食品たん白質中の必須アミノ酸の相互関係について

松野信郎, 野村美弥, 山口迪夫

国立栄養研究所

Correlation between Contents of Essential Amino Acids in Food Proteins

Nobuo Matsuno, Miya Nomura and Michio Yamaguchi

The National Institute of Nutrition

The coefficients of correlation between the contents of 8 essential amino acids were calculated in 28 cases of their combinations in 152 foods using the Amino Acid Composition Table of Japanese Foods (1966).

The values distributed in a wide range, where the highest correlation, i.e. 0.76, was obtained in the case of Isoleucine and Leucine. The mean ratio of Threonine to Lysine was 0.94 with a greater variance for vegetable foods, while that for animal foods was 0.56 with little variance. The coefficient of correlation between Methionine and Cystine was comparatively small, i.e. lower than 0.3. In the case of Phenylalanine and Tyrosine, the value was 0.61 for vegetable foods and -0.24 for animal foods. Although the contents of these two amino acids were similar both in vegetable and animal foods, the coefficient of their variance was large in vegetable foods.

Jap. J. Nutr., 36 (5) 225~230 (1978)

食品たん白質の栄養価値を推定する場合、従来、制限アミノ酸や全必須アミノ酸割合が重要な因子として考えられてきたが、各必須アミノ酸含量の相互関係も検討すべき問題の1つである。

すなわち、これまでに数多く行なわれてきた、たん白質、アミノ酸栄養に関する実験でアミノ酸の相互比率が栄養効果に影響を与えることはアミノ酸インバランス現象などでも知られている。分岐鎖アミノ酸およびリジンとスレオニンはそれぞれに相互比率を保つことが重要であるといわれている。さらに、メチオニンとシスチン、フェニルアラニンとチロシンのように必須アミノ酸とその前駆体の量的関係は栄養価算定の際に配慮されなければならない問題である。日常の食事では種々の食品たん白質を取り合わせて摂取するのでたん白質の栄養効果を高めるためにも食品中の必須アミノ酸含量の相互関係について一般的な法則を理解しておくことは必要である。特に、植物性と動物性の食品に分けてこの関係を明らかにすることは将来のたん白質源と栄養の問題を結びつける上でも重要なことと思われる。これまでも食品たん白質のアミノ酸の相互関係について論じた報告¹⁾はあるが、全部の必須アミノ酸について栄養学的観点から相関係数を算定した例はない。

この報告では、まず植物性食品と動物性食品の2つに大別し、食品たん白質中に含まれるある必須アミノ酸の含量が他の必須アミノ酸の含量とどの程度の相互関係にあるかを日本食品アミノ酸組成表(1966)²⁾の数値を用いて明らかにしたものである。

方 法

日本食品アミノ酸組成表¹⁾では、各必須アミノ酸含量は窒素 1g 当りの mg 数で示されているが、この報告では便宜上たん白質 1g 当りの mg に換算したものを使用した。植物性食品80種、動物性食品72種の合計152種の食品について、8種類の必須アミノ酸含量の相互関係を算出した。なおシスチンはメチオニンと合計

して含硫アミノ酸とし、チロシンはフェニルアラニンと合計して芳香族アミノ酸として取扱ったが、メチオニンとシスチンおよびフェニルアラニンとチロシンの相互関係についても算出した。

結果および考察

(1) 必須アミノ酸の相互関係

表1～4に示すように、必須アミノ酸相互の相関係数は著しく異なっている。植物性食品および動物性食品の合計152種では有意の相関係数を示したものは表1および表4のように、必須アミノ酸の組み合わせ28のう

表1 全食品の必須アミノ酸相関係数（植物性および動物性食品の合計）

	Ile	Leu	Lys	Met+Cys	Phe+Tyr	Thr	Trp	Val
Ile	—	0.76	0.50	0.10	0.42	0.47	0.50	0.70
Leu	0.76	—	0.35	0.17	0.14	0.27	0.00	0.58
Lys	0.50	0.35	—	0.22	-0.09	0.47	-0.12	0.27
Met+Cys	0.10	0.17	0.22	—	0.24	0.29	0.25	0.21
Phe+Tyr	0.42	0.14	-0.09	0.24	—	0.41	0.43	0.60
Thr	0.47	0.27	0.47	0.29	0.41	—	0.45	0.59
Trp	0.50	0.00	-0.12	0.25	0.43	0.45	—	0.38
Val	0.70	0.58	0.27	0.21	0.60	0.59	0.38	—

