

白ネズミによる米ぬかの不消化物中のエネルギー含量の推定

泉 友美子・中永 征太郎

ノートルダム清心女子大学人間生活学部

飼料中の不消化物は、大腸内において腸内細菌の発酵・分解をうけ、その一部はエネルギーとして利用される。そのエネルギー含量がどの程度であるかを、白ネズミを用いて実測、検討した。

その方法として、Sprague-dawley 系の経産白ネズミ(♀38週令)を使用し、15日間の消化試験を実施した。消化試験は、全糞採取法¹⁾により行った。本試験開始前日は絶食させ、水のみ与え、試験開始時には個体別に米ぬかを単味で摂食させ、採糞を行った。採取した糞便はビーカーに入れ、40℃の砂浴中において乾燥させた後、夾雑物を取り除いて重量を測定し、風乾糞便排泄量とした。その糞便はミルサー(フィリップ製)を用いて 30mesh 以上に粉碎した。この場合の白ネズミの飼育は、白ネズミを個体別に代謝ケージに収容し、20～22℃に空調した室内で飼育した。飼育管理としては1日1回、午前8～9時の間に給餌・給水・採糞を行い、自由食の条件下で飼育した。飼料摂取量の測定は前日の給餌量から当日の残食量を差し引いた値とした。供試した米ぬかは2003年度産ヒノヒカリとし、米ぬかの歩留り9.5%であった。

米ぬかならびに糞便中のエネルギーの測定²⁾は、改良型燃研式断熱熱量計により分析した。米ぬかの不消化物中のエネルギー量を測定するための方法として、米ぬかと糞便を、食物繊維を定量する際の Prosky-AOAC 法³⁾により酵素処理した。酵素処理の目的は、米ぬかについては人工消化による不消化物量を定量するためであり、一方糞便の酵素処理については生体由来の代謝性排泄物量を求めるためであった。つまり、白ネズミの消化管内で消化されなかったものはアミラーゼ、プロテアーゼの処理によっても加水分解を受けないものと仮定した。

そこで、米ぬかの人工消化による可消化エネルギーの含量をもとめた(in vitro)。その方法として、一定量の米ぬかを燃研式断熱熱量計により、全エネルギー含量を測定した。また、同様に Prosky-AOAC 法により酵素処理し、その残渣を風乾状態にまで乾燥させたものについてもエネルギー量を実測し、以下の計算式により可消化エネルギー量をもとめた。

人工消化による可消化エネルギー量(kcal/g)

$$= \text{米ぬかの全エネルギー含量(kcal/g)} \times \frac{\text{エネルギー利用率(\%)}}{100}$$

次に、不消化物の大腸内におけるエネルギー生産量は、白ネズミの消化試験による有効エネルギー量(in vivo)と人工消化試験からもとめた可消化エネルギー量(in vitro)の差として表した。つまり、人工消化試験からは小腸までのエネルギー利用率を実測しようとした。すなわち、大腸内エネルギー生産量(kcal/g) = 有効エネルギー量(kcal/g) - 可消化エネルギー量(kcal/g)とした。

その結果、米ぬか中のエネルギーのゆくえは以下のものであった。

1. 人工消化試験(in vitro)

米ぬかを Prosky-AOAC 法によって酵素処理し、人工消化における可消化エネルギー量をもとめた(表1)。米ぬかの全エネルギー含量は4.82kcal/gであった。米ぬか1gあたりの酵素処理後の残渣量は0.46gであり、この残渣のエネルギー量は3.92kcal/gであったことから、不消化エネルギー量は1.80kcal/gとなった。その結果、人工消化によるエネルギー利用率は62.66%、可消化エネルギー量は3.02kcal/gとなった。

表1. 米ぬかの可消化エネルギー(in vitro)

エネルギー含量(kcal/g)	4.82
酵素処理残渣量(g/g)	0.46
酵素処理残渣エネルギー含量(kcal)	3.92
酵素処理残渣エネルギー(kcal/g) ¹⁾	1.80
可消化エネルギー(%) ²⁾	62.66
可消化エネルギー(kcal/g) ³⁾	3.02

1) 酵素処理残渣量×酵素処理残渣エネルギー含量

2) エネルギー含量 - 酵素処理残渣エネルギー / エネルギー含量 × 100

3) エネルギー含量 × 可消化エネルギー(%) / 100

2. 白ネズミによる消化試験 (in vivo)

(1) 見かけのエネルギー利用率

白ネズミによる消化試験において、米ぬかの平均摂取量は 13.72g/日であった(表2)。これに米ぬ

かのエネルギー含量 4.82kcal/g を乗じると、エネルギー摂取量は 66.13kcal/日となった。

表2. 米ぬかの見かけのエネルギー利用率 (in vivo)

米ぬか	摂取量(g/日)	13.72±1.43
	エネルギー含量(kcal/g)	4.82
	摂取エネルギー量(kcal/日) ¹⁾	66.13±6.90
糞便	排泄量(g/日)	4.24±0.35
	エネルギー含量(kcal/g)	3.79±0.14
	排泄エネルギー量(kcal/日) ²⁾	16.07±1.34
利用 エネルギー量	エネルギー未利用率(% ³⁾)	24.30±1.65
	エネルギー利用率(% ⁴⁾)	75.70±1.65
	利用エネルギー量(kcal/g) ⁵⁾	3.65±0.08

