アミノ酸補足効果に関する研究 (第1報)

Effect of Supplementation of Amino Acids on the Foods and Feeds (I)

小麦粉に対するリジン, トレオニン, メチオニン, トリプトファンの強化

The Fortification of Wheat Flour with Lysine, Threonine,
Methionine and Tryptophan

(昭和 34 年 12 月 10 日受理)

小 林 邦 彦 岩 田 久 敬
(Kunihiko Kobayashi) (Hisayosi Iwata)

The young albino rats were fed with wheat flour fortified with 0.5% of L-lysine, DL-threonine, DL-methionine or DL-tryptophan, respectively, and the effects on the growth rate, protein efficiency and biological value were studied. The positive effects on the growth rate and biological value were observed only with L-lysine.

When the diet was fortified by 0.5% of lysine plus 0.5% of threonine, methionine or tryptophan, the effects on the growth rate and protein efficiency were observed only with lysine plus tryptophan.

I 緒 言

植物蛋白質は動物蛋白質に比べて必須アミノ酸のうちリジン, トレオニン, メチオニン, トリプトファン等に不足しているのをそれらを補足すればその蛋白質の効果が増すことは一般に認められている所である。しかし栄養価の低い蛋白質を含む食飼料にアミノ酸を補足するに当つては蛋白質含量, カロリー価, 他の栄養素の含量の他に, アミノ酸の吸収利用率, アミノ酸の過不足, 結合状態, 拮抗, 毒作用等考えねばならない多くの問題がある。例えば計算上不足していると思われるアミノ酸を添加しても, 期待するような効果の得られない場合があり^{1,6)}, またアミノ酸を添加したがためにかえつて成長の抑制, 肝脂肪の集積, ビタミン欠乏等の悪影響があらわれることなど^{7,8)}が報告されている。この他に食品中の各アミノ酸の吸収利用率に関する研究も多少行われている^{9,10,11)}。

著者等は栄養価の低い蛋白質に対するアミノ酸補足に関する諸問題を究明するために, まずわが国の主要食物の一つである小麦粉を基本としてこれに各種アミノ酸を補足強化して幼シロネズミに与えて実験を行なつた。

小麦粉の蛋白質については古く Osborne および Mendel¹²⁾ によつて, リジンの不足が指摘されて以来多くの研究がなされた。そして小麦粉蛋白質の重要アミノ酸組成(%)は¹³⁾リジン 1.9, トレオニン 2.7, メチオニン 2.0,

シスチン 1.9, トリプトファン 0.8, ヒスチジン 2.2, フェニールアラニン 5.5, チロシン 3.8, ロイシン 7.0, イソロイシン 4.2, バリン 4.1 とされている。これらの研究に基づいて小麦粉蛋白質の栄養価補足実験も多くなされている。最初は主にリジンを多量に含んだ食品, すなわち乳類・乾燥酵母・大豆粉等を添加したものであつたが, その後リジンその他のアミノ酸を純結晶の型で強化した実験も行われた。かくして小麦粉に対するリジンの補足効果は一応認められたが, リジンの補足だけで充分効果をあげえんとする者^{14,15)}とリジンだけでは不充分でトレオニン, メチオニン, バリン等の補足により, 一層充分な効果があげられるという者^{4,16)}の二つがある。

著者等はまず良質の薄力小麦粉に L-リジン, DL-トレオニン, DL-メチオニン, DL-トリプトファンを単独に, あるいは2種組合わせて補足したものを, 幼いネズミに与えて成長試験ならびに蛋白質の効率試験を行ない, かつ生物価を測定した。その結果単独添加ではリジンが最も有効であり, 組合わせ添加ではリジンとトレオニンの組合わせが最も有効で, リジンとメチオニン, またはリジンとトリプトファンの組合わせがこれに次ぐことを認めた。ここにそれらの詳細を報告したいと思う。

II 実験 その一

A. 実験法: 体重 70~80 g の幼い健康なシロネズミ雄 2 頭, 雌 2 頭計 4 頭を 1 区として飼育した。

基本飼料は薄力小麦粉 93, 緑葉（主にクロバー）粉 5, マツカラム塩 1, 炭酸カルシウム（コロイカル）1 の比に配合したもので、その蛋白質含量は 9.4% であった。これを対照区のネズミに与えた。アミノ酸はいずれも純結晶で次の 4 種を用いた。

