米と小麦タンパク質の栄養価の比較

村田希久, 山本公子, 池田喜美子, 田中淑子

大阪市立大学家政学部食物学科

Comparison Between Nutritional Value of Rice and Wheat Proteins

Kiku Murata, Kimiko Yamamoto, Kimiko Ikeda, Yoshiko Tanaka

Food and Nutrition Laboratory, Faculty of the Science of Living
Osaka City University, Sumiyoshi-ku, Osaka

J. Jap. Soc. Food and Nutr., 24 (6), 355~360 (1971)

The nutritional value of the rice protein was compared with that of the wheat protein at three different protein levels by the rat feeding experiment.

The diets were prepared from the protein concentrated rice (26.9—33.6% in protein) treated with α -amylase, the wheat gluten (69.4% in protein), wheat starch, rice powder, and wheat flour etc.

The results obtained were as follows:

- 1) Protein efficiency ratio (PER) of the rice protein at 11% protein level was 1.67 (mean), while that of the wheat protein was 0.79 (mean). The ratio was the rice protein 100 : the wheat protein 47 (100 : 79 in literature).
- 2) Biological value (BV) of the rice protein at 11% protein level was 63.1, while that of the wheat protein was 49.1; in the ratio of each value was 100 : 68 (100 : 89 in literature).
- 3) Linear correlations between the nitrogen intake and the body weight gain in the both rice and wheat groups were observed. The slope of the regression line in the rice diet and the wheat diet was 10.24 g/Ng intake and 6.74 g/Ng respectively; in the ratio was 100 : 66.

These results indicate that difference between the nutritional value of the rice and wheat proteins are greater than those have been mentioned previously.

(Received July 8, 1971)

精白米のタンパク質は精白小麦のタンパク質よりも一般に含量は低いが、前者の窒素当りの各必須アミノ酸量はいずれも後者のそれよりも幾分高く、幼白ネズミの生長におよぼす効果や生物価 (Biological Value, BV) も高いことは既知の事実とされている。

しかし両タンパク質の栄養価を同一レベルにおいて同時に比較した結果をみない。著者らは別報で述べる米や小麦タンパク質へのリジン、スレオニン補足効果を再検討するに先立って、まず米、小麦両タンパク質の栄養価を同一条件で比較することを企てた。

タンパク質の栄養価の判定法としてこれまで数多くの方法が提出されているが、今回はタンパク質10%程度の飼料を幼白ネズミに自由食で投与して求めたタンパク質効率比 (Protein Efficiency Ratio, PER) とBVのほか Hegsted¹⁾ らの方法に準じ米と小麦について各タンパク質レベルの飼料を自由食とし、摂取窒素と体重増量の相

関と、各直線の傾斜を求め、これらを比較する方法などをも採用して両タンパク質の質を比較した。

実験には米ならびに、これを α -アミラーゼ処理したタンパク質濃縮米粉を用いて調製した種々のタンパクレベルの米群と、小麦粉ならびに小麦タンパク質として焼酎、(予備実験において使用) もしくは生麩粉末を用いて調製した種々のタンパクレベルの小麦群につき、幼白ネズミによる生長実験を3回行なった。その結果米タンパク質のPERやBVは小麦タンパク質のそれらよりもかなり高く、従来の文献値よりも両者に大きな開きのあることが認められた。以下実験方法と結果などについて述べる。

実験方法

1. 窒素の測定とタンパク質係数

尿ならびに糞の窒素はケルダール法によった。米、小麦その他飼料用材料の窒素もケルダール法により、米タ

ンパク質、小麦タンパク質の算出にはそれぞれ系数5.95と5.70を採用した。

2. 実験材料

1) 米タンパク質の濃縮 大弥食品より分譲を受けた(昭和42年石川県産の硬質粳米を高速粉砕機にて粉碎した)米粉を用い、Fig. 1に示す方法によってタンパク質濃縮米粉を調製した。実験に用いた細菌 α -アミラーゼは生化学工業より購入の(1部上田化学より直接分譲を受けた)純 α -アミラーゼ(Amylo-1.4 dextrinase)の結晶、662U/mgのprotease-freeの標品である。米と α -アミラーゼの量的関係については前以て種々予備実験を行なったうえ、一応設定したものであり、本法により調製したタンパク質濃縮米粉のタンパク質含量は20.9~33.6%である。

