食味と穀粒成分および炊飯米のアミノ酸との関係*

松崎 昭夫・高野 哲夫・坂本 晴一・久保山 勉**

(東京大学農学部附属農場・**東京大学農学部)

1991年10月29日受理

要 旨 : 産地が明らかな内外の水稲品種について、食味と穀粒成分および炊飯米のアミノ酸を分析し、両者の関係について検討し、次の結果を得た。

1) 食味の評価は本学5月祭の見学者による官能テストによった。平均値でみると穀物検定協会のパネルによる評価の序列と一致した。2) 穀粒成分の面では良食味品種はアミロース、窒素ともに低い。食味の劣る品種にはアミロースが高い場合、窒素が高い場合、両者が高い場合がみられた。また、 $P/Am \cdot N$ は食味との間に有意の相関がみられた。3) 炊飯米の溶出アミノ酸はその総量と各アミノ酸の含有比率に品種の特徴が認められた。すなわち、日本型の良食味品種では溶出アミノ酸総量が少なく、グルタミン酸、アスパラギン酸等の割合が高かった。4) 食味に及ぼす穀粒成分の影響を重回帰分析の標準偏回帰係数の符号でみると、リンはプラスの方向に、カリウムは逆方向に作用することが認められた。同様にアミノ酸の影響をみると、アスパラギン酸とグルタミン酸はプラスに作用することが認められた。5) 以上の結果から、炊飯米から溶出してくるアミノ酸総量中のグルタミン酸やアスパラギン酸の割合は食味に対してアミロースや窒素と同様に重要な働きをしているものと推測された。

キーワード : アミノ酸, 官能試験, 穀粒成分, 米, 食味.

Relation between Eating Quality and Chemical Components in Milled Rice and Amino Acid Contents in Cooked Rice : Akio MATSUZAKI, Tetsuo TAKANO, Seiichi SAKAMOTO and Tsutomu KUBOYAMA (*Experimental Farm, Faculty of Agriculture, The University of Tokyo, Tanashi, Tokyo 188, Japan*)

Abstract : To clarify the relation between the eating quality and inorganic chemical components in rice kernels or amino acid content in cooked rice, the authors collected 18 cultivars from inside and outside Japan. Eleven cultivars out of them were examined in terms of sensory test by “the visitors at the May festival” of the University of Tokyo.

Experimental results showed that the evaluation of sensory test coincided with the evaluation by an expert panel of “Japan Cereals Inspection Association”. Cultivars that had a high eating quality had a lower amylose and nitrogen content in their kernels. On the other hand, cultivars that had low evaluation showed a higher amylose and/or nitrogen content in kernels. Amounts of amino acid exuded from cooked rice showed a specific pattern in the total amount and the ratio of them to the total one. Namely, cultivars that had a high eating quality in japonica type rice, had a low level of free amino acid and comparatively higher rate of glutamic acid and aspartic acid.

In principal component analysis, amylose and nitrogen content showed a large factor loading of primary component, and both primary and secondary factors loading of asparagine, aspartic acid, alanine and sarcosine showed positive values. However glutamic acid and aspartic acid showed positive rate of contribution to eating quality in multiple regression analysis.

From these results, it was estimated that glutamic acid and aspartic acid content might be responsible for improving of eating quality of rice kernels as well as amylose and nitrogen content.

Key words : Amino acid content, Amylose, Eating quality, Nitrogen, Rice kernel, Sensory test.

米の食味は訓練されたパネルによる官能検査によって評価されている¹⁰⁾。一方、米粒の物理・化学的性質の分析結果に基づく数値的表現によって食味の良否を表現しようとする試みもなされている¹⁾。デンプンのアミロース成分が高く、窒素成分が多いと食味が劣ることは広く認められている⁹⁾。しかし、同じ品種でも産地・栽培条件によって味が異なるなど、食味を支配する要因の解析はまだ緒についたばかりである。また、アミノ酸については、米粒中および

タンパク分画中に存在するその種類と量の測定値はみられるものの食味との関係に言及したものは見られない^{13,14)}。

そこで本報告では、産地の明らかな品種について、不特定多数の人々による食味評価値がエキスパート・パネルの評価値に近い値を示すかどうかについて検討した。また、穀粒の大量成分であるアミロース、窒素などのほかに、炊飯米の溶出アミノ酸量を分析して、食味と化学成分との関係についても検討した。これらの結果、食味に対する化学成分の役割について、従来知られている事実に加えて若干の知

