

醤油中のアミノ酸に関する研究

(第1報) 各種醤油のアミノ酸含量について

藤原耕三・田中恵隆・藤田栄子

Studies on Amino Acids in Japanese Soy Sauce (I)

The Contents of Amino Acids in Soy Sauces of Various Types

Kozo Fujiwara, Shigetaka Tanaka (Dept. Ferment. Techn., Facult. Engin., Osaka Univ.) and Eiko Fujita (Osaka Joshigakuen Junior College)

The contents of ten amino acids (arginine, glutamic acid, glycine, isoleucine, leucine, lysine, methionine, phenylalanine, threonine, valine) in soy sauces of various types were determined by microbiological assay methods. Each amino acid content was expressed in mg/ml of soy sauce whose total nitrogen content was converted into 1%.

Arginine contents in fermented soy sauses and "aminosan-eki" (chemical hydrolyzate of protein-containing materials) were 0.7 mg/ml and 3 mg/ml, respectively.

Glutamic acid contents in "kiage" (fermented soy sauce), "tamari" (ditto) and "sokujo" (quickly fermented soy sauce) were about 8 mg/ml, 6.5 mg/ml and about 4.7 mg/ml, respectively. "Aminosan-eki" contained 8.5 mg/ml or more of glutamic acid, while "II go aminosan-eki" about 5 mg/ml.

Glycine contents were about 2.5 mg/ml in "kiage", about 2.0 mg/ml in "tamari" and about 3.5 mg/ml in "aminosan-eki". Isoleucine contents in fermented soy sauces were about 2.5 mg/ml and the same contents were found in "aminosan-eki", while a little more in "II go aminosan-eki".

Leucine contents were 3.5-4.0 mg/ml in fermented soy sauce, a

little less in "II go aminosan-eki" and more than 4.5 mg/ml in "aminosan-eki". Lysine contents were about 3 mg/ml in fermented soy sauces and higher in "aminosan-eki", especially in "II go aminosan-eki". Methionine contents were 0.5-0.8 mg/ml and phenylalanine contents were 2.5-4 mg/l in all soy sauces tested.

Threonine contents were 2-2.5 mg/ml in fermented soy sauces and more than 2.5 mg/ml in "aminosan-eki". Valine contents were 2.7-3 mg/ml in fermented soy sauce and more than 3.5 mg/ml in "aminosan-eki".

緒 言

醤油中のアミノ酸に関する研究には、古くは鈴木、麻生¹⁾、有働²⁾、大村³⁾、金子⁴⁾、石田⁵⁾、吉村⁶⁾諸氏の業績がある。しかし、当時においては定量が容易でなかったため、多種類のアミノ酸について検討されるに至らなかった。1952年角田氏等⁷⁾はバイオアッセイを適用して、初めて17種のアミノ酸の定量値を報告した。角田氏等は典型的な醸造醤油一種について、遊離型アミノ酸及び醤油の酸分解物中のアミノ酸を定量したものである。しかし、醤油には種々な type のものがあり、これらについては検討されていない。そこで著者等は各種醸造醤油、アミノ酸液、市販醤油など23種について主要アミノ酸含量を測定した。

なお、本研究では醤油中の各種成分を総合的に知る目的も持つもので、同一試料についての有機酸組成に関しては上田氏等⁸⁾がまた無機成分に関しては田中等⁹⁾が先に報告した。

実 験 の 部

使用材料：生揚醤油第2種、溜生揚2種、速醸生揚3種、及びアミノ酸液2種、2号アミノ酸液3種（両者を便宜上酸分解物と称することにする）並びに市販醤油11種、合計23種を選んだ。試料はいずれも $\frac{1}{20}$ 及び $\frac{1}{200}$ に希釈した後試験管内に封管し常法により蒸気殺菌を施して保存した。

