

精白赤米の栄養特性

小 川 宣 子, 山 中 な つ み

(岐阜女子大学家政学部)

平成 8 年 5 月 15 日受理

Nutritional Physiology of Polished Akagome,
a Japanese Native Reddish Rice Cultivar

Noriko OGAWA and Natsumi YAMANAKA

Faculty of Home Economics, Gifu Women's University, Gifu 501-25

Male rats were fed on a diet supplemented with 10% rice powder (polished Akagome, a reddish rice, or polished Kinuhikari, a nonglutinous white rice) for 42 days.

No significant difference was observed in the feed efficiency ratio and the relative weight of contents in the digestive organs between the diet supplemented with Akagome and that with nonglutinous white rice. The reducing sugar rate in the feces of the rats fed with Akagome powder was the same that of the rats fed with the nonglutinous white rice powder.

The dietary fiber in polished Akagome was 13.7%, and 7.7% in the polished nonglutinous white rice. The carbohydrate gas released from the dietary fiber prepared from the two rice samples was measured in a batch culture with pig cecal bacteria for 24 h at 1 h intervals. The volume of released gas from the Akagome fiber was higher than that from the nonglutinous white rice fiber, indicating that the fermentation quality was different between the two rice fibers.

(Received May 15, 1996)

Keywords: Akagome 赤米, dietary fiber 食物繊維, relative contents weight of digestive organs 臓器内容物, concentration of cholesterol コレステロール濃度, fermentability 発酵性.

1. 緒 言

現代の食生活において食卓にのぼる頻度が高く、多くの人が食べたいと思う食材は、穀類であっても色彩的に豊かで、多種の料理を作ることができるものが求められる。そこで赤米に着目し、赤米を料理へ利用するために赤米の調理特性¹⁾²⁾を研究し報告してきた。そして圧力鍋を用い、適切な条件で炊飯を行えば、赤米は飯として活用できる食品であることを明らかにした。次に本研究では精白赤米の栄養特性を精白うるち米と比較し、食品としての栄養的価値について検討を行った。

2. 材料および方法

(1) 材 料

平成 3 年 10 月に岐阜市太郎丸で収穫した赤米を試料とした。また、併せて同時期に収穫されたうるち米(恵那産「キヌヒカリ」)を比較として用いた。いずれ

の米も精白歩留り 90% になるように搗精したものを試料とした。赤米を粉碎し、粉末としての利用を考えた時、精白歩留り 90% でも赤米の特色ある色彩を十分生かすことができた。以下の実験で、赤米粉、うるち米粉という時は、通常、この精白赤米、精白うるち米を粉末化したものを指す。

(2) 成分分析

常圧加熱乾燥法(105℃)により水分、ケルダール窒素定量法により蛋白質、エーテル抽出法で脂肪、灼熱灰化(550℃)により灰分、Prosky 変法³⁾で食物繊維を測定した。

(3) 動物実験

1) 使用動物および飼育条件

4 週齢の SD 系雄ラット(日本チャールス・リバー(株)) 6 匹を用い、カゼイン 20%, ミネラル混合 3.5%, ビタミン混合 1.2%, ラード 10%, シュークローズ 65.3% の割合⁴⁾の基礎飼料(Table 1)で 7 日間予備

Table 1. Composition of the diets

	Acclimatization diet (%)	Experimental diet (%)
Mineral mixture	3.5	3.5
Vitamin mixture	1.2	1.2
Casein	20.0	20.0
Lard	10.0	10.0
Sucrose	65.3	55.3
Rice powder	—	10.0

飼育した。ラットの飼育環境は、温度 25℃、湿度 60 % に保持し、明環境 8:00～20:00、暗環境 20:00～8:00 に設定し、動物飼育室内で個別ケージを用いて飼育した。予備飼育後、42 日間飼育した。実験飼料はシュークロースを 55.3 % に減らし、米粉（赤米、うるち米）を 10.0 % 加えたものを使用した（Table 1）。コントロールとして米粉の代わりにコーンスターチを用いた。この時の飼料中の蛋白質および食物繊維は精白赤米添加の場合は、20.8 %、1.4 % で精白うるち米添加の場合は 20.6 %、0.7 %、コントロールの場合が 20 %、0 % であった。飼料および水は自由摂取とし、水は蒸留水を用いた。

