基準とした加工米飯の種類は拡大化し、それをターゲットとした品質管理も行われてきており、従来とは異なった新たな米の食味要因の解明も必須となってきた。最近、玄米を発芽させて米中のデンプン分解酵素の活性を促進化し、その食味を改善し、γ-アミノ酪酸 (GABA) の増大化を図るなど、良食味性などの様々な機能性を付加した「発芽玄米 (マグマ米)」が新しいタイプの米としてその栄養特性ならびに機能性が注目されてきている^{1,2)}。発芽玄米は、玄米を発芽させることによって得られるが、発芽時にデンプンから生成されるグルコースを主体とする各種の遊離糖やオリゴ糖類が食味の改善効果を現すとともに生活習慣病の発症予防にも効果があるとされており³⁾、玄米の持つヌカ臭や食感等の問題点を克服・改善した米の新たな商品として注目されている。しかしながら、機能性が注目される反面、それらの機能性に関する基礎的な分析データは必ずしも十分ではなく、多分にイメージ先行の傾向があることも否めない。また食品科学的見地からすれば、イネ・麦類等のデンプン性種子食品では、デンプン分解酵素群の活性促進化が品質劣化の一要因であることも指摘されており⁴⁾、これまではこのデンプン分解酵素活性の抑制に研究の力点が置かれていた。したがって「発芽玄米」は従来抑制すべきものと見なされていたデンプン分解を積極的に促進させて新たな機能性を付与しようとする発想に基づいて生まれたものであり、このような観点からは、注目に値する新しい食材と言える。著者の1人竹内は、これまでデンプン分解酵素の活性化機構に着目して研究を継続してきたが⁵⁻⁷⁾、今回、実験動物 (ラット) に市販の「発芽玄米」を経口投与し、血清および肝組織中のコレステロール濃度や中性脂肪、遊離脂肪酸組成などを分析することにより、「発芽玄米」由来の成分が血清と肝臓の脂質系に及ぼす影響について調べた。また、実際に発芽玄米を調製し、発芽時に遊離 (生成) する還元糖 (グルコース) の量と食味との関連性をヘッドスペースガス法による「においセンサー」で分析し、検討を加えた。

実験方法

1) 実験試料

発芽玄米として、市販品（ドーマー社製）をミルで粉碎したものをを用いた。

表示されている主な栄養成分は、100g 当たり、タンパク質 5.4g, 脂質 2.2g, 糖質 58.4g, 遊離 γ -アミノ酪酸 10mgであった。

2) 実験動物および飼育方法

実験動物には、日本エスエルシー（株）より入手した5週令の Wistar 系雄ラット（平均体重 120～140g）を用い、対照群（標準粉末飼料投与群）および25%発芽玄米投与群（25% GBR）、50%発芽玄米投与群（50% GBR）の3群（各群3匹）に分け、温度 $23 \pm 1^\circ\text{C}$ 、湿度 $55 \pm 5\%$ で28日間、各群ごとに個別ケージで飼育した。飼料組成は、Table 1に示した。なおコーンスターチ（5%）は、エネルギー量をそろえるために添加した。飲料水、飼料はともに自由摂取とし、飼料摂取量は毎日、体重は3日ごとに測定した。飼育終了後、およそ10時間絶食させ、エーテル麻酔下で肝門脈から採血し、血清を得るとともに、肝臓を摘出し、重量を測定したのち、分析時まで -85°C で凍結保存した。

Table 1 Composition of diet (%)

Ingredient	Control	25%GBR	50%GBR
Germinated drow rice ₁₎	—	25	50
CE-2 ₂₎	100	75	50
Corn starch ₃₎	—	5	—

1) Domer, Co., Nagano

2) Japan Clea, Co., Tokyo

3) Oriental Yeast, Co., Tokyo

3) 血清脂質の定量

血清コレステロール (Chol) は Chol oxidase 法⁸⁾ で、高密度リポタンパク質 (HDL-Chol) はヘパリン-マンガン結合沈殿法⁹⁾ (HDL-コレステロールテストワコー, 和光純薬製キット) で、中性脂肪 (TG) はアセチルアセトン法¹⁰⁾ で定量し、血清中の脂肪酸は、ケン化処理後メチル化し、ガスクロマトグラフィー (Yanaco G 2800) によって分離・定量した。

4) 肝臓脂質の定量

肝臓コレステロールは、クロロホルム:メタノール 2:1 (v/v) 混液で磨砕・抽出後、定容とし、Zak-Henly 法¹¹⁾ で定量した。また中性脂肪は、上記の方法に準じ、測定した。