1) 米ぬかの摂取量×米ぬかのエネルギー含量

2) 糞便排泄量×糞便のエネルギー含量

3) 排泄エネルギー量/米ぬかの摂取エネルギー量

4) 100-エネルギー未利用率

5) 米ぬかエネルギー含量×エネルギー利用率/100

(2) 有効エネルギー利用率

表3. 米ぬかの有効エネルギー利用率

米ぬか	摂取量(g/日)	13.72±1.43
	エネルギー含量(kcal/g)	4.82
	摂取エネルギー量(kcal/日) ¹⁾	66.13±6.70
糞便の酵素処理	排泄量(g/日)	4.24±0.35
	残渣率(% ²⁾)	73.58±2.04
	残渣量(g/日)	3.12±0.28
	残渣中のエネルギー含量(kcal/g)	3.79±0.14
	排泄エネルギー量(kcal/日) ³⁾	11.82±0.89
	エネルギー未利用率(% ⁴⁾)	17.87±1.06
利用 エネルギー量	エネルギー利用率(% ⁵⁾)	82.13±1.06
	利用エネルギー量(kcal/g) ⁶⁾	3.96±0.05

1) 米ぬかの摂取量×米ぬかのエネルギー含量

2) 糞便排泄量×酵素処理残渣率/100

3) 残渣量×残渣中のエネルギー含量

4) 排泄エネルギー量/米ぬかの摂取エネルギー量

5) 100-エネルギー未利用率

6) 米ぬかエネルギー含量×エネルギー利用率/100

一方、風乾糞便排泄量は 4.24g/日であり、糞便エネルギー排泄量は 16.07kcal/日となった。その結果、米ぬかのエネルギー未利用率は 24.30%、エネ

ルギー利用率は 75.70%となり、見かけエネルギー量は 3.65kcal/g となった。

(3)有効エネルギー利用率

糞便中の代謝性産物を除去するために、糞便を Prosky-AOAC 法により酵素処理すると、残渣量は 3.12g/日となり(表 3)、その酵素処理残渣中に含まれるエネルギー量は 3.79kcal/g であった。従って、エネルギー排泄量は 11.82 kcal/日となり、エネルギー未利用率は 17.87%、エネルギー利用率は 82.13%となり、有効エネルギー量は 3.96kcal/g となった。

3. 大腸内エネルギー産生量

人工消化試験における米ぬかの可消化エネルギー量は 3.02kcal/g、白ネズミの消化試験による有効エネルギー量は 3.96kcal/g であることから、大腸内エネルギー産生量は 0.94 kcal/g となった(表 4)。これは有効エネルギー量の 23.73%に相当するものであった。したがって、人工消化試験における酵素処理残渣量 0.46g/g、大腸内エネルギー産生量 0.96kcal/g から米ぬかの不消化物中のエネルギー量を求めると、 $0.94/0.46=2.04\text{kcal/g}$ となった。

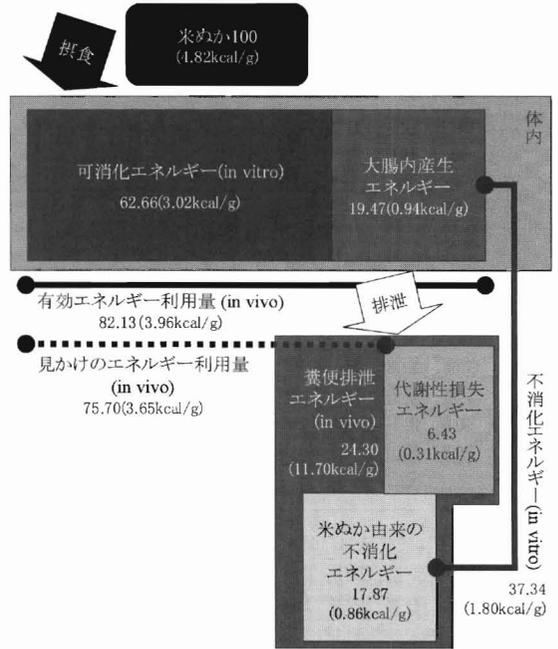


図1. 白ネズミに米ぬかを摂取させた際のエネルギーのゆくえ
 ・図中の数値はkcal
 ・()内は米ぬか1g中のエネルギー量

表 4. 米ぬかの大腸内エネルギー産生量および不消化物エネルギー

有効エネルギー(in vivo)	可消化エネルギー(in vitro)	大腸内エネルギー産生量	不消化物中のエネルギー
3.96 ±0.05	3.02	0.94 ±0.05(23.73 ±1.08)*	2.04 ±0.11

*有効エネルギーに対する相当量(%)

これまでの結果をまとめると、米ぬかについて白ネズミによる消化試験(in vivo)と人工消化試験(in vitro)を行い、エネルギー利用率を求めた。in vivo の場合、食餌に由来しない代謝性産物が糞便中に排泄されることから、これを除去するため、糞便を風乾させたものを Prosky-AOAC 法に準じて酵素処理し、その残渣についてエネルギーを測定し、食餌由来の不消化エネルギー量をもとめた。

その結果、米ぬかの全エネルギー含量は 4.82kcal/g であり、in vivo の条件下における見かけのエネルギー利用率は、75.70%、そのエネルギー量は 3.65kcal/g であった。白ネズミの糞便に酵素処理を行った後求めた有効エネルギー利用率は 82.13%、有効エネルギー量は 3.96kcal/g となった。また、in vitro の条件下から求めた可消化エネルギー利用率は 62.66%、可消化エネルギー量は 3.02kcal/g であった(図 1)。

以上のことから、大腸内エネルギー産生率は有効エネルギー量の 23.73%、米ぬかの不消化物 1g 中のエネルギー量は 2.04kcal となった。

参考文献

- 1) 森本宏：動物栄養試験法, 養賢堂, pp194-195, 1971
- 2) 岩尾裕之, 高橋廉, 藤井清次：栄養生理化学, 廣川書店, pp227-232, 1972
- 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, food products, and total diets: interlaboratory study, Assoc. Off. Anal. Chem., Vol. 67, pp1044-1052, 1984