記号 L……L-リジン, Th……DL-トレオニン, M……DL-メチオニン, Tr……DL-トリプトファン

アミノ酸はすべて基本飼料に対して 0.5% を添加した。すなわち小麦粉に所定量のアミノ酸を加えて十分に平等に混和したものを用いた。

飼料はすべて各区同量を水でねつて 20 日間蒸煮して与えた。飼料給与開始後 4 日目から、1 期 5 日間づつ 2 回にわたって糞と尿を集め、その中の窒素量を測定した。

B. 実験その一の結果： このようにして 13 日間飼育した結果、体重増加ならびに蛋白質の効率は表 1 のようになった。

表 1. L, Th, M, Tr, 添加と体重増加, 蛋白質の効率*

区 分	初体重 g	13日後 g	13日間 増重 g	同 比	蛋白質 の効率 %	同 比
対 照 区	77.3	106.0	28.7	100	231	100
L 区	75.3	109.5	34.2	119	278	120
Th 区	76.0	104.8	28.8	100	230	100
M 区	76.5	103.5	27.0	94	223	96
Tr 区	75.8	101.3	25.5	89	207	90

* 蛋白質の効率は食下蛋白質に対する体重増加を%で示した。

次に窒素出納から生物価を求めて検討した結果は表 2 のようになった。

表 2. L, Th, M, Tr, 添加と生物価*

区 分	期	食下 窒素 mg/ day	窒素 集積 mg/ day	同平均 mg/ day	生物価	同平均	同 比
対照区	1	157.0	61.0	57.3	47.4	47.1	100
	2	144.4	53.6		46.7		
L 区	1	155.6	89.5	83.4	63.0	69.5	148
	2	143.2	86.2		76.0		
Th 区	1	158.4	66.8	61.0	50.3	48.8	104
	2	145.7	55.1		47.2		
M 区	1	154.2	67.6	59.0	53.0	48.0	102
	2	141.9	50.4		43.0		
Tr 区	1	155.6	65.5	60.1	50.9	49.0	104
	2	143.2	54.7		47.1		

* 生物価は $\frac{\text{摂取 N} - (\text{糞 N} + \text{尿 N})}{\text{摂取 N} - \text{糞 N}} \times 100$ で表わし、糞

中の代謝窒素、尿中の内生窒素は各区等しいものと考え、計算に入れなかつた。

Ⅲ 実験 その 二

A. 実験法： やや成長した雄の中ネズミについて実験その一に使ったアミノ酸補足区の飼料に更に L を 0.5% 追加して 3 日間の予備飼育を行い次いで 5 日間づつ 3 期に分けて実験その一の場合と同様に、各区の飼料食下量を同一にして実験を行った。すなわち対照区（無添加）、1.0% L 区、0.5% Th+0.5% L 区、0.5% M+0.5% L 区、0.5% Tr+0.5% L 区の 5 区を設けて実験した。

B. 実験その二の結果： 体重増加ならびに蛋白質の効率は表 3 のようになった。

表 3. L と Th, M, Tr, 添加と体重増加, 蛋白質の効率*

区 分	初体重 g	15日後 体重 g	15日間 増重 g	同 比	蛋白質 の効率 %	同 比
対 照 区	112.0	132.5	20.5	100	139	100
L 1% 区	119.0	141.5	22.5	110	154	111
L+Th 区	121.0	146.5	25.5	124	171	123
L+M 区	116.0	138.5	22.5	110	155	112
L+Tr 区	106.0	129.0	23.0	112	156	112

* 蛋白質の効率は食下蛋白質に対する体重増加を%で示した。

次に窒素出納試験から生物価を求めて検討した結果は表 4 のようになった。

表 4. L と Th, M, Tr, 添加と生物価*

区 分	期	食下 窒素 mg/ day	窒素 集積 mg/ day	同平均 mg/ day	生物価	同平均	同 比
対 照 区	1	157.0	70.7	73.4	54.6	56.0	100
	2	157.0	66.1		50.2		
	3	157.0	83.4		63.3		
L 1% 区	1	155.6	109.1	110.3	84.8	85.8	153
	2	155.6	110.4		85.3		
	3	155.6	113.3		87.4		
L+Th 区	1	158.4	114.6	107.4	87.7	81.5	146
	2	158.4	106.4		81.3		
	3	158.4	100.4		75.4		
L+M 区	1	154.4	91.0	91.8	70.3	74.9	134
	2	154.4	98.2		75.7		
	3	154.4	101.3		78.7		
L+Tr 区	1	157.0	114.4	110.4	83.4	82.9	148
	2	157.0	105.6		80.7		
	3	157.0	111.3		84.5		