* 大要は、第191回講演会(1991年4月)において発表。

第1表 供試品種の産地と穀粒成分。

品種	産地	穀粒成分					
		----- % -----		----- mg/100 g -----			
		アミロース	N	P	K	Mg	Ca
1 キタヒカリ	札幌・北農試	23.8	1.11	263	54	36	24
2 ゆきひかり	札幌・北農試	23.8	1.03	206	41	27	14
3 ササニシキ	宮城・古川農試	22.1	1.01	234	44	37	14
4 日本晴	東京・東大農場	22.7	1.29	197	41	34	17
5 コシヒカリ	新潟・北陸農試	17.9	1.01	216	40	43	16
6 ニシホマレ	福岡・福岡農試	23.2	1.20	206	44	32	17
7 国宝ローズ	Calif. 国府田農場	21.8	0.90	225	46	36	16
8 宮中米(M-401)	Calif. 市販品	22.1	0.90	178	46	28	23
9 P. Gateway(M-201)	Calif. 市販品	19.3	1.09	188	50	28	28
10 杜交 81-1279	中国黒龍江省農科院	24.1	1.13	225	54	44	21
11 中原	韓国・作物試験場	30.0	1.35	249	44	60	15
12 M-201	東京・東大農場	21.5	1.09	206	48	30	16
13 Micky	Paraguay 市販品	20.1	1.27	188	45	33	16
14 余赤 231-8	中国湖南省現代化所	21.0	1.14	206	50	58	15
15 IR 36	Philippine IRRI	28.3	1.65	188	45	46	11
16 Peta	Philippine IRRI	30.0	1.43	188	49	49	13
17 Khao Dawk. Mali 105	Thailand TARC	19.8	1.01	188	50	57	18
18 Malaysia super 1	Malaysia 市販品	27.8	1.31	225	53	70	18

第2表 食味評価した人の年齢分布。

年齢	実験											計
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
10歳以下	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2	0	4
10~20	5	28	9	28	21	14	11	16	23	19	5	179
20~30	32	25	19	16	13	10	17	9	25	16	6	188
30~50	4	8	3	8	4	2	4	10	4	5	1	53
50歳以上	4	2	1	10	7	7	4	8	5	2	1	51
不明	1	2	1	2	4	10	1	4	2	2	2	31
合計	46	65	33	64	50	43	37	48	59	46	15	506

見が得られたのでここに報告する。

材料と方法

1. 供試品種とその産地: 供試材料は第1表に示したように Micky と Malaysia super を除き品種名と産地(生産者)が明らかなものである。国内産米はコシヒカリ・ササニシキのほかに、北海道および九州で栽培面積の多い品種を選び、外国産米はカリフォルニアとタイの良質米を中心に、世界で最も栽培面積の多い IR 36, さらに、韓国や中国の場合にはそれぞれの地帯で栽培面積の多い品種が選ばれた。

第1表で上から13品種は日本型品種, 下段5品種はインド型品種であり, いずれの品種も1986年産米である。

2. 食味の評価: 搗精歩合90%に調製した米の水分を測定し, 穀物検定協会の炊飯法に準じて所定量の水を加えて電気釜で炊飯した^{注1)}。日本晴(当場産)を基準にして, 同時に供試した3品種の食味と外観を(-3)~(+3)の7段階に相対値で評価した。食味の判定者は1987年本学の5月祭の見学者で1回の試験の参加者は約15~65名であった。試食者の性別年齢分布を第2表に示した。評価値の信頼限界は各回のテストごとに標準誤差を求め, t値を乗じて得た数値を品種について平均したものである。

3. 穀粒成分の分析: KETT社の精米機 Pearlest で搗精歩合90%に精白し, Cyclotec 1093 Sample Mill で30 meshに粉碎して以下の分析に供試した。

注1) 日本穀物検定協会 1986, 米の食味試験プログラム。

第3表 食味評価人数と評点。

番号	品 種	回数	延人数	平均値	信頼限界
5	コシヒカリ	3	144	1.24	0.31
3	ササニシキ	5	218	0.86	0.54
2	ゆきひかり	2	91	0.77	0.57
8	宮中米(M-401)	3	144	0.74	0.59
7	国宝ローズ	3	145	0.62	0.57
6	ニシホマレ	2	129	0.58	0.39
1	キタヒカリ	2	96	0.44	0.52
9	P. Gateway (M-201)	2	108	0.31	0.53
4	日本晴			0.00	
11	中原	1	64	-0.42	0.44
10	社交 81-1279	1	50	-0.47	0.52

