シロネズミ肝内酵素活性度による食品タン白質の 栄養価測定の可能性について (第 2 報)

On the Possibility of Measuring the Nutritive Value of Food
Protein through a Rat's Liver Enzyme Activity (Report 2)

成熟シロネズミ肝内酵素活性度を指標とした各種食品タン白質の栄養
価測定法について

On the Measurement of Nutritive Value of Various Kinds of Food
Protein by Using a Rat's Liver Enzyme Activity as a Criterion.

女子栄養大学 (Kagawa Nutrition College)

菅 原 龍 幸 (Tatsuyuki Sugahara) 菅 原 紀 子 (Noriko Sugahara)

The suitable level of protein in diet for evaluation of food protein quality by using adult rat's liver enzyme activity as a criterion was examined by using 15 kinds of food proteins.

The results are as follows :

About xanthine oxidase, the most remarkable paralleled relation between protein quality and enzyme activity were obtained when at 15% and 20% levels of food protein in the diet. About arginase this paralleled relation is found in the case of 20% only.

From these results and previously reported results, we have divided 15 kinds of food protein used into groups by using xanthine oxidase activity. The 3 groups are found : the groups of eggs with the highest activity, that of soya beans with middle activity, and that of gluteins with the lowest activity.

These results tell us that such results almost correspond with the so far well-known nutritive value of food proteins.

1)
緒 言 前報¹⁾において著者らは各種タン白質についてシロネズミの肝内酵素活性度, 特にキサンチン酸化酵素活性度がシロネズミの体重増加率と強い相関関係にあり, タン白質以外の栄養組成が一定条件の下においては本酵素の活性度に殆んど影響を与えないことを見出し, Litwach²⁾³⁾ら, 村松ら⁴⁾⁵⁾と同様に本酵素の活性度の大小を比較することによつてタン白質の栄養価を判定し得る可能性があることを知つた。更に今回は成熟シロネズミを使用し, その肝内酵素活性度を指標として栄養価を測定するための条件, すなわち飼育期間と飼料中のタン白質レベルが肝内酵素活性度に及ぼす影響について実験した。その結果を基として酵素活性度から, 試験的に各種食品タン白質の相対的な栄養価を判定してみたのでここに報告する。

実 験

I 飼料投与期間とシロネズミ肝内酵素活性度との関係

表I 飼料組成

	重 量
小麦粉	70 g
カゼイン	15
大豆油	9
混合塩	4
肝油	2
水	150

(1) 実験と結果

Wister-King 系成熟シロネズミ(♂)の160~190 gの体重のもの45匹を使用した。

表Iに示す組成の飼料を加熱、だんご状にして与え1週間飼育した後、対照として5匹を断首し前報に従って肝キサンチン酸化酵素、肝アルギナーゼの活性度を測定した。他の40匹を2群に分け、一方には表IIに示す15%の卵アルブミン、他方には15%の米タン白質飼料を与え飼育し、各群共5匹ずつ3日、7日、10日、15日後に断首しキサンチン酸化酵素、アルギナーゼの活性度を測定し、図Iに示すような結果を得た。

表II 飼 料 組 成 (A)

試 料 食 品 名	タ ン 白 質			デ ン プ ン			大 豆 油		
	20%	15%	10%	20%	15%	10%	20%	15%	10%
全 卵	40	30	20	54	64	72	0	0	2
卵 アル ブ ミ ン	24	18	12	60	66	72	10		
カ ゼ イ ン	24	18	12	60	66	72	10		
牛 肉	28.6	20	14.3	55.4	64	69.7	10		
鮪 肉	26.7	20	13.3	57.3	64	70.7	10		
い か	26.7	20	13.3	57.3	64	70.7	10		
あ さ り	31.3	23	15.3	52.7	61	69.3	10		

各群とも Steenbock No. 32 4g, 肝油 2gを含む。B₁ 80 γ, B₂ 80 γ, B₆ 100 γ, パントテン酸 Ca 400 γ, ニコチン酸 400 γ を毎日径口投与。

すなわち図Iに示すように卵アルブミンについては3~7日にかけてキサンチン酸化酵素の単位活性度は暫増し、10~15日の間はほぼ一定の値が得られた。米タン白質の場合は3~7日の間にキサンチン酸化酵素の活性度が減少し、7~15日間にはほぼ一定となっている。一方アルギナーゼの活性度は卵アルブミン、米タン白質の場合共3~7日の間に増減し10~15日の間ではほぼ一定となっている。この結果から成熟シロネズミの場合は飼料投与後およそ10~15日の間でキサンチン酸化酵素、アルギナーゼ共にその活性度がほぼ一定の値となり、飼育期間は10日前後が適当と考えられる。