実験方法：全窒素の定量はマイクロエルダール法により、アミノ態窒素の定

量はパンクスライ法により行なった。

個々のアミノ酸の定量は総てバイオアッセイによって。いずれの場合も最終容量を 3 ml とし, brom tymolblue 及び neutral red の混合指示薬を用いて NaOH soln. の滴定により測定した。基礎培地にはグルタミン酸定量時は橋田氏等¹⁰⁾のものを用い, 他のアミノ酸の定量時には田村氏等¹¹⁾のものを用いた。試験菌株及び得られた回収率を示すと次の通りである。アルギニン: *Leuc. mesenteroides* P-60, $102.3 \pm 2.9\%$, グルタミン酸: *Lact. arabinosus*, $99.3 \pm 2.6\%$, グリシン: *Leuc. mesenteroides* P-60 $98.7 \pm 4.5\%$, イソロイシン: *Leuc. mesenteroides* P-60 $99.5 \pm 0.9\%$, ロイシン: *Lact. arabinosus*, $99.9 \pm 2.3\%$, リジン: *Leuc. mesenteroides* P-60, $100.3 \pm 1.8\%$, メチオニン: *Leuc. mesenteroides* P-60, $102.1 \pm 5.1\%$, フェニルアラニン: *Leuc. mesenteroides* P-60, $102 \pm 2.1\%$, スレオニン: *Leuc. mesenteroides* P-60, $97 \pm 4.2\%$, パリン: *Lact. arabinosus* $99.5 \pm 1.3\%$, 回収率は 8 例の平均を示してある。

なお, スレオニン定量用培地は次のように田村氏等の培地を一部改変した。すなわちスレオニンのバイオアッセイではセリンの拮抗阻害が認められておりために田村氏等の基礎培地でも 100 γ /ml のセリン量をスレオニン定量時には 50 γ /ml に低減して使用することを述べている。しかし角田氏等の測定によれば醤油中のセリン量は 9.4 mg/ml の多量であり, スレオニンのバイオアッセイを行なう場合の希釈した試料中にも最大 45 γ /ml 程度に存在することになる。したがって予め低減したセリン量に匹敵するだけのセリンが試料より混入する結果となる。一方スレオニンのバイオアッセイでは lag を生じ比較的低濃度では測定は不可能である。そこで基礎培地中のセリン濃度を 30 γ /ml に使用し, 同時に 5 γ /tube のスレオニンを予め基礎培地に添加して lag を消失せしめることによって低濃度の測定も可能ならしめて良結果を得た。

結果及び考察

I. パラオキシ安息香酸ブチルエステル (P.O.B.B.) のバイオアッセイに及

ぼす影響

市販醤油には防黴剤として一般にパラオキシ安息香酸ブチルエステルが添加されているから、これがバイオアッセイに及ぼす影響を検討する必要がある。醤油製品に添加されるパラオキシ安息香酸ブチルエステル量は通常1石当り10~18gで、いまその最大値の18gをとって考えれば1ml当り0.1mgとなる。この醤油の各種アミノ酸をバイオアッセイで定量する場合、対象とするアミノ酸の種類によって異なるが1/100~1/500程度に稀釈される。そこでの程度に稀釈された醤油中のパラオキシ安息香酸ブチルエステルのバイオアッセイに及ぼす影響を検討した。

特定アミノ酸欠培地2mlに特定アミノ酸の既知量を含む標準溶液0.5ml及び所定濃度のパラオキシ安息香酸ブチルエステル0.5mlを加えた試験管に試験菌を接種培養しバイオアッセイによる測定値を検討した。*Leuc. mes-*

Table 1. Effect of butyl *p*-hydroxybenzoate on the estimates in bioassay. (*Leuc. mesenteroides* P-60)

Added Lysine (γ)	Added P.O.B.B. (mg/tube)	Analytical value (γ)
25	0	25.0
25	0.01	24.9
25	0.005	24.9
25	0.001	25.0
25	0.0005	25.3

Table 2. Effect of butyl *p*-hydroxybenzoate on the estimates in bioassay. (*Lact. arabinosus*)

Added Leucine (γ)	Added. P.O.B.B. (mg/tube)	Analytical value (γ)
10	0	10.0
10	0.01	10.0
10	0.005	10.1
10	0.001	9.9
10	0.0005	9.7

Table 3. Free amino acids content of many kinds of soy sauce (mg/ml).