Fig. 1. Preparation of the rice protein concentrate

2) 小麦グルテン 予備実験に用いた焼酎は市販品の粉末、本実験で用いた小麦グルテンは新進食料工業より分譲を受けたものでタンパク質含量69.4%のものである

3. 飼料の調製

予備実験では米、小麦群それぞれタンパク質レベル4%, 6%, 11%の飼料を調製するため Table 1に示すようにタンパク質濃縮米粉もしくは麸粉とでん粉を混合し、それぞれタンパク質レベル 4.5%, 6.8%, 13.6%のものを調製し、これらを88.9%, 油 5%, 塩混合 4%, ビタミン混合 2%とコリン塩酸塩のアルコール溶液 0.1 ml を混和し、さらにチョコラ 0.05 ml/100 g 飼料を添加して飼料を調製した。本実験では Table 2に示すように米、小麦それぞれタンパク質レベル5.5%, 11.0%, 19%の飼料を調製した。

Table 1. Preparation of rice or wheat diets

Protein level %	4.5	6.8	13.6	4.5	6.8	13.6
Rice g	659	1000	589	—	—	—
Rice prot. conc.* g	—	—	481	—	—	—
α -Corn starch g	341	—	—	827	737	475
Gluten(dried)** g	—	—	—	173	263	525

*Protein 20.9%

** Protein 25.9%

Table 2. Diet composition (%)

Protein Level %	Rice			Wheat		
	I 5.5	II 11.0	III 19.0	III 5.5	IV 11.0	V 19.0
Rice or Wheat	88.9	72.1	42.9	39.7	79.4	76.9
Starch	—	—	—	49.2	9.5	—
Conc. Rice* or Gluten**	—	16.8	46.0	—	—	12.0
Corn oil	5	5	5	5	5	5
Salt mix.	4	4	4	4	4	4
Vit. mix.	2	2	2	2	2	2
Choline	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

* Protein 33.6%

** Protein 69.4%

Chocora A 0.05 ml/100 g diet were added containing V. A 1,500 I. U.
V. E 150 I. U.

4. 飼育動物と飼育方法

Donryu 系白ネズミ雄、体重 50 g 前後のものを日本動物より購入し 3~4 日 20% カゼイン食で条件をととのえた後、各群 7~8 匹に群別し、平均体重 70 g から試験食を自由食で与えた。毎日もしくは隔日に体重と飼料摂取量を測定し、室温 23~24°C に 20 日間飼育した。

5. 生物価とタンパク質効率比の測定

予備実験では小麦(麸)のタンパク質レベル 6% 群へ米との差に相当するリジンとスレオニン補足実験をも加えた関係上、6% 群について 10~12 日と 18~20 日の 2 日尿と糞を 2 回採取してそれらの窒素を測定した。一方本実験ではタンパク質 11% の米と小麦群について 13~15 日と 18~20 日目の 2 日尿と糞を 2 回採取して窒素を測定し、別に無タンパク質群の尿ならびに糞の窒素を差引き生物価を算出した。またタンパク質効率比は予備実験、本実験ともにタンパク質 11% 群について 20 日間の摂取飼料量より求めたタンパク質摂取量と体重増加量より算出した。

実験結果

1. タンパク質濃縮米粉

予備実験に用いた濃縮米は遠心管である程度上清を分別した粥状のものを凍結乾燥したため、タンパク質濃度は 20% 程度で、上清からもさらに、透析によって糖を除

いたものからタンパク質部分を得た。全収量は計算値の96.4%であった。本実験ではさらに多量の米について1回300gの米に α -アミラーゼ0.22g(144,000U), 前回の半量を用いて実験したが, 液化状態はよく, また連続遠心によりタンパク質部分を分離して凍結乾燥したためタンパク質33.6%, 収量94.8%で, 滲液に約2%に相当するタンパク質部分が失われた程度であった。得たタンパク質濃縮米粉と麸の粉末とのアミノ酸組成について田辺研究所の御好意により, 分析していただいた結果はTable 3に示すように, 米や麸のアミノ酸値の文献値に比しフェニルアラニン含量が高いほか, 各アミノ酸値とも大差なく, 米のタンパク質濃縮によって, タンパク質は分画されておらず, 米タンパク質栄養価の実験に使用する試料として満足すべきものであると考えられた。