アミロース:1 N NaOH で抽出, オートアナライザ (Technicon, Method No.238-72 A) で測定した⁶⁾。

窒素・リン:ケルダール分解後オートアナライザ (Technicon, Method No.334・74 W/B) で測定した。

マグネシウム・カルシウム・カリウム:Mg と Ca はケルダール分解後原子吸光分光光度計 (島津 AA-670) で測定した。また K は N/5 HCl 抽出後原子吸光分光光度計で測定した。

アミノ酸:米粉および炊飯米の 70% エタノール抽出液を島津の HPLC リチウム系アミノ酸分析システムで分析した。

これらの分析値と食味の対応関係を評価するために主成分分析と重回帰分析による解析を試みた。

結果と考察

1. 食味の評価: 日本型品種の炊飯米の食味評価は第3表に示したように, 専門のパネルによる評価の序列 (コシヒカリ, ササニシキ:A, ユキヒカリ, ニシホマレ:B, キタヒカリ:B')^{10) 注2)} とほぼ一致した。すなわち, コシヒカリは平均点が高く, 評点の変動の幅 (5% 信頼限界) も最も小さかった。ササニシキ, ゆきひかり, 宮中米, 国宝ローズおよびニシホマレは平均点では差があるように見えるが, 評点の変動幅を考慮すれば, 一つのグループとみなされよう。同様に, キタヒカリと Pacific Gateway, 中原と社交 81-1279 の2グループを識別できる。

第4表 穀粒成分・成分比と食味の相関。

成 分	記 号	相関係数 (=11)	相関係数 (n=9)
アミロース	Am	-0.679*	-0.389
窒素	N	-0.699*	-0.641*
リン	P	-0.229	0.146
カリウム	K	-0.438	-0.346
マグネシウム	Mg	-0.506	0.412
カルシウム	Ca	-0.181	-0.407
	Mg/N・K	0.114	0.742*
	Am・Mg/N・K	-0.321	0.647*
	Mg/Am・N	0.355	0.699*
	P/Am・N	0.717*	0.688*

また, 同じサンプルについて評価した炊飯米の「外観」は食味と正の相関 ($r=0.978^{**}$) を示した。

第3表の信頼限界 (5% レベル) は数回にわたって行ったそれぞれの実験の信頼限界値の単純平均であるが, その値 $\pm 0.31 \sim \pm 0.59$ は研究機関の職員で構成したパネルでの食味評価値から計算された信頼限界値 ± 0.72 (この場合は15段階評価であった, 未発表) に対して遜色のないものであると言える。

食味判定者の年齢構成は第2表に示したように, 10歳台と20歳台の若者が中心であったが, その評価値はきわめて常識的なものであった。一般に母集団の大きい方がより真の値に近づくことは当然であるが, 未経験者でも多人数で評価すれば, より正しい値に接近できることを示すものと考えられる。

2. 穀粒成分の特徴: 白米のアミロース, 窒素, リン, カリウム, マグネシウムおよびカルシウムの分析結果を第1表に示した。第1表によれば, 食味評価の高いコシヒカリは, アミロースと窒素の含有率

注2) 日本穀物検定協会 1986. 米の食味ランキング

第1図 成分含量比と食味評価値との関係.

注. 食味との相関関係 $Am \cdot Mg/N \cdot K: 0.647*$
 $P/Am \cdot N: 0.688*$

第2図 成分含量比と食味評価値との関係.

注. 食味との相関関係 $Mg/N \cdot K: 0.742^*$
 $Mg/Am \cdot N: 0.699^*$

がともに低いことがわかる。しかし、食味評価値がやや低かったササニシキは、窒素含有率は低いけれどもアミロース含有率がやや高い値を示した。また、食味評価の低い中国の品種「杜交 81—1279」と韓国の品種「中原」はアミロースと窒素の含有率がともに高く、カリフォルニアの品種「国宝ローズ」,「宮中米」,「Pacific Gateway」は、窒素含有率は低いものの、ササニシキと同様アミロースがやや高い傾向を示した。これらの事実はアミロースと窒素が食味

第3図 アミノ酸総量に占めるグルタミン酸の割合
と穀粒のアミロースおよび窒素含量との関係。

を支配する重要な要因であることを確認するものである^{3,5,8)}.