Sample	Total* nitrogen	Amino* nitrogen	Arginine	Glutam- ic acid	Glycine	Isoleuc- ine	Leucine	Lysine	Methio- nine	Phenyl- alanine	Threon- ine	Valine
"Kiage"*** A B	1.394	0.790	1.00	11.15	3.47	3.52	5.40	4.03	0.90	3.54	3.12	4.04
	1.078	0.594	0.77	8.17	2.64	2.82	4.07	2.98	0.73	3.16	2.64	3.17
"Tamari** Kiage" A B	2.438	1.289	2.07	11.63	5.05	5.46	8.16	7.62	1.36	4.78	5.92	6.93
	1.748	0.909	0.47	8.21	3.11	3.99	6.36	4.86	0.99	—	4.32	4.68
"Sokujo** Kiage" A B C	1.347	0.766	0.81	8.75	—	—	—	—	0.91	4.12	2.76	3.66
	1.342	0.766	0.64	8.32	—	—	—	—	1.01	4.07	2.88	3.81
	1.278	0.703	0.86	—	—	—	—	—	0.86	3.58	2.72	3.59
"Aminos- anekei"*** A B	1.479	1.012	4.95	14.69	4.19	3.91	6.98	5.78	0.75	4.30	4.40	5.03
	2.032	1.224	5.50	17.21	6.65	4.83	9.38	6.50	1.47	5.26	5.28	6.83
"II Go** aminosan- eki" A C D	2.220	1.418	6.75	10.61	8.68	6.61	11.06	3.92	1.88	10.90	11.20	9.38
	2.200	1.510	6.01	11.53	8.12	5.89	7.36	11.20	0.89	6.10	8.16	9.58
	2.410	1.590	5.64	12.61	8.32	6.82	8.08	10.88	0.70	9.91	7.92	9.58
Commerci- al soy sauce A B C D E F G H I J K	1.200	0.590	2.21	6.26	2.38	2.38	3.83	2.75	0.57	2.45	2.08	—
	1.538	0.835	2.61	6.84	2.90	3.53	4.79	3.56	0.84	3.75	2.96	3.99
	1.131	0.663	3.24	5.69	2.59	2.52	4.21	3.55	0.42	2.96	3.04	3.62
	1.245	0.699	1.60	7.23	2.51	3.02	4.54	3.32	0.78	2.82	2.84	3.60
	1.223	0.649	1.43	8.06	2.43	2.82	4.30	2.76	0.66	2.71	2.88	3.69
	0.423	0.267	2.30	6.03	2.25	3.01	4.58	3.17	0.21	0.96	0.84	—
	1.163	0.580	1.11	3.21	1.13	0.64	1.77	1.34	0.77	3.64	2.52	3.39
	1.199	0.627	2.92	9.25	2.67	2.73	4.80	3.43	0.60	3.58	2.52	3.20
	0.897	0.504	2.87	6.07	2.45	2.38	3.94	2.93	—	3.13	1.60	2.93
	1.418	0.817	2.67	8.13	3.95	3.41	5.09	4.80	0.66	3.54	2.52	4.35
	1.620	0.851	1.70	8.07	3.39	3.55	5.54	4.00	0.94	3.63	2.32	4.17

* Figures are the contents in % ** Fermented soy sauce, *** Chemical hydrolyzate of material containing protein,

nteroides P-60 及び *Lact. arabinosus* を用いたバイオアッセイで各 1 例宛の結果を Table 1 及び Table 2 に示した。

Table 1, Table 2 の結果より明らかのように, *Lenc. mesenteroides* P-60, *Lact. arabinosus* 両菌株を用いたバイオアッセイで得られた測定値の誤差は最大 3% であり, 且つ測定値にみられる誤差と添加されたパラオキシ安息香

Table 4. Free amino acids content calculated by converting the total N in soy sauce to 1%

