[農化 第 37 巻, 第 12 号, p.753~756, 1963]

米のアミノ酸含量に関する研究 (第 3 報)*

米粒各部のアミノ酸含量

田村真八郎, 劔持久仁子 (農林省食糧研究所)

昭和 38 年 7 月 3 日 受 理

著者らは第 1 報⁽¹⁾において, 白米グルテリンのアミノ酸分析, 第 2 報⁽²⁾において炭水化物を混合したグルテリンのアミノ酸分析について報告した. 本第 3 報においては, 玄米および米粒各部すなわち, 白米, ヌカ層, 胚芽の総アミノ酸含量と, 予備的なものであるが, 遊離アミノ酸含量を測定したので, その結果を報告する.

実験および結果

1. 試料 昭和 36 年, 茨城県産米, 品種農林 29 号玄米を試料とし, 37 年 1 月にサタケ式試験用とう精機を用いて約 90% にとう精し, 白米とヌカに分け, ヌカはさらに 30 メッシュのフルイを用いて胚芽部分とヌカ層部分に分けた. したがってヌカ層部分は, こまかい碎米および胚芽のこわれた部分を含んでいる. 各部の重量および窒素含量は第 1 表のようである.

第 1 表 米粒各部割合および窒素含量 (原物中)

	重量割合 (%)	窒素含量 (%)	粗タンパク質含量 (%)	窒素分布 (%)
玄 米	100.0	1.09	6.46	100.0
白 米	87.0	0.87	5.20	70.1
ヌカ層	9.8	2.14	12.8	19.4
胚 芽	3.2	3.36	20.0	9.9

* 窒素含量 $\times 5.95$

2. 総アミノ酸の測定 試料すなわち, 玄米, 白米, 胚芽, ヌカ層を細粉とし 10 倍量の 6N 塩酸とともに封管中で, 110°, 24 時間加水分解し, 真空デシケーター中で塩酸を除いたのち pH 2.2 のクエン酸緩衝液に溶解しその濾液の適当量をアミノ酸分析計を用いて, 各アミノ酸を分離溶出測定した. 定量法の詳細は第 1 報で報告した. トリプトファンは Spies ら⁽³⁾の比

第 2 表 米粒各部アミノ酸含量 (各アミノ酸 mg/試料 g)

		玄 米*		白 米*		ヌカ層	胚芽
		(粉)	(粒)	(粉)	(粒)		
リ ジ ン		2.30	2.31	1.65	1.71	5.14	10.55
ヒ ス チ ン		1.42	1.47	1.04	1.08	2.97	5.75
ア ル ギ ニ ン		3.95	3.38	3.11	2.89	7.88	14.46
トリプトファン		0.93		0.69		1.97	2.46
アスパラギン酸		5.66	5.70	4.68	4.33	10.74	15.09
ス レ オ ニ ン		2.21	1.99	1.74	1.57	4.37	6.86
セ リ ン		2.90	2.47	2.33	2.16	5.22	7.63
グルタミン酸		10.88	9.91	9.34	8.50	17.00	24.18
プ ロ リ ン		2.87	2.65	2.77	2.22	5.50	7.72
グ リ シ ン		3.05	2.87	2.29	2.06	6.70	10.11
ア ラ ニ ン		3.63	3.50	2.99	2.67	7.78	11.64
シ ス チ ン		1.21		1.06		2.64	4.46
バ リ ン		3.55	3.34	2.90	2.67	7.16	9.39
メ チ オ ニ ン		1.51		1.34		2.32	4.03
イ ソ ロ イ シ ン		2.39	2.19	1.93	1.86	4.63	2.78
ロ イ シ ン		4.93	4.59	3.97	3.93	9.29	5.39
チ ロ シ ン		1.36	0.52	0.76	0.49	2.75	1.83
フェニルアラニン		3.08	2.79	2.39	2.39	5.68	3.34
ア ン モ ニ ア		1.12	1.05	1.02	0.90	2.17	2.69
総 計**		57.82		46.98		109.77	147.67
窒素回収率 %		82.2		83.3		81.1	74.6

* (粉) は粉末としてから, (粒) は粒のまま加水分解したものの測定値.

** 総計にはアンモニアの値は加えてない.

色法を用いて測定した. シスチンは Schram ら⁽⁴⁾にしたがい, 試料を過ギ酸酸化後塩酸加水分解してシステイン酸とし, アミノ酸分析計の 50cm のカラムを用いて溶出分離測定した. メチオニンは Kassel ら⁽⁵⁾にしたがい, システイン酸測定の際, アスパラギン酸の直後に分離溶出するメチオニンスルホンを測定してメチオニンの含量を計算した.