3. 無機成分と食味の関係: 個々の無機成分と食味の関係を明らかにするために, 両者の相関関係をみたが, アミロースと窒素以外では単独の成分との間に有意の相関は認められなかった. そこで, アミロースをも含めて無機成分の含有比をとり食味との相関関係をみた. その結果, 第4表に示したように, 食味試験に供試した11品種全部を対象にした場合には $P/Am \cdot N$ 比を除いて有意の相関はみられなかった. これは, 韓国の品種「中原」がIR系品種の血を引くためと考えられる. また, 中国の品種「牧交81-1279」は, 成分面では日本の品種とほぼ同じなのにマイナスの食味を示しており日本の品種とは異なる遺伝的バックグラウンドを持っているものと考えられる. そこでこれら2品種を除いて再計算すると, 第1, 2図に示したように $Am \cdot Mg/N \cdot K$, $P/Am \cdot N$, $Mg/N \cdot K$, および $Mg/Am \cdot N$ 比と食味との間に有意の相関が認められた. しかし, 堀野²⁾の示唆するような Mg/K との関係および稲津^{注3)}の指摘する Am/N との関係には有意の相関が認められなかった.

Am・Mg/N・K, P/Am・N, Mg/N・K, および

注3) 稲津脩ら 1990. 北海道産米の品質解析とその改善技術に関する研究 第13報 食味指標値 APS の提案, 土肥講演要旨集 第36集 p.87.

第5表 炊飯米のアミノ酸含有量*.

品種 アミノ酸	A キタ ヒカリ	B ゆき ひかり	C ササ ニシキ	D 日本晴	E コシ ヒカリ	F ニシ ホマレ	G 国宝 ローズ	H IR 36	I KDM 105
1 Phosphoserine	0.09	0.19	0.15	0.17	0.17	0.19	0.31	0.10	0.12
2 Taurine	0.39	0.34	0.27	0.31	0.32	0.40	0.46	0.41	0.21
3 Aspartic acid	6.39	5.58	4.48	3.04	2.87	4.91	8.38	0.99	0.89
4 Threonine	0.23	0.23	0.16	0.11	0.12	0.26	0.40	0.07	0.13
5 Serine	1.85	1.39	1.02	0.84	0.64	2.81	1.60	0.14	0.34
6 Asparagine	8.09	5.47	3.83	6.41	3.83	7.46	13.37	1.24	4.01
7 Glutamic acid	5.67	4.35	3.56	2.65	3.16	6.37	5.41	0.80	0.73
8 Glutamine	3.38	1.75	0.61	0.00	0.00	1.95	2.11	0.00	0.00
9 Sarcosine	0.74	0.30	0.45	0.65	0.75	0.84	1.76	0.64	0.31
10 Amino adipic acid	0.51	0.13	0.14	0.15	0.14	0.17	0.15	0.13	0.08
11 Proline	0.94	0.60	0.57	0.61	0.00	0.46	0.86	0.54	0.54
12 Glycine	0.60	0.46	0.44	0.39	0.32	0.79	0.89	0.32	0.96
13 Alanine	1.73	1.55	1.29	0.98	0.85	1.85	3.20	0.24	1.72
14 Valine	0.31	0.42	0.35	0.25	0.18	1.70	0.48	0.16	0.26
15 Methionine	0.24	0.26	0.10	0.00	0.07	0.12	0.00	0.11	0.15
16 Cystine	0.04	0.11	0.10	0.06	0.09	0.09	0.08	0.06	0.04
17 Isoleucine	0.18	0.13	0.20	0.07	0.11	0.17	0.28	0.10	0.11
18 Leucine	0.29	0.34	0.31	0.16	0.22	0.33	0.45	0.25	0.21
19 Tyrosine	0.29	0.18	0.18	0.10	0.14	0.17	0.31	0.11	0.08
20 p-Alanine	0.14	0.08	0.09	0.05	0.08	0.10	0.16	0.07	0.04
21 β -Alanine	0.06	0.03	0.02	0.03	0.03	0.07	0.13	0.01	0.04
22 γ -Aminobutyric a.	2.18	1.89	0.87	0.82	0.75	1.37	0.94	0.10	0.62
23 Histidine	0.22	0.11	0.07	0.06	0.05	0.09	0.13	0.09	0.09
24 Lysine	0.18	0.12	0.08	0.06	0.08	0.07	0.16	0.04	0.04
25 Arginine	1.35	0.56	0.27	0.30	0.00	0.50	0.84	0.00	0.00
Total	36.09	26.57	19.61	18.27	14.97	33.24	42.86	6.72	11.72