5) 発芽玄米（低温法・保温法）の調製

新潟産「コシヒカリ」を試料米とし、低温法または保温法により発芽玄米を調製した。

- 低温法: 玄米（あいちのかおりまたはコシヒカリ）を洗米後、20分間水に浸漬させたのち、軽く水をきって密閉容器に入れ、 10°C に24時間放置した。
- 保温法: 玄米（あいちのかおりまたはコシヒカリ）を洗米後、温水に浸漬し、 $32 \sim 35^\circ\text{C}$ で24時間インキュベートして発芽させた。なお、この間3回換水した。

6) 上新粉への還元糖（グルコース）添加による食味嗜好性の調査

平成13年度ならびに平成14年度における卒業研究において、市販（ドーマー製）の発芽玄米から遊離糖（スクロース量）を抽出後、HPLC法で解析した結果、約 1.5mg/g, flour であった。しかしながら、本研究室で調製した発芽玄米（低温法・保温法）では抽出 buffer の pH によっ

て顕著な差が認められた。すなわち酸性(pH 5.0) buffer では 5.0~10.0 mg/g が、pH 7.5下では 6.0~10.0 mg/g という結果であった。このような結果をもとに発芽玄米の代わりに上新粉を用い、これにグルコースを添加(~10mg/g)し、還元糖量が米の食味に及ぼす影響について調べてみた。上新粉(80g)に等量の熱湯を加えて十分に捏ねた。これを等分に分割して丸めて整形し、15分間蒸し上げて団子を調製した。これをパネルメンバーに試食してもらい、グルコースを添加してない対照団子と比較した食味嗜好性の調査を実施した。またあわせて、においセンサー(Fragrance & Flavor Analyzer, 島津製)を用いて分析(武庫川女子大, 升井博士)した。

実験結果および考察

(1) 体重変化と飼料摂取量

飼育期間中の成長曲線は Fig.1に示した。平均体重は対照群 300g, 25% GBR 群 286g, 50% GBR 群 282g で、最終的に試験食群と対照群との間に有意差が見られた。しかしながら、飼育期間を通しての1日当たりの平均飼料摂取量は、対照群、試験食群のいずれにおいてもほとんど差が見られなかった。

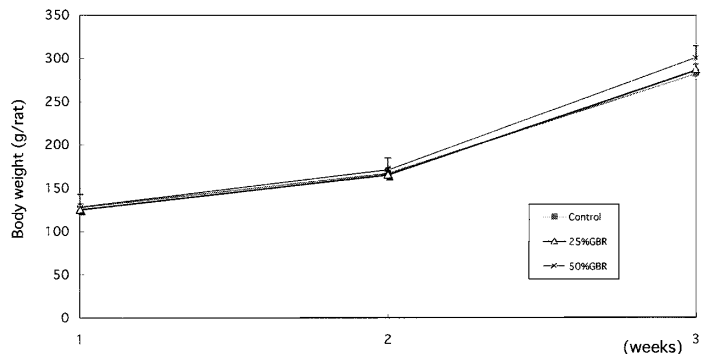


Fig.1 Effect of dietary germinated brown rice on body weight of rats

(2) 血清脂質および肝臓脂質への影響

血清中の Chol および HDL-Chol. 量は Fig.2A に、TG 濃度は Fig.2B に示した。血清総 Chol 量は、平均 50~58mg/dl の範囲内で有意差は見られなかったが、HDL-Chol. 値では、対照群(29mg/dl)に比較し、25%、50% GBR 群でそれぞれ 36 mg/dl, 37 mg/dl と高い傾向が観察された。総 Chol. 値から HDL-Chol. 値を差し引いた低密度リポタンパク質((VLDL + LDL)-Chol

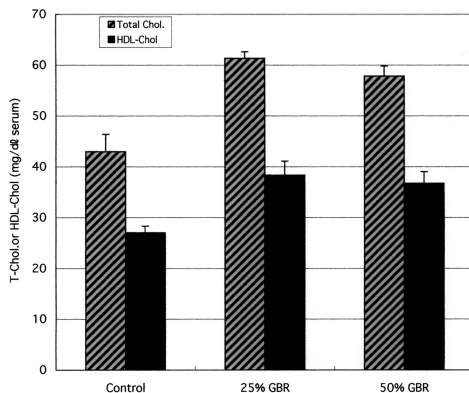


Fig.2-A Effect of the feeding of germinated brown rice on serum total-and HDL-cholesterol levels of a rat