また別に玄米と白米は細粉とせずに粒のまま塩酸で加水分解し, トリプトファン, シスチン, メチオニン以外のアミノ酸をアミノ酸分析計を用いて測定した.

以上の測定結果を第 2 表に示した.

玄米と白米について粒のまま加水分解したもの, 粉末としてから加水分解したものとの測定値を比較すると, 粒のままの場合にはチロシンの測定値がいちじるしく低くなるほか, 全般的にやや低い測定値が得られた. この現象は, 粒のまま試料を塩酸で加

* Studies on Amino Acid Content of Rice. Part III. Distribution of Amino Acid in Rice Grain. By Sinpatirō TAMURA, Kuniko KENMOCHI (Food Research Institute, Ministry of Agriculture and Forestry)

水分解する場合は、粒の内部では塩酸との接触がおくれ加水分解時間が不十分になるためか、あるいは塩酸と接触する前に他の成分と反応してアミノ酸の分解が起こるためと思われる。またチロシンが特に低い測定値を与えるのは米粒中に残存している微量の空気により酸化的に破壊されるものと考えられるが明確ではない。これらの理由により、試料が微量しか利用できないとき以外は粉末としてから加水分解するのがよいと考えられ、この報告においても以下の考察のための計算には、粉末としてから加水分解したものの測定値を用いた。

窒素の回収率は、玄米、白米、ヌカ層の場合は、第 2 報で報告したデンプンを混合した試料のアミノ酸分析の際の窒素回収率 84% とほぼ一致したが、胚芽の場合はかなり低く 74.6% であった。

第 3 表に玄米 100 g をとう精した場合にできる白米 87.0 g, ヌカ層 9.8 g, 胚芽 3.2 g 中に含まれる、各アミノ酸の量、および玄米中にあった各アミノ酸の分布率および回収率を第 1 表, 第 2 表より計算して表示した。各アミノ酸の回収率は比較的測定しにくいチロシン, トリプトファン, プロリン, シスチンを除けばだいたいよく 95~105% を示したが、フェニルアラニン, ロイシン, イソロイシンの回収率はやや低く、この理由は明らかでない。

第 3 表 米粒各部総アミノ酸分布および回収率

	玄 米			白 米		ヌ カ 層		胚 芽		各アミノ酸回収率
	アミノ酸 mg/ 100 g	アミノ酸 mg/ 87.0 g	分布率 %	アミノ酸 mg/ 9.8 g	分布率 %	アミノ酸 mg/ 3.2 g	分布率 %	アミノ酸 mg/ 3.2 g	分布率 %	
リ ジ ン	230	143	62.3	50.4	21.9	33.6	14.6			98.9
ヒ ス チ ジ ン	142	91	63.9	29.1	20.5	18.3	12.9			97.4
ア ル ギ ニ ン	395	270	68.5	77.3	19.6	46.1	11.7			99.8
トリプトファン	93	60	64.0	19.3	20.8	7.9	8.4			93.2
アスパラギン酸	566	407	71.9	105.3	18.6	48.1	8.5			99.0
ス レ オ ニ ン	221	151	68.3	42.9	19.4	21.9	9.9			97.6
セ リ ン	290	203	69.9	51.2	17.7	24.3	8.4			96.0
グルタミン酸	1088	812	74.7	166.6	15.3	77.1	7.1			97.1
ブ ロ リ ン	287	241	84.2	53.9	18.8	24.6	8.6			111.6
グ リ シ ン	305	199	65.4	65.7	21.6	32.2	10.6			97.5
ア ラ ニ ン	363	261	71.9	76.3	21.0	37.1	10.2			103.1
シ ス チ ン	121	92	76.3	25.9	21.4	14.2	11.8			109.6
バ リ ン	355	253	71.1	70.2	19.8	29.9	8.4			99.3
メ チ オ ニ ン	151	117	77.2	22.8	15.0	12.9	8.5			100.7
イ ソ ロ イ シ ン	239	168	70.4	45.4	19.0	8.9	3.7			93.1
ロ イ シ ン	493	345	70.1	91.1	18.5	17.2	3.5			92.0
チ ロ シ ン	136	66	48.4	26.9	19.8	5.8	4.3			72.5
フェニルアラニン	308	208	67.8	55.7	18.1	10.7	3.5			89.3
ア ン モ ニ ア	112	89	79.2	21.3	19.0	8.6	7.7			105.9
総 計*	5782	4088		1076		471				

* 総計にはアンモニアの値は加えてない。

3. 遊離アミノ酸の測定 玄米, 白米, ヌカ層, 胚芽の遊離アミノ酸の測定は次のようにしておこなった。各試料を 10 倍量の 70% エタノールとともにすりつぶしたのち 6 時間振とう抽出し、濾液を 50° 以下で濃縮乾固し、pH 2.2 のクエン酸緩衝液にとかし、その適当量を取りアミノ酸分析計で分離測定した。γ-アミノ酪酸はアミノ酸分析計のスルホン酸型ポリスチレン樹脂を用いた 150 cm のカラムで酸性および中性アミノ酸を溶出分離