II 飼料中のタン白質濃度と肝内酵素活性度との関係

(1) 実験と結果

実験Iで得られた結果を基にしてシロネズミ(♂)5匹を1群とし、表IIの(A), (B)に示す各種タン白

表Ⅱ 飼 料 組 成 (B)

試 料 食 品 名	タ ン 白 質			デ ン プ ン			大 豆 油		
	20%	15%	10%	20%	15%	10%	20%	15%	10%
大 豆	54.7	41	27.3	36.3	48	56.3	2	5	7
と う ぶ	33.3	25	16.7	50.7	59	67.3	} 10		
オ ー ト ミ ー ル	60*	90	60	11	0	24		10	4
米	40	30	20	44	54	64	} 10		
落 花 生	66.7	50	33.3	27.3	44	58.7		} 0	
小 豆	90.7	68	45.3	0	16	38.7	3.3		} 10
小 麦 (グルテン)	22.7	17	11.3	61.3	67	72.7	} 10		
とうもろこし(グルテン)	36	27	18	48	57	66		} 10	

*オートミール抽出タン白質68.5%添加

図 I 飼料投与期間と酵素活性

質10%, 15%, 20%の飼料を与え10~12日間飼育した後断首, キサンチン酸化酵素, アルギナーゼの活性度を測定した。結果は表Ⅲに示す通りである。すなわち各食品タン白質とも食品タン白質の種類が同じ場合にはタン白質の飼料中濃度に比例してキサンチン酸化酵素, アルギナーゼの活性度は一応増加の傾向を示している。またタン白質濃度が一定の場合, 各食品タン白質で得られた活性度を同じタン白質濃度の間で比較すると, キサンチン酸化酵素については10%, 15%, 20%のいずれの場合でも, 従来知られている栄養価の高いタン白質は活性度が高く, しかるもの活性度が低い傾向が見られた。しかしタン白質濃度が10%の場合は20%, 15%の場合に比較してこの傾向がや

や乱れ, また栄養価の低いタン白質の中にはとうもろこしグルテンのように20%, 15%の場合には活性度を持つていたものでも10%では酵素活性度が0になる場合が見られた。一方アルギナーゼについては⁶⁾芦田の指摘したようにタン白質濃度が20%, 15%の場合には, キサンチン酸化酵素の場合と異なり, 従来知られている栄養価の高いタン白質ほど活性度は低く, 栄養価の低いものは逆に活性度が高くなるような傾向が見られたが, 10%の場合は20%, 15%の場合のような傾向が乱れており, タン白質の栄養価を活性度に反映するような傾向は

表Ⅲ 酵 素 活 性 度 と 順 位

試料タン 白 質	20 %				15 %				10 %			
	XO活性度	順位	Arg活性度	順位	XO活性度	順位	Arg活性度	順位	XO活性度	順位	Arg活性度	順位
全 卵	232±15.4	1	30±2.0	1	180±10.1	1	24±1.3	1	130±2.1	1	20±2.1	1
卵アルブミン	223±2.7	2	33±2.2	2	169±4.9	2	26±2.7	2	123±5.4	2	21±2.8	2
カゼイン	217±19.2	3	38±2.2	4	162±8.5	4	33±1.6	3	94±13.2	3	24±2.1	3
牛 肉	205±11.6	4	41±4.2	5	165±13.0	3	34±2.2	5	91±14.9	4	26±2.8	4
鮪 肉	183±27.6	5	36±1.7	3	152±14.1	5	33±4.2	4	47±8.8	8	26±1.5	5
い か	175±13.7	6	43±1.9	6	140±14.2	7	38±3.0	6	78±12.4	6	32±2.7	7
あ さ り	172±20.2	7	45±5.5	7	152±25.9	6	40±5.3	7	68±33.1	7	36±2.2	11
オートミール	161±9.4	8	45±2.4	8	117±10.3	8	41±3.4	8	87±13.1	5	35±4.9	9
大 豆	156±14.2	9	47±5.7	9	97±16.8	9	44±9.9	11	28±9.2	12	38±0.8	14
と う ぶ	136±8.9	10	49±7.9	10	85±5.9	10	42±3.7	9	37±6.1	10	32±1.9	8
小 豆	130±7.9	11	52±3.0	12	79±11.5	12	48±6.1	15	34±18.6	11	40±10.5	15
米	128±12.6	12	52±4.2	13	82±9.1	11	43±1.4	10	42±4.9	9	36±2.0	12
落 花 生	124±10.2	13	49±6.1	11	70±9.9	13	46±1.7	14	18±22.2	13	37±1.1	13
小麦グルテン	76±16.4	14	55±2.5	14	34±12.5	14	44±2.6	12	7.5±8.7	14	35±1.9	10
とうもろこし グルテン	60±8.4	15	56±2.9	15	34±4.6	15	45±3.8	13	0±0	15	30±3.5	6