*: μ mol/10 mg rice grain

Mg/Am・N比と食味との間に有意の相関が認められたことは、リンとマグネシウムを多くし、アミロースと窒素を少なくする条件下で食味が改善されることを示唆するものと考えられる。また、リンとマグネシウムの間には高い相関のあることが知られており^{7,8)}、食味を支配する要因の一つにリン、またはマグネシウムが相補的に関与していることも考えられる。

4. アミノ酸含有率: 炊飯米のアミノ酸モル濃度を第5表に示した。米粉のデータもほぼ同じであったが、メチオニンとシスチンは検出されなかった。また、炊飯米のアミノ酸モル濃度の総量は、米粉のときの約2倍であり、アスパラギン酸は米粉のときの約10倍となった。

炊飯米のアミノ酸モル濃度の総量に占める割合の

多いアミノ酸は、アスパラギン酸、アスパラギン、グルタミン酸、アラニンそれに γ -アミノブチル酸(γ -ABA)であった。

無機成分同様、単独のアミノ酸含量と食味との関係づけはできなかった。溶出アミノ酸総量に占めるアミノ酸の割合とアミロースおよび窒素の相互関係を検討した。横軸に穀粒成分中のアミロースまたは窒素の含有率をとり、縦軸に溶出アミノ酸総量に占めるアミノ酸の割合をとって各品種をプロットすると、もしアミノ酸が食味に関連しているとすれば、右下がりの対角線上に並ぶことが期待される。食味試験をした日本(型)品種はグルタミン酸についてプロットしたとき、このような傾向が示した(第3図)。IR 36とKDM 105は食味値がないけれども、IR 36についてはインド型品種の食味としてほぼ予

第6表 主成分分析の因子負荷量。

穀粒成分	第1主成分	第2主成分	第3主成分
(累積寄与率)	0.395	0.668	0.824
アミロース	0.873	0.083	-0.022
窒素	0.828	-0.186	-0.340
リン	0.194	0.535	0.786
カリウム	0.110	0.882	-0.348
マグネシウム	0.715	0.364	0.021
カルシウム	-0.598	0.634	-0.288
アミノ酸	第1主成分	第2主成分	第3主成分
(累積寄与率)	0.712	0.890	0.939
Aspartic acid	0.948	0.063	0.065
Serine	0.860	-0.276	-0.331
Asparagine	0.894	0.385	0.116
Glutamic acid	0.936	-0.201	-0.259
Glutamine	0.898	-0.292	0.082
Sarcosine	0.621	0.726	-0.210
Alanine	0.820	0.361	0.327
γ -ABA	0.720	-0.642	0.209

想される位置にある。アスパラギン酸の割合もグルタミン酸類似の傾向を示したが、グルタミン酸の場合よりも食味との関係の度合いが低く、他のアミノ酸の場合には食味との関係で一定の傾向が見られなかった。これらのことから、穀粒の窒素含有率やアミロース含有率が低いことのほかに、アミノ酸中のグルタミン酸の割合が高いことも食味をよくする条件の一つではないかと考えられる。

5. 食味を支配する要因の抽出: 第1表および第3表の数値に基づいてどの成分が食味に大きく影響しているかを推定しようと試みた。アミロースおよび無機成分の主成分分析^{4,11)}の結果(第6表)によれば、第1主成分としてアミロースと窒素、第2主成分としてカリウム、そして第3主成分としてリンが検出された。稲津³⁾、堀野ら²⁾の指摘する成分はいずれも食味に対して強い影響力を持つものであることが認められた。

第5表のアミノ酸のうち比較的高いモル濃度を示した成分の主成分分析によれば、因子負荷量の第1主成分はすべてプラスで大きさもほぼ同じであったが、第2主成分は符号が分かれた。アスパラギン酸とアスパラギン、サルコシンおよびアラニンが第1主成分、第2主成分ともにプラスの値を示した。また、セリン、グルタミン酸、グルタミンおよび γ -ABAはマイナスの値を示し、成分の意味付けは必ずしも明らかではないが、作用の方向に対する示唆

第7表 食味に対する穀粒成分の寄与率。

穀粒成分	標準偏回帰係数
アミロース	-0.270
窒素	-0.522
リン	0.673
カリウム	-0.947
マグネシウム	-0.362
カルシウム	0.416
$R^2=0.917$	