第 1 図 玄米遊離アミノ酸溶出曲線

第 4 表 米粒各部遊離アミノ酸分布

	玄米 アミノ酸 mg/ 100 g	白米 アミノ酸 mg/ 87.0 g	ヌカ層 アミノ酸 mg/ 9.8 g	胚芽 アミノ酸 mg/ 3.2 g	各アミノ 酸回収率 %
リジン	0.52	0.14	0.18	0.28	115
ヒスチジン	<0.70	0.20	—	0.43	—
アルギニン	1.81	—	0.30	1.26	—
トリプトファン	1.30	—	—	0.57	—
アスパラギン酸	2.03	0.18	1.98	2.73	241
スレオニン	1.02	0.27	0.16	0.35	77
セリン	—	—	—	—	—
アスパラギン酸* グルタミン	7.14	1.41	1.43	2.71	78
グルタミン酸	7.09	5.02	5.21	7.55	251
プロリン	4.06	—	0.81	6.64	—
グリシン	1.56	0.36	0.32	0.47	74
アラニン	8.23	1.62	2.03	3.17	87
シスチン	—	—	—	—	—
バリン	1.33	—	0.28	0.46	—
メチオニン	0.24	—	—	0.04	—
イソロイシン	0.57	—	0.16	0.20	—
ロイシン	0.61	—	0.07	0.17	—
チロシン	0.97	—	0.63	<0.33	—
フェニルアラニン	0.64	—	0.32	<0.36	—
γ-アミノ酪酸	3.00	—	2.90	1.39	—
アンモニア	1.65	0.48	0.16	0.29	90

* セリン, アスパラギン, グルタミンは分離せずに 1 つのピークとなるが, そのピークを全部セリンとして計算した。

測定したのち, さらに pH 5.28, 0.2 N のクエン酸緩衝液で溶出を続け, 分離溶出測定した。第 1 図に玄米の遊離アミノ酸測定の場合の 150 cm カラムのクロマトグラムを示した。第 4 表に玄米 100 g よりできる白米, ヌカ層, 胚芽に含まれる遊離アミノ酸量を表示した。総アミノ酸測定の場合には, 各アミノ酸はだいたいよい回収を示したが, 遊離アミノ酸の場合はアスパラギン酸, グルタミン酸は回収率が 100% をいちじるしく越えており, とう精後抽出まで数か月経過 (5 月に遊離アミノ酸を抽出した) したため, その間に遊離アミノ酸の変動があったものと考えられるが, 今後の検討を要する。

考 察 お よ び 要 約

米粒各部分すなわち白米, ヌカ層, 胚芽の総アミノ酸分布をみると (第 3 表), だいたい各アミノ酸の 60~80% が白米部分に含まれており (チロシン, シスチン, プロリンは回収率が 100% 近くにならないので考察から除いた), ヌカ層には 15~22%, 胚芽には 3~15% の各アミノ酸が分布している。

第 5 表 米粒各部のアミノ酸組成 (g/16 gN) および文献値

	著 者				平 (6)**		木村 (7)	属 (8)	西原 (9)	属 (8)
	玄米 アミノ酸 g/16 gN	白米 アミノ酸 g/16 gN	ヌカ層 アミノ酸 g/16 gN	胚芽 アミノ酸 g/16 gN	玄米 アミノ酸 g/16 gN	白米 アミノ酸 g/16 gN	白米 アミノ酸 g/100 g タンパク質	ヌカ アミノ酸 g/100 g タンパク質	胚芽 アミノ酸 g/100 g タンパク質	
リジン	3.39	3.02	3.84	5.03	4.2	4.92	4.04	2.93	6.08	
ヒスチジン	2.09	1.91	2.22	2.74	2.2	2.29	2.44	2.24	3.85	
アルギニン	5.82	5.69	5.88	6.90	5.6	7.98	10.68	6.10	13.07	
トリプトファン	1.37	1.25	1.47	1.17	1.3	1.29	1.81	2.40	2.06	
アスパラギン酸	8.35	8.57	8.02	7.20	8.0	9.78	11.47	4.88	9.68	
スレオニン	3.27	3.18	3.26	3.27	4.0	4.17	3.53	2.20	3.83	
セリン	4.27	4.27	3.89	3.64	3.9	4.82	6.38	3.56	4.87	
グルタミン酸	16.05	17.10	12.69	11.53	16.0	16.56	17.78	9.55	14.54	
プロリン	4.23	5.08	4.11	3.68	6.2	4.81	5.45	2.92	5.78	
グリシン	4.49	4.19	5.00	4.82	4.4	5.00	4.51	3.84	4.82	
アラニン	5.35	5.48	5.81	5.55	6.6	5.65	6.00	4.12	5.89	
シスチン	1.78	1.94	1.97	2.13	1.1	—	2.04	1.18	1.28	
バリン	5.24	5.32	5.34	4.48	6.5	6.57	6.00	5.31	4.88	
メチオニン	2.23	2.46	1.73	1.92	2.5	1.90	1.30	2.34	2.57	
イソロイシン	3.53	3.54	3.46	1.32	4.5	5.29	4.26	3.82	4.67	
ロイシン	7.27	7.27	6.94	2.57	7.6	9.10	8.96	5.45	8.96	
チロシン	2.01	1.39	2.05	0.87	2.5	6.08	6.49	4.86	4.50	
フェニルアラニン	4.54	4.38	4.24	1.59	3.9	4.91	6.50	3.73	5.87	
アンモニア	1.65	1.87	1.62	1.28	—	1.20	1.97	0.53	1.18	
総計*	85.28	86.03	81.92	70.41	91.0	102.33	109.80	71.96	108.38	