* 生物価は $\frac{\text{摂取 N} - (\text{糞 N} + \text{尿 N})}{\text{摂取 N} - \text{糞 N}} \times 100$ で表わし、糞

中の代謝窒素、尿中の内生窒素は各区等しいものと考え、計算に入れなかつた。

Ⅳ 考 察

表 1 によつて明らかなように小麦粉に L, Th, M, Tr,

を単独に 0.5% 添加補足した場合について見るに、L 添加によつて 20% の増重効果が認められただけで、他のものでは効果が認められなかつた。従来小麦粉に L を強化して効果を認めた者は甚だ多い。他方 Rosenberg 等¹⁾は L-トレオニンあるいは L-バリンを強化した白パンで効果のないことを認めている。

表 2 の生物価に対する効果を見るに成長試験の場合と同じく、L 添加によつて生物価の増加は著しかつたが、他のものでは僅少であつた。今考察の便のために本研究に用いた各区飼料の蛋白質のアミノ酸組成ならびに完全飼料の蛋白質のアミノ酸組成とを対比して表示しよう。

一般に完全食と考えられている食物蛋白質のアミノ酸組成と小麦粉のそれとを比べて見ると、著しく欠けてい

るものはリジンが最大でトリプトファン、メチオニンが順次これに次ぎ、ヒスチジン、トレオニン、バリンがこれに次ぎ他のものはほぼ十分である。このことから考えて本実験において L が甚だ有効であつたことが了解される。

次に表 3 によると、L1% 添加では添加しないものに比べて蛋白質効率が約 10% 高くなり、ネズミの成長につれてやや低下しているがこれは当然のことである。L の他に Th を補足したものは効率が 20% 余増大し、Th 単独で効果のなかつたものが L 併用によつて有効となつたことが了解される。しかし M および Tr 補足の効果は見られなかつた。これは他のアミノ酸がまだ充分満足されていないためと考えられた。かつて Rosenberg 等²⁾は白

	リ ジ ン	ト レ オ ニ ン	メ チ オ ニ ン	トリ プ ト フ ア ン	フ ア エ ラ ニ ー ル ン	ロ イ シ ン	イ ソ ロ イ シ ン	バ リ ン	ヒ ス チ ジ ン	ア ル ギ ニ ン
基 本 飼 料 蛋 白 質 100 中	2.21	3.18	1.84	0.95	5.34	7.22	4.31	4.56	2.16	3.77
(備 考) 幼 ネ ズ ミ 理 想 蛋 白 質 100 中	5.0	2.5	2.0	1.0	3.5	4.0	2.5	3.5	2.0	1.0
同 上 に 対 し 基 本 飼 料 の 比 %	44	127	92	95	153	181	172	130	108	377
同・L 0.5% 添 加 の 場 合 の 比 %	146	127	92	95	153	181	172	130	108	377
同・Th 0.5% 添 加 の 場 合 の 比 %	44	228	92	95	153	181	172	130	108	377
同・M 0.5% 添 加 の 場 合 の 比 %	44	127	214	95	153	181	172	130	108	377
同・Tr 0.5% 添 加 の 場 合 の 比 %	44	127	92	348	153	181	172	130	108	377
同・L 1% 添 加 の 場 合 の 比 %	246	127	92	95	153	181	172	130	108	377
同・L 0.5%, Th 0.5% 添 加 の 場 合 の 比 %	146	228	92	95	153	181	172	130	108	377
同・L 0.5%, M 0.5% 添 加 の 場 合 の 比 %	146	127	214	95	153	181	172	130	108	377
同・L 0.5%, Tr 0.5% 添 加 の 場 合 の 比 %	146	127	92	348	153	181	172	130	108	377
(備 考) 人 の 理 想 蛋 白 質 100 中	6.3	4.0	(2.7)	1.3	5.0	10.3	4.0	4.6	2.5	3.4
同 上 に 対 し 基 本 飼 料 と の 比 %	35	80	68	73	107	70	108	100	86	111

注 飼料蛋白質のアミノ酸組成は Block 等³⁾による。

幼ネズミ理想蛋白質のアミノ酸組成は Block 等 (Amino acid Handbook, 1956) による幼ネズミ要求量より計算した。人の理想蛋白質のアミノ酸組成は岩田久敬著、総合食品化学 (1955) による。