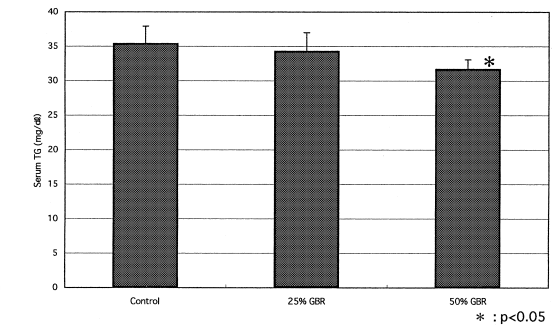


Fig.2-B Effect of the feeding on germinated brown rice on serum triglyceride level of rats

* : p<0.05

値) の HDL-Chol 値に対する比率である動脈硬化指数は, 対照群 (0.74) に比べ, 発芽玄米投与群 (0.50~0.56) で有意な低下が認められた。また, 血清 TG 値でも対照群に比べ, 試験食群で低下傾向が観察されたが統計的な有意差はなかった。ガスクロマトグラフィーにより調べた血清脂質の脂肪酸組成については, 対照群との間に特徴的な差異は認められなかった。一方, 肝臓 Chol 値および肝臓 TG 値 (それぞれ Fig.3, Fig.4) には, 発芽玄米の投与量依存的な傾向が見られ, 50% GBR 群の Chol 値は対照群の約 81% に, TG 値は約 68% にそれぞれ低下した。この変動は, 発芽玄米中の食物繊維ならびにミネラル成分の増加¹²⁾ が体内リポタンパク質のコレステロール代謝への影響を及ぼした結果ではないかと考えられる。また, 血清脂質よりも肝臓脂質の変動が大きかったが, この原因を明らかにするにはさらに種々の条件下での検討が必要であろう。

(3) 上新粉に還元糖 (グルコース) 2~10 mg/g を添加し, パネル数は, 10人/回で3回繰り返し実施した。これより得られた回答をもとにスペアマン解析によってその嗜好性を調べた。その結果, 対照のグルコース無添加に比べ, 添加したグルコース量に依存的に食味上, 優れていると評価される傾向が観察された。中でも 5 mg/g の添加では, 硬さ, 甘さ, おいしさの点から有意 ($p < 0.02$) に食味の嗜好性が高まることが示された。ヘッドスペースガス法によるおいセンサー解析では, グルコース量の増加とともににおいの強度は大

となり, おいの強度, 質の両面で異なる位置関係にプロット (Fig.5) されるという興味深い結果が得られた。これまではにおい (香り) についても, 熟練されたヒトによる官能検査が主

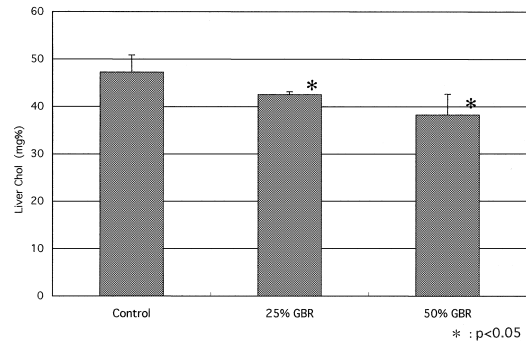


Fig.3 Effect of feeding of germinated brown rice on liver cholesterol level of rat

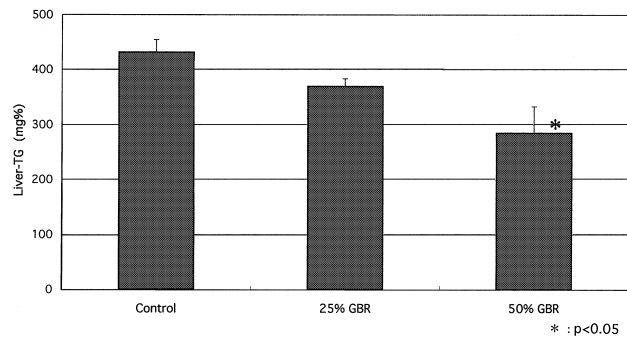


Fig.4 Effect of the feeding on germinated brown rice on liver triglyceride level of rats