例数 152 有意水準 ($p \leq 0.05$) $|r| \geq 0.195$

表2 植物性食品の必須アミノ酸相関係数

	Ile	Leu	Lys	Met+Cys	Phe+Tyr	Thr	Trp	Val
Ile	—	0.73	0.43	-0.63	0.63	0.48	0.45	0.27
Leu	0.73	—	0.35	-0.14	0.65	-0.07	0.05	0.57
Lys	0.43	0.35	—	-0.48	-0.49	0.19	-0.56	0.03
Met+Cys	-0.63	-0.14	-0.48	—	0.39	0.21	0.09	0.16
Phe+Tyr	0.63	0.65	-0.49	0.39	—	0.59	0.66	0.47
Thr	0.48	-0.07	0.19	0.21	0.59	—	0.39	0.65
Trp	0.45	0.05	-0.56	0.09	0.66	0.39	—	0.33
Val	0.27	0.57	0.03	0.16	0.47	0.65	0.33	—

例数 80 有意水準 ($p \leq 0.05$) $|r| \geq 0.217$

表3 動物性食品の必須アミノ酸相関係数

	Ile	Leu	Lys	Met+Cys	Phe+Tyr	Thr	Trp	Val
Ile	—	0.49	0.28	0.19	0.07	0.14	0.50	0.32
Leu	0.49	—	0.48	0.19	0.08	0.44	0.44	0.48
Lys	0.28	0.48	—	0.10	0.14	0.34	0.18	0.37
Met+Cys	0.19	0.19	0.10	—	-0.07	-0.54	0.37	0.04
Phe+Tyr	0.07	0.08	0.14	-0.07	—	0.10	0.06	0.62
Thr	0.14	0.44	0.34	-0.54	0.10	—	0.47	0.24
Trp	0.50	0.44	0.18	0.37	0.06	0.47	—	0.44
Val	0.32	0.48	0.37	0.04	0.62	0.24	0.44	—

例数 72 有意水準 ($p=0.05$) $|r| \geq 0.231$

表 4 必須アミノ酸相関係数の順位

全 食 品		植物性食品		動物性食品	
Ile : Leu	0.76	Ile : Leu	0.73	Phe+Tyr : Val	0.62
Ile : Val	0.70	Phe+Tyr : Trp	0.66	Ile : Trp	0.50
Phe+Tyr : Val	0.60	Leu : Phe+Tyr	0.65	Ile : Leu	0.49
Thr : Val	0.59	Thr : Val	0.65	Leu : Lys	0.48
Leu : Val	0.58	Ile : Phe+Tyr	0.63	Leu : Val	0.48
Ile : Lys	0.50	Phe+Tyr : Thr	0.59	Thr : Trp	0.47
Ile : Trp	0.50	Leu : Val	0.57	Leu : Trp	0.44
Ile : Thr	0.47	Ile : Thr	0.48	Leu : Thr	0.44
Lys : Thr	0.47	Phe+Tyr : Val	0.47	Trp : Val	0.44
Thr : Trp	0.45	Ile : Trp	0.45	Lys : Val	0.37
Phe+Tyr : Trp	0.43	Ile : Lys	0.43	Met+Cys : Trp	0.37
Ile : Phe+Tyr	0.42	Thr : Trp	0.39	Lys : Thr	0.34
Phe+Tyr : Thr	0.41	Met+Cys : Phe+Tyr	0.39	Ile : Val	0.32
Trp : Val	0.38	Trp : Val	0.33	Ile : Lys	0.28
Leu : Lys	0.35	Ile : Val	0.27	Thr : Val	0.24
Met+Cys : Thr	0.29	Leu : Lys	0.26	Met+Cys : Thr	-0.54
Lys : Val	0.27	Met+Cys : Lys	-0.48		
Leu : Thr	0.27	Lys : Phe+Tyr	-0.49		
Met+Cys : Trp	0.25	Lys : Trp	-0.56		
Met+Cys : Phe+Tyr	0.24	Ile : Met+Cys	-0.63		
Lys : Met+Cys	0.22				
Met+Cys : Val	0.21				