Table 3. Amino acid composition of rice, fu and wheat (g/Ng)

	Rice		Fu		Wheat
	A*	L	A	L	L
Ileu	0.27	0.28	0.24	0.26	0.24
Leu	0.52	0.52	0.46	0.45	0.44
Lys	0.20	0.21	0.10	0.11	0.13
Met	0.18	0.14	0.10	0.11	0.09
Cys	0.15	0.13	0.13	0.12	0.12
Phe	0.34	0.29	0.34	0.29	0.29
Tyr	0.28	0.38	0.20	0.18	0.19
Thr	0.22	0.22	0.16	0.17	0.16
Try	0.053	0.080	0.047	0.060	0.070
Val	0.38	0.37	0.26	0.28	0.28
Arg	0.51	0.36	0.21	0.18	0.23
His	0.16	0.14	0.15	0.10	0.11
Ala	0.34	0.37	0.17	0.13	0.15
Asp	0.59	0.67	0.22	0.19	0.25
Glu	1.2	1.1	2.4	2.1	2.0
Gly	0.29	0.27	0.23	0.20	0.20
Pro	0.31	0.32	0.90	0.80	0.80
Ser	0.32	0.23	0.29	0.30	0.30

* Rice protein concentrate

A...Analytical data, L...Data cited from The Amino Acid Composition of Food in Japan 1966

なお米タンパク質濃縮のための α -アミラーゼ使用量は本条件で米1kg当り0.73g(480,000U)(Fig. 1に示した量の半量)でほぼ充分であった。

2. 飼料摂取量と体重増量

米もしくは麸タンパク質各レベルの飼料で飼育した予備実験における各群の飼料摂取量と体重増の平均はFig. 2に示すように, 麸に由来するタンパク質11%の体重増は米タンパク質4%群と同程度にすぎなかった。本実験におけるタンパク質5.5%, 11%, 19%の米もしくは小

Fig. 2. Changes in body weight and food intake.

* Baked gluten

Fig. 3. Body weight gain and food intake(5.5%prot.).

Fig. 4. Body weight gain and food intake(11% prot.).

Fig. 5. Body weight changes and food intake (19% prot.).

麦グルテンの飼料摂取量と体重増はそれぞれ Fig. 3, Fig. 4, Fig. 5 に示すように各タンパク質レベルにおいて小麦タンパク質群の体重増量は米タンパク質群のそれよりも著しく劣ることが観察された。

3. 米ならびに小麦タンパク質のタンパク質効率比 (PER)

前項で示した予備実験のうちタンパク質レベル11%群における米、麸群20日間の飼料摂取量より求めた摂取タンパク質量と、体重増量より求めた PER は米において $2.59 \pm 0.15^*$ 麸において $0.44 \pm 0.10^*$ であった。また、本実験のタンパク質11%群で求めた結果は Table 4 に示すようである。本表における Expt. No. 2のデータは、次報の米もしくは小麦タンパク質へのリジン、スレオニン補足効果の実験における非添加群について求めたものであるが、いずれも文献値よりも小麦タンパク質の

Table 4. Protein Efficiency Ratio of rice or wheat protein

Expt. No.	Rice	Wheat
1	1.60 ± 0.14 (100)	0.62 ± 0.10 (39)
2	1.75 ± 0.03 (100)	0.96 ± 0.05 (54)
Mean	1.67 (100)	0.79 (47)
Literature*	1.9 (100)	1.5 (79)

* A. M. Altshul; "Protein"

()...Ratio $\pm$ S. E.

* $\pm$ S. E.