が得られた。

これらの成分の食味に対する寄与の程度を知るために、第6表に示した穀粒成分とアミノ酸をそれぞれ説明変数とする重回帰分析を行った。穀粒6成分の間では、リンとカルシウムがプラスに他の4成分はマイナスに働いた($R^2=0.917$)。リンが食味に対してプラスに作用した(第7表)ことは第1図のP/Am・Nの意味合いを補強するものと考えられる。また、アミノ酸の各成分の間には高い相関を示すものが多く(たとえば、グルタミン酸とアスパラギン酸はTCA回路のオキサロ酢酸と α -ケトグルタル酸から生成する際にお互いの存在を必要とする)、標準偏回帰係数にも有意性は認められなかったが、アスパラギン酸とグルタミン酸がプラスに、セリン、アスパラギンおよびグルタミンはマイナスに作用することが認められた。アスパラギン酸やグルタミン酸は味の良い越路早生や農林22号で藤坂5号やビルマ米より多いことが報告されている¹³⁾ので、アスパラギン酸やグルタミン酸は食味との関係が深いものと考えられる。一方、アスパラギン酸とアスパラギンは各品種ともモル濃度が高く(アミノ酸総量に対する割合も高い)、代謝系の位置づけもきわめて近いのにもかかわらず、食味に対して逆方向に働くことは興味のあるところである。しかし、これらのアミノ酸は相互に可逆的¹²⁾であり、検出されたアミノ酸量がこうした流れの中でどのような位置を占めるものであるかについてはさらに検討が必要である。

謝 辞

供試材料を提供して頂いた北海道農試稲育種研究室、北陸農試育種研究室、宮城県古川農試佐々木武彦、福岡農試古城斉一、国府田農場(Dos Palos, California) 鯨岡辰馬、中国黒龍江省農業科学院奈良正雄、中国農業現代化研究所(湖南省)王鵠正、韓国農村振興庁朴錫洪、IRRI 秋田重誠、タイ・スパン

ブリ農試栴木信幸、マレーシア (Kedah 州) 平岡博幸の各氏に、食味試験方法について御教示頂いた食品総合研究所官能検査研究室長石間紀男氏に、また、食味試験を担当した学生各位に深く感謝する。

引用文献

1. 竹生新治郎・渡辺正造・杉本貞三・身部尚武・酒井藤敏・谷口嘉廣 1985. 多重回帰分析による米の食味の判別式の設定. 澱粉科学 32: 51—60.
2. 堀野俊郎・原城 隆・阿江教治 1983. イネ科穀物のリン, カリウム, マグネシウム含量とそのバランス. 日作紀 52: 461—467.
3. 稲津 脩 1988. 北海道産米の食味向上による品質改善に関する研究. 北海道立農試報. 66: 1—89.
4. 石原辰雄・長谷川勝也・川口輝久 1990. 多変量解析. 共立出版, 東京. 123—140.
5. 石間紀男・平 広和・平 春江・吉川誠次 1974. 米の食味に及ぼす窒素施肥および精米中のタンパク質含有率の影響. 食品総合研究所報告 22: 9—15.
6. Juliano, B.O. 1971. A simplified assay for milled rice amylose. Cereal Sci. Today 16: 334—340.
7. 久保彰治 1959. 日本産米の無機成分含量の概観 (第2報). 無機成分含量の地域的偏差と成分間の相関. 食糧研究所報告 14: 86—90.
8. 久保彰治 1961. 米粒の無機成分含量にもとづく日本産米の類別 (第1報). 品種, 栽培地と無機成分含量. 食糧研究所報告 15: 13—21.
9. 松崎昭夫・松島省三・富田豊雄 1973. 水稻収量の成立原理とその応用に関する作物学的研究. 第113報 穂揃期窒素追肥が品質に及ぼす影響. 日作紀 42: 54—62.
10. 日本穀物検定協会 1983. 図説, 米の品種 1—211.
11. 奥野忠一 1980. 応用統計ハンドブック. 養賢堂, 東京. 328—377.
12. 坂野勝啓 1981. 各種アミノ酸合成の概略. 植物生理学 3代謝 I. 朝倉, 東京. 191—196.
13. 食糧研究所 1969. 米の品質と貯蔵, 利用. 食糧技術普及シリーズ第7号 1—122.
14. 田中国介 1990. 松尾孝嶺編 稻学大成 第3巻 遺伝編. II 形質の分化と遺伝, 第3章生理的形質の遺伝. 第4節穀粒の成分, 品質. 農文協, 東京. 313—325.