ち22であった。相関係数の最高値はイソロイシンとロイシンの組み合わせで、0.76を示した。この値は、植物性食品、動物性食品および全食品のすべてを通じ最高であった。また、イソロイシンとバリンの関係も0.70で高く、ロイシンとバリンとの間にも0.58の相関係数が得られた。これらのアミノ酸は分岐鎖アミノ酸として、重要視されているが、いずれもかなり高い相関係数を示すことは興味深いことである。

全般を通じ分岐鎖アミノ酸とスレオニンは他のアミノ酸と相関が強いことが示されたが、植物性食品のロイシンだけは例外であった。また、リジンと含硫アミノ酸の他のアミノ酸に対する相関は特に植物性食品の場合に低いことが示されたが、これらアミノ酸が植物性食品の制限アミノ酸である場合が多いことと符合すると考えられる。一般に動物性食品での相関係数は植物性食品の場合よりも高い傾向を示し、それぞれの場合に有意の逆相関を示したのは1例 (M+C : Thr) と4例 (Ile : M+C, Lys : M+C, Lys : P+T, Lys : Trp) であった。特に芳香族アミノ酸は動物性と植物性と著しく差異があり、植物性の方が高い値を示したことは興味あることと思われる。

28種類のアミノ酸の組み合わせのうち、動物性、植物性の両方に有意の相関関係を示したものは9組であった。

(2) 植物性、動物性別食品の必須アミノ酸含量

植物性食品、動物性食品、および全食品における各必須アミノ酸含量の平均値および標準偏差、変動係数を表5に示した。

トリプトファンを除いて、他のアミノ酸はいずれも植物性食品の方が動物性よりも変動幅がかなり大きい、これは植物性食品のうち穀類や豆類、種実類に全窒素当りの全必須アミノ酸の割合が比較的高いのに対して、

表 5 食品中の必須アミノ酸含量 (たん白質 1g 当り mg)

アミノ酸	植物性食品		動物性食品		全食品	
	M±SD*	CV**(%)	M±SD	CV(%)	M±SD	CV(%)
Ile	36±13 (100)***	36	48±6 (133)	13	42±12	29
Leu	59±25 (100)	42	81±11 (137)	14	70±22	31
Lys	44±15 (100)	34	82±14 (186)	17	62±26	42
Met+Cys	24±11 (100)	46	38±8 (158)	21	31±11	35
Phe+Tyr	70±25 (100)	36	78±13 (111)	17	73±33	45
Thr	34±11 (100)	32	44±9 (129)	20	39±11	28
Trp	10.6±4.0 (100)	38	12.2±5.3 (115)	43	11.4±3.6	32
Val	48±18 (100)	27	53±19 (110)	19	51±15	29

* 平均±標準偏差

** 変動係数 (SD/M%)

*** 植物性食品を 100 とした値

野菜、果物などでは著しく低いことに原因している。この点、動物性食品の場合には全必須アミノ酸の割合が植物性よりも高く、しかも、かなり狭い範囲内に分布しているため、変動幅は小さいと考えられる。植物性食品に比べて動物性食品に著しく多い必須アミノ酸はリジン、含硫アミノ酸であり、かなり多いものはロイシン、イソロイシン、スレオニンである。

これらアミノ酸の総合的栄養効果を明らかにすることは動物性たん白質の栄養学的意義を究める上で重要であると考えられる。

(3) リジンとステレオニンの関係

リジンとスレオニンの相互関係はたん白栄養上重要な因子であると考えられているが、その相関係数は植物性で0.19、動物性で0.34、全食品で0.47を示し、動物性食品で両アミノ酸の相関があり、しかも高いという特徴がうかがわれた。次に、スレオニンのリジンに対する割合(%)を求めると、表6に示すように植物性食品では488と例外的に高いコーンフレックスを除外した79例の平均値は94、変動係数(%)は61.8であった。また最頻値は60~80%のところにみられた。一方、動物性では平均値56、変動係数24.3であり、全体の約2/3が40~60%の間に集中していた。このように植物性食品ではリジンに対