PER が著しく低く米の PER 値を100とした時の Ratio は文献値の79に対し、47とかなり低いことが観察された。

4. 米ならびに小麦タンパク質の生物価 (Biological Value, BV)

予備実験のタンパク質レベル6%群について摂取重量から糞中窒素を差引いた吸収窒素量Aに対する尿中窒素量から算出した保留窒素A-Bの割合を求めた結果は Table 5 に示すようで、米のBV2回平均値 61.4に対し麸では 34.6でその比は米 100 : 麸50であった。なお本実験の結果は Table 6 に示すようで、米タンパク質のBV63.1に対し小麦タンパク質では49.1でその比は米100 : 小麦 78で、予備、本実験共文献値における米100 : 小麦 89よりも小麦においてかなり低い結果であった。

Table 5. Biological Value of rice or wheat protein (6% protein level)

	Rice		Wheat	
Period*	1	2	1	2
N Absorbed**	300 $\pm$ 15	268 $\pm$ 6	174 $\pm$ 15	139 $\pm$ 26
mg (A)				
Urinary N**	115 $\pm$ 7	100 $\pm$ 4	110 $\pm$ 11	94 $\pm$ 22
mg (B)				
(A)-(B)	60.1	62.7	36.8	32.4
(A)				
$\times 100\%$	61.4		34.6	
(100)			(50)	

* Period 1...10~12th day; 2...18~20th day $\pm$ S.E.

** Appearance

()...Ratio

Table 6. Biological Value of rice or wheat protein (11% protein level)

	Rice		Wheat	
Period*	1	2	1	2
N Absorbed**	431 $\pm$ 54	437 $\pm$ 52	300 $\pm$ 47	308 $\pm$ 23
mg(A)				
Urinary N**	158 $\pm$ 21	149 $\pm$ 18	138 $\pm$ 30	160 $\pm$ 18
mg(B)				
(A)-(B)	63.3	62.9	54.2	44.0
(A)				
$\times 100\%$	63.1		49.1	
(100)			(78)	
Literature	75.0		67	
(100)			(89)	

* Period 1...15~17th day; 2...22~24th day $\pm$ S.E.

**Metabolic nitrogen was subtracted.

()...Ratio

5. 窒素摂取量と体重増量の相関

予備実験における米ならびに麸タンパク質各レベル各々3群について窒素摂取量と体重増量の平均値をプロットした結果はFig. 6に示すように各3点はほぼ直線上にあった。本実験において米、小麦各群1匹ずつについてプロットした結果は Fig. 7に示すように摂取窒素量と体重増量の相関係数は米において0.97、麦において0.95であ

Fig. 6. The relationship between gain in weight and N intake

Fig. 7. Relationship between gain in weight and N intake from diet of rice or wheat.

った。また体重増の傾斜の傾きは米10.24 g/Ng, 麦6.74 g/Ng でその比は 100 : 66 であった。

考 察

食品タンパク質の栄養価を判定する時は普通食品そのものを他の成分と配合して飼料を調製するためタンパク質レベルはその食品のタンパク質含量よりも低い点で実験することになる。しかし一般にタンパク質含量の高い食品のタンパク質の栄養価が求められているので食品タンパク質の PER は従来10%レベルで比較することが望ましいとされている。

しかし各食品のタンパク質は質によって最高の体重増をきたすタンパク質レベルもしくは摂取窒素量は異なる。この点を考慮し Hegsted¹⁾は食品のタンパク質の質を比較するに当り各食品につき種々のレベルのタンパク質含量の飼料を調製してこれらで幼白ネズミを飼育し摂取N当りの体増量の傾斜から牛乳アルブミン, カゼイン, 大豆タンパク質, 小麦タンパク質の比較を行なった。しかし米タンパク質について各タンパク質レベルでの実験を行っていない。

米のタンパク質はでん粉顆粒中に protein body として分散しており, 小麦 gluten のように容易に水洗によ

ってでん粉粒子を除くことが困難であるため, 米タンパク質の濃縮は極めて手数を要する。そのため米タンパク質につき高レベルでその栄養価を他のタンパク質と比較した例は少なく, 中村²⁾らが米をアルカリ処理して溶出させた米タンパク質を酸性沈澱により約38%の米タンパク質濃縮物を得てこれにリジン, スレオニン補足の実験を行なった例と稲垣³⁾らが米タンパク質レベル 5.6%, 10%, 15%についてリジン補足とリジンとスレオニン補足の効果について研究した報告があるにすぎない。