パン強化実験で0.2%あるいは0.4% L-リジンを添加して、その上にトレオニン、メチオニンまたバリンをそれぞれ添加しても、あるいはリジン、トレオニン、バリンの3者を添加してもリジンのみ添加の場合と同じ効果しか認めなかつた。一方SureTMは小麦粉(ただし全粒粉)に0.4% L-リジンを添加した上に0.2% DL-トレオニンを添加した場合、リジンのみの場合よりも効果が大きく、またDL-メチオニンを0.4%添加した場合も僅かに効果が増すことを認めている。また遠藤・桜井⁹⁾も小麦粉に0.4% L-リジンを添加しても僅かの効果しか見られず、0.24% L-トレオニンを追加してはじめて顕著な効果のあることを認めている。

小麦粉に対してLの添加量を0.5%から1%に増しても効果はすくなかつた。これは成長の進んだネズミを使つたためと考えた。しかしRosenberg等¹⁴⁾はネズミで白パンに0.1, 0.2, 0.4, 0.8, %の各段階でリジンを添加しその補足効果を調べ、その最大効果は0.5~0.8%の間にあることを認め、それ以上添加しても効果は同じであることを報告している。

表4の生物価を見るに成長試験の場合と異つてネズミの成長したにもかかわらずL1%添加の効力がやや増大している。またLの外にTrまたはThを補足したものはこれに次ぎMを補つたものがこれに次いでいた。この点については後日検討したいと思う。

V 要 約

1. 薄力小麦粉食にL-リジン、DL-トレオニン、DL-メチオニン、DL-トリプトファンを0.5%づつ単独に強化して幼いシロネズミを飼育した結果、体重増加、蛋白質効率、生物価からリジンが最も有効であることを認めた。

2. 上記の実験に次いでトレオニン、メチオニン、トリプトファンをリジンと組合わせて添加して試験した場合、リジンとトレオニンの組合せはリジンのみ添加の場合に比べて成長効果が顕著であつたが、その他はリジンだけ添加の効果とほぼ同程度であつた。しかし生物価ではリジンだけの効果が高く、他のものとの組合わせの効果は高く表われなかつた。

3. 要するに小麦粉に対してはリジン単独にまたはリジンとトレオニンを組合わせて強化することが甚だ有効であることを認めた。

附記： 本報の要旨は昭和33年10月、熊本市における第12回栄養・食糧学会、日本生化学会九州支部合同大会において講演した。

この研究に対して材料を提供し援助された田辺製菓株式会社、熊本製粉株式会社、ならびに実験上助力された永田正明、平原千穂子両君に謝意を表する。

文 献

1. Deshpande, P. D., Harper, A. E., Quiros-Perez, F. and Elvehjem, C. A.: *J. Nutrition* **57**, 415 (1955)
2. 田村, 松野, 西原: 栄研報, 31年度, 18 (1956)
3. 柳, 島峰, 飯島, 渡辺: 栄養と食糧 **10**, 115 (1957)
4. 遠藤, 桜井: 栄研報, No. **13**, 23 (1958)
5. Hundley, J. M., Sandstead, H. R., Sampson, A. G. and Whedon, G. D.: *Am. J. Clin. Nutrition* **5**, 316 (1957), *Nutrition Rev.* **16**, 46 (1958)
6. 村田, 宮川, 松川, 池畑, 白妙, 岡: 栄養と食糧 **11**, 115 (1958)
7. *Nutrition Rev.*: **11**, 61 (1953)
8. Harper, A. E.: *Nutrition Rev.* **14**, 225 (1956)
9. Kuiken, K. A. and Lyman, C. M.: *J. Nutrition* **36**, 359 (1948). Kuiken, K. A.: *J. Nutrition* **46**, 13 (1952)
10. Guthenack, B. T., Bennette, B. A. and Schweigert, B. S.: *J. Nutrition* **49**, 289 (1953)
11. *Nutrition Rev.* **16**, 344 (1958)
12. Osborne, T. B. and Mendel, L. M.: *J. Biol. Chem.* **17**, 325 (1914)
13. Block, and Bolling, D.: *The Amino acid Composition of Proteins and Food* (1951)
14. Rosenberg, H. R. and Rohdenburg, E. L.: *Arch. Biochem. Biophys.* **37**, 461 (1952)
15. Rosenberg, H. R., Rohdenburg, E. L. and Baldini, J. T.: *Arch. Biochem. Biophys.* **49**, 263 (1954)
16. Sure, B.: *J. Agr. Food Chem.* **2**, 1,108 (1954), *Ibid.* **5**, 373 (1957)

(九州大学農学部農芸化学教室)