2) 実験項目

i) 飼料摂取量と体重測定：42 日後に飼料摂取量と体重測定を行い、体重増加量と飼料摂取量から飼料効率を求めた。算出方法は、42 日間飼育後の最終体重を最初の体重で割り、100 を乗じた値を体重増加率とし、42 日間の体重増加量をその期間の飼料摂取量で割り、100 を乗じた値を飼料効率とした。

ii) 消化管各部位の重量比および各腔内内容物重量比：実験開始 42 日目の午前中に、エーテルで麻酔後、解剖し、胃、小腸、盲腸、結腸の内容物を除去した消化管各部位重量比と各腔内内容物重量比を測定した。各腔内内容物比は組織から内容物をホルマリン溶液で洗い流した後の消化管各部位重量を測定して各腔内内容物重量を算出し、体重に対する割合とした。また、消化管各部位重量比も体重に対する割合とした。

iii) 糞中の糖量：回収した糞中の未吸収糖量をソモギ-ネルソン法⁵⁾により還元糖量として測定し、精白赤米のでんぷんの消化率、吸収率の検討を行った。糞はデシケータ内で 6 時間減圧乾燥を行い、これを蒸留水に溶解し、25 % 塩酸を加え、沸騰水浴中で 2 時間 30 分加熱分解した。分解後、2.5 N 水酸化ナトリウム

で中和し、ろ液を測定試料とした。検量線はマルトースを基準物質として作成した。この時、マルトースは 95℃ で 8 時間乾燥させた後、さらに 8 時間減圧乾燥を行ったものを用いた。糖量は乾燥糞重量に対する割合とした。

iv) 血漿コレステロール濃度：解剖後、頸静脈より血液を採取し、11,000 rpm で 10 分間遠心分離を行い、血漿を得、血漿コレステロール濃度をコレステロール E-テストワコー（和光純薬）発色試薬により測定した。

(4) 食物繊維の発酵性

Prosky 変法により作製した精白赤米食物繊維総量画分および精白うるち米食物繊維総量画分の腸内発酵性について、人間の腸内細菌に近く、多量の細菌を得ることができる豚の盲腸内容物を利用したバッチ培養⁶⁾により検討した。盲腸内容物は屠殺直後の豚盲腸の上部と下部をたこ糸で絞った後、他の内臓から切り取り、内容物を採取した。これに重炭酸緩衝液（pH 7.0）を加えガーゼでろ過した後、遠心分離により菌体を得た。精白赤米および精白うるち米食物繊維それぞれ 10 mg に重炭酸緩衝液 500 μ l を加えて懸濁した基質溶液に、重炭酸緩衝液で 5 倍希釈した菌体 500 μ l を混合し、ヘッドスペースを炭酸ガスで置換した後、37℃ で培養を行った。発酵により発生する炭酸ガス量を培養 24 時間後まで 1 時間ごとに測定した。また、用いた菌体の活性を確認するためグルコースを基質として同様に培養し、炭酸ガス発生量を測定した。

3. 結 果

(1) 成分分析

精白赤米と精白うるち米の成分分析を行った結果を Table 2 に示した。精白赤米の水分、灰分は 13.53 %、1.17 % であり、精白うるち米の 13.08 %、0.95 % より多く含まれていた。精白赤米の蛋白質量は 8.27 % と精白うるち米の 6.39 % に比べて *F* 検定の結果、有意 ($p < 0.01$) に多く、脂肪は 0.88 % で精白うるち米の 1.22 % より有意 ($p < 0.01$) に少なかった。

また、赤米の総食物繊維量は精白しても 13.70 % と精白うるち米の 7.69 % と比べて非常に多いという特性を持っていることが明らかになった。

(2) 体重増加率と飼料効率

赤米粉、うるち米粉、コーンスターチ（コントロール）を 42 日間摂取したラットの体重増加率と飼料効率を Table 3 に示した。いずれの場合も三者間の初期

精白赤米の栄養特性

体重値に有意な差はなかった。また、赤米粉を摂取したラットの体重増加率は391.8%で、うるち米粉摂取ラットの場合の357.2%、コントロールの場合の430.2%に比べて有意差はなかった。また、飼料効率も赤米粉摂取の場合は34.8%であり、うるち米粉の35.3%、コントロールの35.0%とほぼ同じであった。