* 総計にはアンモニアの値を加えてない。

** 微生物定量法による。

第 5 表に玄米, 白米, ヌカ層, 胚芽の総アミノ酸含量を 16 g 窒素中の各アミノ酸 g 数に換算し, 文献値とともに示した.

玄米の場合は著者らの結果は, 平⁽⁶⁾の文献値よりも, リジン, スレオニン, プロリン, アラニン, バリン, イソロイシンでは低く, セリン, シスチン, フェニルアラニンでは高い測定値を示した. この原因は試料として用いた玄米の違いによるものか, アミノ酸定量法 (カラムクロマト法と微生物定量法) の違いによるものかは明らかでない.

白米については著者らの測定値は木村⁽⁷⁾, 属⁽⁸⁾の報告よりも全般的に低い測定値を示した. これは著者らが白米よりタンパク質を抽出することなく塩酸加水分解したのに対し, 文献値はタンパク質を分離してから加水分解しているための差であると考えられる. このことは著者らが第 2 報で報告したように, デンプン混合試料を加水分解してアミノ酸測定をする場合, 測定値の低下のいちじるしいチロシン, アルギニンが文献値との差が大きいことからもうかがわれる. 白米粉末をそのまま加水分解する方法と, 白米粉末からタンパク質を分離して加水分解する方法のいずれがよいかは充分検討されていないが, 前の方法ではアミノ酸がかなり破壊され回収率が悪くなることは明らかであり, また後の方法では白米のタンパク質を全部とりきることは困難なので, 分離したタンパク質が白米の全タンパク質を代表できるかどうかの問題に残り, この両法で得られた測定値を慎重に検討して白米中の総アミノ酸含量を推定するのが妥当と思われる.

ヌカ層, 胚芽のアミノ酸含量に関しては, 今後さらに測定値が発表されるのを待って検討するのがよいと考えられる.

米の遊離アミノ酸に関しては松下⁽¹⁰⁾が, またヌカについては西原⁽⁹⁾が報告しているが, 著者らの測定はまだ予備的なものである, 今後さらに研究を続けた上で検討したいと考える.

玄米を 90% にとう精し, 白米, ヌカ層, 胚芽に分け, おおののアミノ酸含量を測定し各アミノ酸の分布率および回収率を計算した.

終りにのぞみ御指導いただいた東大農学部桜井芳人教授, 試料の調製につき御教示いただいた本研究所の柳瀬肇技官に感謝いたします.

(1) 田村 真八郎, 劔持 久仁子 : 本誌, 37 , 278 (1963).	(5) B. Kassel, M. Laskowski : <i>J. Biol. Chem.</i> , 236 , 1996 (1961).
(2) 田村 真八郎, 劔持 久仁子 : 本誌, 37 , 611 (1963).	(6) 平 宏和 : 植物学雑誌, 75 , 242 (1962).
(3) J. R. Spies, D. C. Chambers : <i>Anal. Chem.</i> , 21 , 1249 (1949).	(7) 木村 茂 : 栄養と食糧, 9 , 75 (1956).
(4) E. Schram, S. Moore, E. J. Bigwood : <i>Biochem. J.</i> , 57 , 33 (1954).	(8) 属 朝浪 : 同上, 14 , 508 (1962).
	(9) 西原さつき, 田代裡子 : 生活科学, 5 , 1 (1960).
	(10) 松下アヤ子 : 栄養と食糧, 14 , 188 (1961).