表 6 リジンに対するスレオニンの割合の度数分布

Thr/Lys (%)	植物性食品	動物性食品
0~ 20	0	
20~ 40	5	3
40~ 60	9	50
60~ 80	28	17
80~100	7	
100~120	14	1
120~140	9	1
140~160	4	
160~180	1	
180~200	1	
200~220	1	
合 計	79	72
M*	94	56
SD**	±58	14
CV***	61.8	24.3

*, **, *** 表5に同じ

するスレオニンの含量が多いが、食品によって著しい変動幅があるのが大きな特徴であった。これに対し、動物性食品では植物性の約 2/3 の値であり、変動幅が著しく少ないのが特徴であった。

表 7 食品中のメチオニンとシスチンおよびフェニルアラニンとチロシンの相関係数と各アミノ酸含量

a) 相関係数

アミノ酸	植物性食品	動物性食品	全食品
Met : Cys	0.27	0.23	0.27
Phe : Tyr	0.61	-0.24	0.41

b) 含量 (mg/たん白質 g)

アミノ酸	植物性食品	動物性食品	全食品
Met	12.6±7.6	25.5±5.7	18.7±9.4
Cys	11.7±6.0	12.9±4.7	12.3±5.5
Phe	37.9±14.4	40.9±8.0	39.3±11.9
Tyr	30.4±17.5	36.7±8.0	33.9±16.2

(注) いずれも 平均±標準偏差

(4) メチオニンとシスチンの関係

表 7 にメチオニンとシスチンの含量および両者の相関係数を示した。メチオニン含量は動物性食品の方が植物性よりも高いが、シスチン含量は両者であり差異はなかった。相関係数は植物性、動物性、全食品とも 0.3 以下で、いずれも低い値を示した。メチオニンに対するシスチンの割合 (%) は、動物性食品では 56±28 で、チーズの 16 からたらこの 183 の範囲に分布した。一方、植物性では変動幅が大きく、50 未満が 15 例、50~99 が 24 例、100~149 が 21 例、150 を越えるものが 20 例もあった。ことにチョコレートは 400、たまねぎ、いちご、酒は 500、茶は 1,000 の値を示したが、これらはシスチン含量が高いというより、メチオニン含量が低いことに起因している。これら例外的に高い 5 種類の食品を除いた平均値は 103±60 であり、動物性に比べて約 2 倍の値を示した。

(5) フェニルアラニンとチロシンの関係

フェニルアラニンとチロシンの含量および両者の相関係数を同じく表 7 に示した。フェニルアラニン含量の平均値では動物性食品の方が植物性よりも約 10% 高く、チロシンでは約 20% 高かったが、有意差は認められなかった。両者の相関係数は植物性で 0.61 で高かったが、動物性では逆に -0.24 であり、相関は認められなかった。フェニルアラニンに対するチロシンの割合 (%) は植物性では変動幅が大きく、れんこんの 14 からたけのこの 455 の範囲に分布し、平均値は 93±64 であった。一方、動物性食品では卵白の 46 からやぎ乳の 154 の範囲に分布し、平均値 92±19 で植物性の値と近似した。

要 約

1) 食品たん白質中に含まれる 8 種類の必須アミノ酸の相互関係を明らかにする目的で、日本食品アミノ酸組成表を使用し、植物性食品、動物性食品および全食品における 28 組のアミノ酸の組み合わせの相関係数を算出した。その結果必須アミノ酸相互の相関係数は著しく異なっており、152 種類の全食品では最高はイソロイシンとロイシンの組み合わせで 0.76 を示した。

- 2) またリジンとスレオニンとの関係では植物性食品ではリジンに対するスレオニンの含量が多かったが、食品による変動幅が大であり、動物性では植物性の約 $2/3$ で変動幅も少なかった。
- 3) メチオニンとシスチンとの間の相関係数は 0.3 以下で非常に低かった。
- 4) フェニルアラニンとチロシンの間の相関係数は植物性食品では 0.61 であったが動物性食品では -0.24 でチロシン/フェニルアラニンの比は植物、動物性食品共近似した値を示したが、変動幅は植物性食品では著しく大きかった。

文 献

- 1) 農林省，食糧研究所：食糧—その科学と技術—第10号，p. 13~17 (1967)
- 2) 科学技術庁：「日本食品アミノ酸組成表」(1966)，大蔵省印刷局

(受付：昭和53年10月2日)