Table 2. Chemical compositions of the polished rice samples

	Polished red rice (%)	Polished white rice (%)
Water* ¹	13.53**±0.21	13.08±0.08
Ash* ¹	1.17±0.48	0.95±0.06
Protein* ¹	8.27**±0.12	6.39±0.18
Fat* ¹	0.88±0.05	1.22**±0.09
Dietary fiber		
Water-soluble	1.06	0.81
Water-insoluble	12.64	6.88

*¹Mean±SD of three determinations. ***p*<0.01 (*F* value).

(3) 消化管各部位の重量比および各腔内内容物重量比

赤米粉、うるち米粉、コーンスターチ（コントロール）を42日間摂取したラットの胃、小腸、盲腸、結腸の消化管重量および消化管腔内の内容物重量をTable 4に示した。赤米粉を摂取したラットは、うるち米粉摂取に比べて小腸の内容物重量が同じ以外は、わずかに重くなっていた。しかし、赤米粉摂取区とうるち米粉摂取区の消化管重量および消化管腔内の内容物重量差は有意なものではなかった。

(4) 糞中の糖量

赤米粉、うるち米粉、コーンスターチ（コントロール）を42日間摂取したラットの糞中の未吸収糖量を還元糖量としてTable 5に示した。赤米粉を摂取したラットの乾燥糞重量に対する糖量の割合は3.92%、うるち米粉では3.77%、コントロールは2.71%であった。

(5) 血漿中の総コレステロール

赤米粉、うるち米粉、コーンスターチ（コントロール）を42日間摂取したラットの血漿中の総コレステロール値をTable 6に示した。ラットの血漿中の総コレステロール値は、赤米粉摂取のラットの場合が144.5 mg/100 ml とうるち米粉摂取ラットの140.6

Table 3. Influence of the polished red rice on the body weight gain and feed efficiency ratio

	Polished red rice	Polished white rice	Control (corn starch)
Initial body weight (g)	114.0±18.3	128.3±23.6	116.3±16.7
Body weight gain (%)* ¹	391.8±51.6	357.2±44.1	430.2±89.0
Feed efficiency ratio (%)* ²	34.8±0.2	35.3±1.9	35.0±3.5

Each value is the mean±SD of three determinations. *¹(Final body weight (g) after 42 days/initial body weight (g))×100. *²(Body weight gain (g)/feed intake (g))×100.

Table 4. Influence of the polished red rice on the tissue and relative contents weight of the digestive organs in rats

Organ	Polished red rice		Polished white rice		Control (corn starch)	
	Relative tissue weight* ¹	Relative contents weight* ²	Relative tissue weight* ¹	Relative contents weight* ²	Relative tissue weight* ¹	Relative contents weight* ²
Stomach (%)	0.36±0.02	1.00±0.21	0.34±0.03	0.69±0.28	0.36±0.03	0.47±0.33
Small intestine (%)	1.38±0.18	0.47±0.24	1.30±0.18	0.47±0.25	1.27±0.19	0.59±0.07
Cecum (%)	0.15±0.02	0.43±0.10	0.13±0.01	0.41±0.02	0.14±0.01	0.47±0.12
Colon (%)	0.36±0.04	0.35±0.11	0.31±0.04	0.27±0.24	0.31±0.04	0.30±0.06

Each value is the mean±SD of three determinations. *¹(Tissue weight (g)/body weight (g))×100. *²(Contents weight (g)/body weight (g))×100.

Table 5. Reducing sugar rate in feces

Polished red rice (%)	Polished white rice (%)	Control (corn starch) (%)
3.92±0.35	3.77±0.08	2.71±0.49

Each value is the mean±SD of three determinations.