われわれはできるだけ米タンパク質を分画せずにでん粉を除き米のタンパク質を濃縮するためプロテアーゼ free の α -アミラーゼを使用してその濃縮を試み, 一応満足すべき結果を得たが, 今後高価な結晶アミラーゼを使用せず, たとえ粗アミラーゼでもプロテアーゼ free の条件で米を処理して実験目的に適合する標品を調製することをさらに検討中である。また酵素アミラーゼ処理による上清からは餡が得られるばかりでなくタンパク質濃縮米粉の栄養価がグルテンのそれに比しかなり優れている点にかんがみその食用化と, アミノ酸補足による栄養価の一層の増強などに関しては今後の研究成果によるところが大である。

これまで米へのスレオニン補足効果の有無と理由に関し種々議論がなされ, 米タンパク質のスレオニンが動物に利用され難いとする報告などもあった⁴⁾⁵⁾。この点に関しさらに明解な解答を得るため, 飼料中のタンパク質レベルをかえて小麦ならびに米タンパク質へのリジンやスレオニンの補足効果に関し実験を続行中であるので次報では米と小麦タンパク質の栄養価と共にリジン, スレオニンの補足効果の問題にふれたい。

要 旨

米タンパク質と小麦タンパク質の栄養価を白ネズミの飼育実験によって比較するに当り, 両食品につき低タンパク質レベル (米タンパク質レベル), 中程度タンパク質レベル (小麦タンパク質レベル) と高タンパク質レベルの飼料を調製するため, 白米を細菌 α -アミラーゼ処理により, でん粉の1部を除いて, タンパク質濃縮米粉 (凍結乾燥粉末タンパク質26.9~33.9%) を用意し, 小麦グルテン (タンパク質69.4%) と小麦でん粉, 米, 小麦粉などを配合して, 各タンパク質レベルの飼料を調製し, 幼白ネズミを20日間自由食で飼育し, タンパク質効率比 (PER), 生物価 (BV) などを求めた。

その結果, 米の PER 1.60 と 1.75 平均 1.67, 小麦の PER 0.62 と 0.96 平均 0.79 で, 米の価を 100 とすると小麦では 47 (文献値 100 : 79) で, BV は米 63.1 に対し小麦 49.1 でその Ratio は 100 : 78 (文献値 100 : 89) でいずれも文献にみられるよりも米タンパク質と小麦タン

パク質の栄養価にかなり大きな開きがあり、米タンパク質は小麦タンパク質に比し、従来考えられていたより一層高い栄養価を有することを認めた。また米、小麦群とも摂取窒素量と体重増加量とはよく相関し、体重増の傾斜は米群で体重増量 10.24 g/摂取 Ng, 小麦群で 6.74 g/Ngでありその比は 100:66 であった。

本研究を行なうに当り、資料を御提供下さった大弥食品、新進食料工業ならびに上田化学に対し、またタンパク質濃縮米などのアミノ酸分析を行なっていただいた田辺製薬株式会社、田辺研究所に対し深甚なる感謝の意を表すると共に、研究費の一部を御援助下さった必須アミ

ノ酸研究委員会に対し、厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) Hegsted, D. M. and Chang, Y.: *J. Nutr.*, **85**, 159 (1965)
- 2) 中村延生蔵, 山田幸二, 木村孝雄: 栄養と食糧, **19**, 32 (1966)
- 3) 稲垣長典, 蕭舜香, 大西直澄, 津行恵子, 菅原すみ: 栄養と食糧, **16**, 264 (1963)
- 4) Nonaka, Y. and Ariyama, H.: *Agr. Biol. Chem.*, **26**, 635 (1962)
- 5) Nonaka, Y. and Ariyama, H.: *Agr. Biol. Chem.*, **26**, 850 (1962)

(昭和46年7月8日受理)