Sample		Arginine	Glutamic acid	Glycine	Isoleucine	Leucine	Lysine	Methionine	Phenylalanine	Threonine	Valine
"Kiage"*	A	0.72	8.00	2.49	2.52	3.95	2.89	0.65	2.54	2.24	2.90
	B	0.71	7.58	2.45	2.64	3.78	2.76	0.69	2.93	2.45	2.94
"Tamari Kiage"*	A	0.85	4.77	2.07	2.24	3.35	3.07	0.56	1.96	2.43	2.84
	B	0.87	4.71	1.84	2.29	3.65	2.58	0.57	—	2.47	2.68
"Sokujo Kiage"*	A	0.60	6.50	—	—	—	—	0.67	3.08	2.05	2.72
	B	0.42	6.80	—	—	—	—	0.75	3.03	2.15	2.84
	C	0.67	—	—	—	—	—	0.67	2.81	2.13	2.81
"Aminosaneki"***	A	3.28	10.08	2.83	2.64	4.70	3.90	0.51	2.90	2.97	3.40
	B	2.71	8.67	3.27	2.38	4.62	3.18	0.72	2.59	2.60	3.36
"IIGO** aminosaneki"	A	3.04	4.78	3.90	2.98	4.98	1.76	0.85	4.91	5.05	4.23
	C	2.73	5.28	3.69	2.68	3.35	4.63	0.40	2.76	3.71	4.35
	D	2.34	5.02	3.45	2.83	3.35	4.51	0.29	4.11	3.29	3.98
Commercial soy sauce	A	1.84	5.31	1.82	1.98	3.19	2.29	0.48	2.04	1.73	—
	B	1.70	5.44	1.24	2.28	3.11	2.31	0.55	2.44	1.92	2.59
	C	2.87	5.03	2.29	2.23	3.72	3.13	0.39	3.09	2.69	3.20
	D	1.29	5.81	2.02	2.43	3.64	2.66	0.63	2.26	2.28	2.90
	E	1.17	5.28	1.99	2.31	3.51	2.26	0.54	2.22	2.35	3.02
	F	5.44	5.18	1.93	2.59	3.94	2.72	0.50	2.11	1.99	—
	G	0.95	7.59	2.67	1.50	4.16	3.15	0.66	3.11	2.17	2.91
	H	2.44	7.71	2.33	2.28	4.00	2.86	0.50	3.00	1.11	2.67
	I	3.20	6.76	2.73	2.65	4.39	3.26	—	3.59	1.78	3.27
	J	1.88	5.73	2.79	2.41	3.59	3.38	0.47	2.50	1.78	3.07
	K	1.05	4.98	2.03	2.19	3.43	2.46	0.58	2.24	1.43	2.57

Figures are the contents in mg/ml.

* Fermented soy sauce.

** Chemical hydrolyzate of material containing protein.

酸ブチルエステル量とは無関係であって、この程度のパラオキシ安息香酸ブチルエステルは両菌株を使用したバイオアッセイには影響を与えなかった。

II. 各種醤油の主要アミノ酸含量

各種醤油の遊離（乳酸菌利用可能）アルギニン、グルタミン酸；グリシン、イソロイシン、ロイシン、リジン、メチオニン、フェニルアラニン、スレオニン、パリン量を Table 3 に示した。Table 3 では各種アミノ酸は総て L-型として示し、イソロイシン、メチオニン、フェニルアラニン、スレオニン、パリンはいずれも DL-型での測定値を L-型に換算したものである。またこれら試料の一般分析結果は先に田中氏⁹⁾ 等が報告した。

Table 3 に明らかなように、これら醤油の全窒素%が相当異なるために各種アミノ酸含量も相当異った値を示す。そこで比較を容易にするために各種醤油の全窒素を 1% に換算した場合の各種アミノ酸含量を示したのが Table 4 である。

アルギニン：各種生揚醤油中のアルギニン量は少なく全窒素を 1% に換算した場合は 0.7 mg/ml 或いはそれ以下であってここに測定した 10 種アミノ酸中ではメチオニンと共に極めて少量であった。これに反してアミノ酸液では全窒素を 1% とした場合約 3 mg/ml となり両者に著しい差異が認められた。アミノ酸液中のアルギニンは他のアミノ酸に較べて少ないものではない。一方、醤油の主要原料である大豆、脱脂大豆、小麦、蕎麦中の各種アミノ酸量を測定した結果は Table 5 に示す通りであった。Table 5 の分析結果は各試料を常法により塩酸分解して得られたアミノ酸量をバイオアッセイで測定したものである。

Table 5 に明らかなように醤油原料に含有されるアルギニン量は他のアミノ酸に比べて少ないものではない。しかるに醸造醤油中のアルギニン量が他のアミノ酸に比べて少ないことは、醤油醸造においてはアルギニンの遊離が少ないか、または一度遊離されたアルギニンが諸味熟成中に消失することを示唆するものである。

Table 5. Amino acids content of raw materials of soy sauce (mg/g).

	Arginine	Glutamic acid	Glycine	Isoleucine	Leucine	Lysine	Phenylalanine	Valine
Soybean	26.38	76.14	15.70	20.18	30.00	21.75	19.38	19.30
Defatted Soybean	29.75	97.24	19.70	24.86	37.05	25.25	22.75	24.10
Wheat	6.00	32.98	5.00	5.31	7.61	3.48	5.75	5.85
Wheat bran (Shyōbaku)	8.99	25.45	7.15	5.72	9.75	3.45	5.94	7.35