Table 6. Concentration of plasma total cholesterol

Polished red rice (mg/100 ml)	Polished white rice (mg/100 ml)	Control (corn starch) (mg/100 ml)
144.5±26.1	140.6±21.5	138.8±34.9

Each value is the mean±SD of three determinations.

mg/100 ml と比べてやや大きくなっていたが、これは有意な違いではなかった。

(6) 食物繊維の発酵性

精白赤米に含まれている食物繊維と精白うるち米に含まれている食物繊維の腸内細菌での分解性を炭酸ガス発生量から検討した結果を Fig. 1 に示した。精白赤米中の食物繊維は、精白うるち米中の食物繊維に比べて盲腸内細菌による分解がおこりやすく、炭酸ガスの発生量が多かった。特に5時間以降、精白うるち米由来の食物繊維と精白赤米由来の食物繊維の炭酸ガス発生量に違いがでてきている。

4. 考 察

赤米粉をラットに42日間摂取させた時、体重増加率は赤米粉摂取のラットがうるち米粉に比べて大きくなっていたが、飼料効率については赤米粉、うるち米粉およびコーンスターチとの間に違いはなく、これは3種の飼料の栄養素にあまり違いがないからと考えられる。また、糞中の糖量は赤米粉摂取ラットの方がうるち米粉摂取ラットに比べて多い。この原因として、赤米粉のでんぷんがうるち米粉に比べてより分解されたことや糖の吸収がうるち米粉に比べて劣ることが考えられる。このことは、前報¹⁾よりデンプンを構成しているアミロースの割合が赤米では10.2%とうるち米の21.2%と異なることが、糞中の糖量にやや差が見られたことと関連がある可能性も考えられる。

消化管内容物については、特に赤米粉摂取のラットの結腸内容物重量は、うるち米粉摂取のラットに比べて大きくなっている。これはBurkittにより穀類の食物繊維は便の容積を増す効果が述べられていること⁷⁾

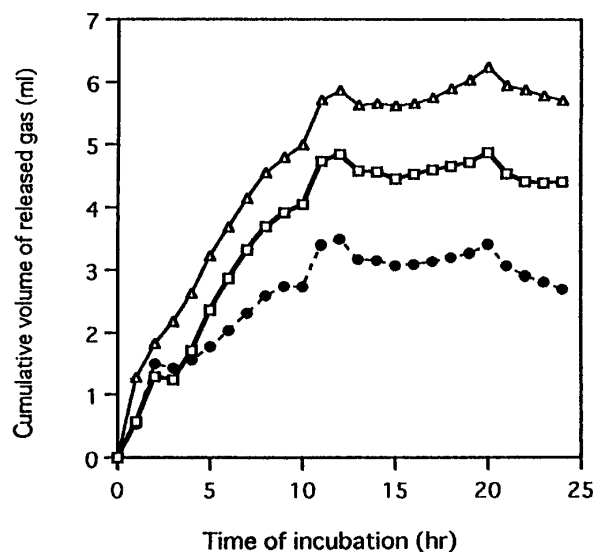


Fig. 1 Time-course of CO₂ gas released from polished red rice, polished white rice and glucose in a batch culture with pig cecal bacteria after subtracting the blank value

Each point represents the mean of two replications with inoculi from different pig groups. □, polished red rice; ●, polished white rice; △, glucose.

と一致し、さらに赤米粉摂取ラットの結腸内容物重量がうるち米に比べて大きいのは、精白赤米中の食物繊維量が精白うるち米に比べて多いためと考えられる。これにより精白赤米は糞量を増加させると言え、食物繊維を多く含む食品である赤米は精白したものでも便量を増やし、便秘を防ぐ効果が期待できる。また、盲腸組織重量と短鎖脂肪酸濃度および盲腸内容物重量と短鎖脂肪酸生産速度の間に正の相関があることが報告されているが⁸⁾、うるち米粉に比べ赤米粉を摂取したラットの盲腸重量およびその内容物がわずかに重くなっていることから赤米粉を摂取することにより消化管粘膜の血管を拡張させて粘膜の血流量を上げる働きがある⁹⁾短鎖脂肪酸産出量を増やすことができる可能性が考えられる。

赤米粉摂取ラットの血漿中のコレステロール濃度はうるち米摂取時の場合とほぼ同じ値を示した。穀類外皮そのものには血清コレステロール濃度低下効果は認められず¹⁰⁾、米外皮より抽出したヘミセルロースには血清コレステロール濃度の上昇を抑制する効果があったと報告されている¹¹⁾。本研究においても精白米全体としてはコレステロール低下効果が認められなかったが、米より抽出した食物繊維そのものにはコレステロール低下効果が期待できると考えられ、今後、米より