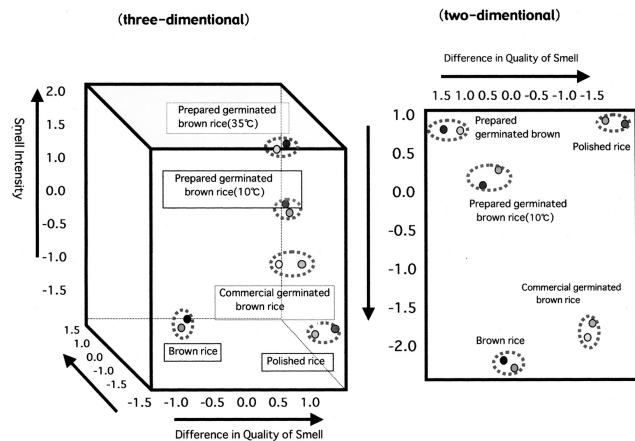


Fig.5 Analysis of the smell by Fragrance and Flavor Analyzer

流であったが、ガス成分の定性・定量分析による客観的な評価が可能となったこともあり、これらのおいしが食味とどのような関わりをもつかについては、今後さらに検討を加えたい。

要 約

Wistar 系雄ラットを用い、市販の発芽玄米を飼料に加えて投与レベルの違いが血清や肝臓の脂質代謝にどのような影響を及ぼすかについて検討した。

その結果、発芽玄米の投与により、

- 1) 血清総 Chol 値には変化は見られなかったが、HDL-Chol 値は対照群に比べて、高くなる傾向が見られた。また肝臓 Chol 値および肝臓 TG 値は、対照群に比べて 20～30%低下した。
- 2) 上新粉へのグルコースの添加量の違いによる食味上の嗜好調査から、グルコース添加量と食味との間に正の相関性が示唆された。
- 3) ヘッドスペースガス法によるにおい解析から、発芽玄米では白米や玄米に比べ、においの強度、質ともに大きな差が認められた。この変化は上新粉へのグルコースの添加によっても起こることが認められた。

謝 辞

本研究の一部は、平成 14年度日本家政学会中部支部第 48回大会（2002年 9月 12日、名古屋女子大）と日本食品科学工学会第 49回大会（2002年 8月 29日、名城大）において口頭発表した。なお、本研究の一部は平成 13年度特別研究助成（家共-4）を受けて行われたものであることを記し、ここに深く感謝の意を表します。

文 献

- 1) 竹生新次郎：米の科学，p115，朝倉書店（1995）
- 2) 横田哲治：食の科学，275巻，（2001）
- 3) 新家 龍，南浦能至，北畑寿美雄，大西正健：糖質の科学，p69，朝倉書店（1996）
- 4) 佐藤暁子：種子のバイオサイエンス，学会出版センター，p260-263（1995）
- 5) Takeuchi W. Masui H. and Yamaguchi J.: Reducing-agents -mediated Solubilization and Activation of Debranching Enzyme (Pullulanase) in Rice Flour, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 63(3), 510-514(1999)
- 6) 竹内若子：「白米デンプン分解酵素のチオレドキシニンによる活性化について」，名古屋女子大紀要（家政・自然編），第 48号，17-23(2002)
- 7) 竹内若子：「白米炊飯時における還元糖生成の分子機構に関する研究」，名古屋女子大紀要（家政・自然編），第 48号，25-33(2002)
- 8) Uwajima, T., Yagi, H. and Terada, O.: *Agric. Biol. Chem.*, 38, 1149-1156(1974)
- 9) Ash. K. O. and Hentschel. W. M.: *Clin. Chem.*, 24, 2180-2184(1978)
- 10) Flecher, M. J.: *Clin. Chim. Acta*, 22, 393-397(1968)
- 11) 上田英雄：臨床検査法，398，杏林書院（1959）
- 12) 川名広子，井原美香，佐藤真澄，有田正信：「発芽玄米摂取による女子大生の血清脂質および脂肪酸組成への影響について」，東京家政大学研究紀要，No.43，33-37(2003)

Summary

We examined the effects of germinated brown rice intake on the lipids of serum and liver, using male Wistar rats. By the administration of germinated brown rice to the rats, the change was not observed on the serum cholesterol value, but the serum HDL-cholesterol level increased remarkably. Moreover, liver cholesterol and liver TG values were lowered by 20~30%.

From investigation of the change of taste addition of glucose to rice flour, a positive correlation was observed between the amount of added glucose and the flavor. From analysis of the smell by the head-spacegas method, germinated brown rice were revealed to generate big in intensity and quality of smell compared to polished rice and brown rice. This change also occurred by the addition of glucose to the rice flour.