表Ⅳ 肝 重 量 と 肝 窒 素 量

試 料 食 品 名	肝 重 量 (g)			肝 窒 素 量* (mg/lg)		
	20 %	15 %	10 %	20 %	15 %	10 %
全 卵	9.3±1.23	9.1±2.14	8.3±0.71	34.3±4.2	35.2±4.3	38.9±3.1
卵アルブミン	8.1±0.22	8.8±1.16	7.2±1.52	35.8±2.9	32.3±1.5	32.5±2.0
カゼイン	8.3±0.28	8.1±0.87	8.2±0.26	36.4±0.0	34.6±0.5	32.7±3.3
牛 肉	9.4±0.69	8.2±0.62	8.8±0.97	41.0±1.9	38.8±3.1	37.2±4.7
鮪 肉	9.1±0.82	7.2±0.94	7.5±0.61	31.7±2.2	／	32.1±2.3
い か	7.2±0.61	7.8±0.94	6.8±0.55	35.2±1.5	32.5±1.7	33.6±1.6
あ さ り	7.2±1.03	6.7±0.99	6.6±0.53	34.9±3.1	35.9±4.7	34.6±3.1
オートミール	7.8±1.04	9.0±0.71	6.5±0.93	35.3±1.8	35.2±1.6	33.5±1.8
大 豆	6.2±0.72	6.1±0.25	6.2±0.62	35.3±2.7	36.5±2.5	31.9±2.0
と う ぶ	6.8±0.54	7.2±0.73	6.4±0.85	37.8±1.9	35.5±2.7	33.2±3.4
小 豆	6.2±0.55	6.1±0.41	5.8±0.56	36.0±7.1	37.2±1.7	36.2±2.5
米	10.0±0.87	11.1±1.51	9.5±1.26	32.7±2.4	30.4±1.8	27.7±1.8
落 花 生	7.1±0.61	6.1±0.77	6.0±0.41	32.9±2.3	32.8±2.6	32.8±2.8
小麦グルテン	7.0±0.14	7.5±1.05	6.2±0.1	33.1±2.0	28.7±1.2	29.9±1.6
とうもろこしグルテン	7.1±0.82	6.6±0.51	7.0±0.33	32.0±0.9	31.5±0.9	31.0±3.7

*肝窒素量 肝臓1g 当り窒素量 mg

判然と見られなかつた。なお肝重量、肝窒素量は表Ⅳに示す通りである。

考 察 成熟シロネズミに比較的良質なタン白質としからざるタン白質を投与し、時間的経過を追つて肝内酵素活性度を測定した結果、キサンチン酸化酵素、アルギナーゼ共に初めの数日間に変動が見られたがその後10~15日で一定の傾向となる。従つて飼料投与後10日前後でシロネズミを断首し酵素活性度を測定すれば、

各タン白質相互の間で活性度の比較が可能と思われる。この結果を基としてタン白質濃度を20%, 15%, 10%として飼育して得られた酵素活性度はキサンチン酸化酵素, アルギナーゼ共に同じ種類の食品タン白質でもタン白質濃度の高いものほど高くなっている(表Ⅲ)。

タン白質濃度が一定の場合, キサンチン酸化酵素について活性度が最も高いものを栄養価の高い順位1のタン白質として各食品タン白質の順位を同じタン白質濃度内で定め, 20%の場合に得られた順位を仮の標準として15%, 10%の各々の場合に得られた順位をこれと比較すると, この順位は20%と15%の場合は良く一致する。10%の場合の順位は20%の場合の順位とやや異なるものもあるがおおよそ一致している傾向が見られる。一方アルギナーゼについては仮に活性度の最も低いものを栄養価の高い順位1のタン白質として各食品タン白質の順位を定め, キサンチン酸化酵素の場合と同じく20%で得られた順位を標準として15%, 10%の場合に得られた順位と比較すると, キサンチン酸化酵素の場合のようによく一致しないが, 20%と15%の間で一部を除きおおよそ一致するような傾向が見られる。しかし10%の場合の順位は20%の場合の順位とはあまり一致しない(表Ⅲ)。