精白赤米の栄養特性

食物繊維を分離して動物実験により調べることで、赤米のコレステロール抑制効果を再検討する必要がある。

精白赤米の食物繊維は精白うるち米に比べて量的に多く含まれているだけでなく、発酵性も精白赤米の食物繊維の発酵性が精白うるち米の食物繊維に比べて高く、これは有機酸量を多く発生している可能性が考えられることから、精白赤米の食物繊維は精白うるち米の食物繊維に比べ、消化管粘膜の血流促進、上皮細胞増殖などの効果が期待できる食品であると思われる。精白赤米由来食物繊維と精白うるち米由来食物繊維の発酵性の違いは、両者に含まれる食物繊維が発酵速度の異なる構成物質からできており、この構成物質の構成比がそれぞれ異なることが要因とも考えられる。

精白歩留り 90%の赤米は前報²⁾での炊飯条件により赤米飯でも、粉末にして使用した場合でも赤米の色彩を生かすことができたことから、精白した赤米を現在の食生活に活用することで視覚的特性が加わり、さらに本研究の結果より、精白うるち米に比べ優れた生理特性も加わることが期待できる。今後、試料を生のみでなく、前報²⁾で報告した加熱条件で炊飯し、それより抽出した食物繊維の量とその生理作用について検討を加えていき、赤米を調理した時の栄養的価値を調べていく必要があると思われる。

5. 要 約

精白赤米の蛋白質量、食物繊維量は精白うるち米に比べて多く、赤米粉とうるち米粉をラットの飼料に 10% 加え、42 日間飼育した時、赤米粉を摂取したラットの飼料効率とうるち米粉と同じであり、胃、盲腸、結腸の消化管腔内の内容物重量はうるち米粉に比べてやや大きかったが、有意差はなかった。糞中の糖量は赤米粉摂取ラットの方が多かった。また、血漿中のコレステロール濃度は赤米粉摂取ラットとうるち米粉摂

取ラットの間に有意差はなかった。精白赤米、精白うるち米より抽出した食物繊維の発酵性について豚の盲腸内容物から得られた菌体によるバッチ培養により炭酸ガス発生量を 24 時間経時的に測定を行った結果、精白赤米由来の食物繊維は精白うるち米由来の食物繊維に比べて炭酸ガス発生量が多く、盲腸内細菌による分解を受けやすかった。これらより、精白赤米は精白うるち米に比べ、色彩の美しさだけでなく、栄養的にも同等の価値がある食品であることが明らかになった。

この研究は平成 6 年度奨励研究 A (課題番号 06780023) により行われたものである。また、この研究の一部は飯島記念食品科学振興財団の研究助成を受けたことを記し、謝意を表します。

引 用 文 献

- 1) 小川宣子, 中村優希, 田名部尚子: 家政誌, **44**, 839~844 (1993)
- 2) 小川宣子: 家政誌, **46**, 531~537 (1995)
- 3) 科学技術庁資源調査会 (編): 日本食物繊維成分表, 大蔵省印刷局, 東京, 7, 8, 20 (1992)
- 4) 西出英一: 生化学, **61**, 605~609 (1989)
- 5) 日本食品工業学会食品分析法編集委員会 (編): 食品分析法, 光琳, 東京, 170 (1984)
- 6) Togari, N., Ogawa, N. and Sakata, T.: *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **41**, 179~185 (1995)
- 7) Burkitt, D.P. (桐山修八監訳): 食物繊維で現代病は予防できる, 中央公論社, 東京, 160 (1983)
- 8) Sakata, T.: *Scand. J. Gastroenterol.*, **22**, 961~968 (1987)
- 9) Sakata, T.: *The Digestive System in Mammals: Food, Form and Function* (ed. by Chivers D.J. and Langer, P.), Cambridge University Press, New York, 396~397 (1994)
- 10) 綾野雄幸: 栄食誌, **45**, 209~219 (1992)
- 11) 綾野雄幸, 太田富貴雄, 渡辺幸雄, 三田浩三, 中村 強 (編): 食物繊維—食物学・栄養学的アプローチ—, 篠原出版, 東京, 201 (1983)