グルタミン酸：全窒素を1%に換算した場合生揚醤油中には8 mg/ml程度に存在し、速醸生揚では少なく6 mg/mlであり、溜生揚では5 mg/mlであった。速醸生揚中の遊離グルタミン酸が天然醸造のそれに比べて少ないことは後安氏¹²⁾も報告している。アミノ酸液中のグルタミン酸は多量で15 mg/ml以上存在し全窒素を1%とした場合8~10 mg/mlであった。2号アミノ酸液では全窒素を1%とした場合5 mg/ml程度であった。市販醤油中のグルタミン酸量は相当差異があり全窒素を1%としても4~8 mg/mlとなって可成り大きな巾が認められた。これは醤油製品とする場合の生揚醤油と各種アミノ酸液との混合比の差異によるところが大きいと思われる。また醤油中の遊離グルタミン酸は貯蔵中逐次ピログルタミン酸に変化することが堀氏等¹³⁾によって指摘されているが著者等の測定したものは貯蔵期間が明らかでなく、火入れ及び貯蔵中のピロ化の程度によっても差異を生じたと考えられる。

グリシン：全窒素を1%とした場合、生揚醤油には約2.5 mg/ml存在し溜生揚では約2 mg/mlであった。同様の数値ではアミノ酸液中のグリシン量は約3 mg/mlであり、2号アミノ酸液では更に多量で3.5 mg/ml以上であった。2号アミノ酸液中試料Aは特に多量であるが、Aはグルテンを原料としたものであり、C、Dは原料が大豆である所に起因すると考えられる。生揚醤油中の遊離グリシン量はアミノ酸液に比較して少ないが角田氏等⁷⁾は生揚醤油を塩酸分解した場合グリシンは相当増加することを述べている。

イソロイシン：生揚醤油中のイソロイシン量は全窒素を1%にした場合は約

2.5 mg/ml であり溜生揚では 2.3 mg/ml 程度であった。アミノ酸液中のイソロイシン量も全窒素を 1%とした場合は生揚醤油と大差なく、2号アミノ酸液でも全窒素を 1%とした場合は僅かに多量であるが生揚醤油とくらべて特に大差はなかった。

ロイシン：全窒素を 1%の醤油に換算した場合、生揚醤油では 4 mg/ml 弱であり溜生揚では 3.5 mg/ml 程度であった。アミノ酸液中のロイシン量は多く全窒素を 1%とした場合 4.5 mg/ml 以上であったが、2号アミノ酸液では試料 A を除いては生揚醤油よりも少なく 3.5 mg/ml 弱であった。市販醤油では全窒素を 1%にした場合 3.1~4.4 mg/ml であった。

リジン：全窒素を 1%にした場合、生揚醤油中のリジン量は 2.8 mg/ml 程度であり溜も同一含量を示した。アミノ酸液では 3 mg/ml 以上、2号アミノ酸液では 4.5 mg/ml 以上の多量であった。但し試料 A では既に述べたようにその原料がグルテンで C, D とは異なり 1.8 mg/ml の少量であった。

メチオニン：醤油中のメチオニンは少量で全窒素を 1%とした場合、生揚醤油では 0.7 mg/ml、溜生揚では 0.55 mg/ml 速醸では 0.7 mg/ml であった。アミノ酸液中のメチオニン量は生揚醤油のそれと大差なかったが2号アミノ酸液では試料 A を除いては少量であった。

フェニルアラニン：全窒素を 1%とした場合、生揚醤油では 2.5~3 mg/ml のフェニルアラニンが存在し速醸生揚でも同様であったが、溜生揚では若干少ないようであった。アミノ酸液中のフェニルアラニン量の全窒素を 1%にした場合は生揚醤油と大差なかった。2号アミノ酸液では全窒素を 1%とした場合試料 B は 2.8 mg/ml であったが他は 4 mg/ml 以上の多量であった。

スレオニン：全窒素を 1%とした場合、生揚醤油中のスレオニン量は 2.5 mg/ml 弱であって溜生揚も同様である。速醸では若干少ないが特に大差はない。アミノ酸液では全窒素を 1%とした場合 2.6~3.0 mg/ml であるが2号アミノ酸液では 3 mg/ml 以上を示した。

バリン：全窒素を 1%とした場合、各種醸造醤油中のバリン量はいずれも

2.7~2.9 mg/ml となりほとんど同一であった。アミノ酸液中のパリン量は全窒素を1%にした場合 3.4 mg/ml 程度であり、2号アミノ酸液では更に多量で 4 mg/ml 以上であった。