次に前報において同じ食品タン白質で体重増加率より得られた食品タン白質の栄養価の順位と, 本実験で20%, 15%, 10%の各タン白質濃度で得られた食品タン白質のキサンチン酸化酵素, アルギナーゼの活性度の順位との相関関係を見ると, キサンチン酸化酵素の場合は20%, 15%で得られた順位が共に体重増加率で得られた順位と強い相関関係があると考えられる(図Ⅱ)。

図Ⅱ 体重増加率と酵素活性度との相関関係

ギナーゼ, 特にキサンチン酸化酵素の活性度の大小によつて, その食品タン白質の栄養価を比較することが一応可能ではないかと考えられる。

そこで前報の場合にも体重増加率と相関関係の深かつたキサンチン酸化酵素活性度の大小で食品タン白質の栄養価を示す試みを行なつてみた。この場合 Litwach²⁾らは使用したタン白質の中で最も栄養価が低く, 活性度の最も小さいグリアジンの活性度を1とし, 使用した肉タン白質, カゼイン, ラクトアルブミンの活性度を示すとそれぞれ11.7, 9.7, 8.3となり, 本酵素の活性度でタン白質の栄養価を定性的に判定できると報告している。また村松⁴⁾⁵⁾らは使用したタン白質の中で最も活性度の高い卵アルブミンの活性度を100とし, 他のタン白質の活性度をこれに対する比で示すと, この比は従来知られているタン白質の生物価と平衡関係にあると報告している。

著者は村松らと同じく活性度が最高値を示す全卵のキサンチン酸化酵素の活性度を100として, これに対する各食品タン白質のキサンチン酸化酵素活性度を求めると図Ⅲのような結果が得られた。すなわち飼料タン白質は全卵, 卵アルブミンを中心とするグループ, 大豆を中心とするグループおよび小麦グルテン, とうもろこしグルテンのグループの3群に大別できるような結果が得られた。次に前報で同じ食品タン白質について得た体重増加率と同様に, 最も体重増加率の高いものを100として他のものをこれに対する比で表わし, これを示

図Ⅲ 各種タン白質の全卵に対する
XO 活性度の比 図Ⅳ 各種タン白質の全卵に対する体
重増加率の比

すと図Ⅳが得られ両者はよく一致した関係にある。従つてこれは従来の多くのタン白質の栄養価測定法によつて得られた結果とおおよそ一致するものと考えられ、著者らの前報の結果と合せ考え、これら酵素活性度の相互比較によつてタン白質の栄養価を判定することが可能ではないかと考えられる。

終りに懇篤な校閲をいただいた東京農業大学佐橋佳一教授、鈴木隆雄教授に深く感謝致します。

文 献

- 1) 菅原龍幸, 菅原紀子: 栄養学雑誌, 21, 155 (1963)
- 2) Litwach, G., Williams, J. N. J. R., Chen, L., Elvehjem, C. A.: *J. Nut.*, 47, 299 (1952)
- 3) Litwach, G., Williams, J. N. J. R., Fatterpacher, P., Chen, L., Elvehjem, C. A.: *J. Nut.*, 49, 579 (1953)
- 4) 村松, 芦田: 日本農化学会シンポジウム要旨Ⅱ, 40 (1959)
- 5) 志村, 泰, 古賀, 芦田: 蛋白質生化学, 467 (1960), 朝倉書店
- 6) 芦田: 蛋白質核酸酵素, 2, 197 (1959)

(受付: 昭和38年10月15日)

抄 録

絶食や無蛋白飼料がとりの血中アミノ酸レベルに及ぼす影響並びに发育制限アミノ酸の検出方法

Effect of Starvation and a Non-Protein Diet on Blood Plasma Amino Acids and Oksewat-ions on the Detection of Amino Acid Limiting Growth Chicks fed Purified Diets. D. C. Hill and E. M. Olsen: *J. N.*, 79, 303 (1963)

採血直前まで飼料を与えておいた場合と、一定時間絶食させた後のとり血漿アミノ酸を比較すると、絶食により, Arg. Glut A. His. Met. Phe. Try.

Tyr. 減少, Glutamine, Isol. Leu. Lys. Thr. Val. は増加した, 無蛋白飼料を1週間与えると蛋白を含む飼料群より, どの血漿アミノ酸も低下した。無蛋白で飼育した後絶食させると絶食させなかつた群の血漿アミノ酸に対し増加するアミノ酸や減少するものがあつた。(蛋白投与群血漿アミノ酸-無蛋白群血漿アミノ酸)÷とりのアミノ酸必要量=Plasma Amino Acid Ratio を求めたとき, 値の最小のアミノ酸は第一制限アミノ酸で, 他の方法で検索した結果と一致する。(松野)