以上述べたように、種々の醤油中に含まれる各種アミノ酸量はその絶対量では相当差異が認められた。この場合、全窒素を一定に換算すると、生揚、速醸、溜などの醸造醤油では比較的近似したアミノ酸含量を示した。ただ異なる点としては、生揚醤油に比較して溜では遊離アミノ酸含量が若干低く、また速醸生揚では遊離グルタミン酸が少ない傾向にあることであった。しかしながら、アミノ酸液、2号アミノ酸液、市販醤油では全窒素を一定にしてもアミノ酸含量は相互に相当差異があり、さらに同じ2号アミノ酸液でも試料によって相当の差異が認められた。例えば醸造醤油にくらべて酸分解物ではアルギニン含量が相当高く、アミノ酸液と2号アミノ酸液ではグルタミン酸含量が相当異っている。測定した11種類の市販醤油のアミノ酸組成が、全窒素一定の醤油に換算しても相当差異があるのは、生揚醤油に酸分解物を添加したものが含まれるからであると考えられる。この場合、その混合比率によって、できた醤油のアミノ酸組成が異なるのは当然であるが、酸分解物、特に2号アミノ酸液ではそれぞれに異ったアミノ酸組成を示すから、若しその全窒素を目安として一定の混合比率をとったとしても、できた醤油のアミノ酸組成が異なることもあろう。

要 約

醸造醤油、アミノ酸液、2号アミノ酸液、市販醤油等各種醤油中の主要アミノ酸10種の定量をバイオアッセイにより行なった。

各種醤油中のアミノ酸の絶対量は相当異なるが、全窒素1%の醤油に換算した場合はそれぞれの醤油について比較的近似した値を示した。ただ種々のアミノ酸液、したがって市販醤油では必ずしも近似した値を示すとは限らなかったが一応次の結果を得た。

以下醤油の全窒素を1%に換算した場合醸造醤油中のアルギニン量は 0.7 mg/ml であり、アミノ酸液中では 3 mg/ml であった。生揚醤油中の遊離グ

ルタミン酸は 7.5~8 mg/ml であり、速醸生揚では約 6.5 mg/ml、溜生揚では 4.7 mg/ml であった。アミノ酸液中のグルタミン酸量は 8.5 mg/ml 以上であったが2号アミノ酸液では 5 mg/ml 程度であった。グリシンは生揚醤油では 2.5 mg/ml 溜生では 2 mg/ml アミノ酸液では約 3.5 mg/ml であった。イソロイシンは醸造醤油では 2.5 mg/ml 前後であり、アミノ酸液でも同程度であったが2号アミノ酸液では若干多かった。ロイシン含量は醸造醤油では 3.5~4.0 mg/ml であり2号アミノ酸液では若干少なく、アミノ酸液では 4.5 mg/ml 以上であった。リジン含量は醸造醤油では約 3 mg/ml でアミノ酸液ではそれより多量であり2号アミノ酸液では更に多量であった。各種醤油のメチオニン含量は 0.5~0.8 mg/ml であり、フェニルアラニン含量は各醤油共 2.5~4 mg/ml であった。醸造醤油中のスレオニン量は 2.0~2.5 mg/ml であり、アミノ酸液中では 2.5 mg/ml 以上であった。バリン含量は醸造醤油では 2.7~3.0 mg/ml であり、アミノ酸液では 3.5 mg/ml 以上であった。

終りに臨み本研究の御指導を賜わった、寺本四郎教授に深甚の謝意を表します。また、試料を提供して頂いた龍野醤油KK、丸金醤油KK、浜中醤油KK、日出醤油KKに深謝致します。

文 献

- 1) 鈴木, 麻生, 御手洗: 東化, **28**, 363 (1907)
- 2) 有働: 農化, **7**, 322, 852 (1931)
- 3) 大村: 本誌, **9**, 2号 (1931)
- 4) 金子: 日化, **60**, 539 (1939)
- 5) 石田: 醸試, **94**, 342 (1926)
- 6) 吉村: 東化, **30**, 43 (1909)
- 7) 角田, 石塚, 宮沢, 田村: 農化, **26**, 477 (1952)
- 8) 上田, 永井, 森口: 本誌, **37**, 99 (1959)
- 9) 田中, 上田: 本誌, **36**, 251 (1958)
- 10) 橋田, 前田, 上田, 横川: 本誌, **33**, 364 (1955)
- 12) 後安: 調味科学, **7**, No.1, 7 (1959)
- 13) 堀, 小川, 青木, 近藤, 太田: 農化, **30**, 519 (1956)