中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 49(4): 1～15 (2000)

白米胺基酸含量品種間之差異及其與食味間之關係[1]

吳永培[2]、許愛娜[3]、謝兆樞[4]、黃懿秦[4]

摘要：本研究以54個水稻品種爲材料，探討米粒胺基酸含量於品種間之差異及其與食味官能品評特性之關係，其中秈與粳稻間胺基酸之比較除半胱胺酸(half cysteine)含量秈稻顯著高於粳稻，而絲胺酸(serine)含量以粳稻顯著高於秈稻外，其餘胺基酸含量在兩型稻間則差異不顯著，顯示兩型稻胺基酸含量及組成十分接近。比較五種不同來源水稻類型(日本稻、台灣粳稻、IRRI稻、台灣秈稻及美國稻)胺基酸含量之差異，結果發現除色胺酸、甲硫胺酸、半胱胺酸、絲胺酸等在五種不同來源稻品種類型間有差異外，其餘胺基酸均差異不顯著。不同分類特性之胺基酸在五種不同水稻類型間除了含硫胺基酸有差異外，其餘不同之胺基酸類型在五種不同水稻類型間亦無差異。在54個品種分析中，食味總評與離氨酸(lysine)、色氨酸(tryptophan)、異亮氨酸(isoleucine)、半胱氨酸、酪氨酸(tyrosine)、脯氨酸(proline)、纈氨酸(valine)及丙氨酸(alanine)等8種胺基酸有負相關關係，而含硫胺基酸之含量與食味總評間亦呈負相關；在24個秈稻品種分析中，食味總評與離氨酸、色氨酸、異亮氨酸、脯氨酸、甘氨酸(glycine)及纈氨酸等6種胺基酸呈負相關；在30個粳稻品種分析中，食味總評與異亮氨酸、苯丙氨酸(phenylalanine)、酪氨酸、穀氨酸(glutamic acid)、纈氨酸及精氨酸(arginine)等6種胺基酸亦呈負相關，而與必需胺基酸、酸性、鹼性及極性胺基酸、含硫胺基酸、脂肪族胺基酸、芳香族胺基酸等含量均呈負相關。利用18種胺基酸含量對食味總評進行逐步迴歸分析，結果在54個品種、秈稻及粳稻中，建立之最佳迴歸模式對食味變異解釋率分別爲82.6％、94.2％及29.1％。而在利用主成份逐步迴歸分析法建立者最佳迴歸模式對食味變異解釋分別爲84.1％、99.1％及43.7％。顯示稻米胺基酸含量、類型與食味間關係十分密切，且關係會因秈、粳稻不同而異，而胺基酸含量變化應可做食味變異掌握之指標。

關鍵詞：胺基酸、食味、水稻品種。

前　言

隨著國人生活水準之提升，良食味米飯之要求日益殷切，因此提高國產稻米食味之表現便成爲近年來育種與米質研究之重要課題，國內自民國70年起開始著手研究適合國內產銷、品質分級、白米外觀、烹調及食用品質等課題，以作爲國產稻米在米質食味分級上之依據，唯研究上多偏重於白米理化

1.行政院農業委員會農業試驗所研究報告第2040號。

2.本所嘉義分所農藝系助理。台灣省　嘉義市。

3.行政院農業委員會台中區農業改良場副研究員。台灣省　彰化縣　大村鄉。

4.國立台灣大學農藝系教授。台北市。

特性與人爲試食評分之了解[4]，因此對於品質特性間之關連性及其與食味間之關係等研究少有著墨。而稻米品質若根據農民、加工業者、碾米商、零售業者、營養學家及消費者等不同對象對稻米品質之需求，其品質特性內容和分類上一般可區分爲市場品質及烹調與食用品質二大項，其中市場品質包括(1)碾米品質(milling quality)，(2)米粒外觀品質，如白堊質(chalkiness)、透明度(translucency)及碾白度(whiteness)等，(3)碾白程度(degree of milling)，(4)米粒大小及粒形(grain size and shape)；至於烹調及食用品質一般包含烹調品質(cooking quality)、食用品質(eating quality)、米粒理化特性等之間接測定(indirected determination of quality)品質、營養品質(nutrition quality)、貯藏或古米化(aging)等五項[20]，所以品質特性之內容及範圍甚爲廣泛。

影響食味良劣之因子相當多，諸如米粒品質成份含量、米飯物理特性、炊飯特性及營養價值等均對米質良劣有影響[9, 10, 11, 13, 16, 23, 25]，其中以直鏈性澱粉及蛋白質含量對白米之炊飯品質，即對食用品質之影響最大[13]。唯稻米品質良劣之影響因子很多，而直鏈澱粉含量相近之品種，其烹調與食味上常有相當大之差異，顯示僅以直鏈澱粉一項作爲米質劃分之依據，似有不足。尤其是國內栽培稻多屬低直鏈澱粉含量之品種，其直鏈澱粉含量差異不大，但在食味上卻有很大之不同[11, 13]，顯示仍有其它因子參與食味之控制。

至於水稻米飯食味良劣之表現，一般係透過食味官能品評進行之，其爲米飯外觀(appearance)、色澤(color)、香味(aroma)、口味(flavor)、溫度及質地(texture)等因子綜合影響之結果，於入口前影響品評員最大的影響因子爲外觀及色澤，而入口後則會對香氣、溫度及口味等加以感覺，在經咀嚼後方感覺米飯的硬性(hardness)及黏性(cohesion)，最後再綜合整體的評價估量食味表現的良劣[18]，此即所謂食味官能品評。由於此種品評方式是透過人吃出來的結果，品評員的喜好對品評結果之客觀性和穩定性影響甚大，因此若能針對影響食味之理化特性因子進行掌握或研發相關儀器進行測定，如此便可對米飯食味良劣進行較客觀及穩定之掌握，對於水稻育種時之食味選拔或米質檢定時食味良劣之評定均有相當大的助益。近年來許多學者乃致力於稻米理化特性與食味間關係之探討[1, 2, 3, 8, 13, 28, 33]。並嘗試利用儀器分析法替代食味官能品評法，唯目前並無任何一項儀器可以完成取代人類器官以評估食味之變化。因此利用米理化特性掌握食味良劣的研究仍待深入探討，如此方可以米理化特性建立之模式評估食味良劣之變化。

食味除與直鏈澱粉含量有關外，與粗蛋白質及貯藏性蛋白質組成亦有關係存在[5, 9]。一般粗蛋白質含量與食味是呈負相關關係[9, 16, 23]。國外研究報告指出較高粗蛋白質含量之米粒煮熟後，質地會較硬且較泛黃、不透明[27, 37]，且澱粉顆粒之吸水及膨脹亦因蛋白質含量增加而受到干擾，進而延長米飯烹煮的時間，導致食味值下降[38]。Matsue *et al.*[24]研究更指出食味較佳之越光品種，其蛋白質含量、醇溶性蛋白質(prolamin)及鹼溶性蛋白質(glutelin)低於食味中等者，顯示蛋白質含量及組成與食味間有密切之關係，亦爲米質良劣之重要影響因子之一。吳等[5]更指出國內秈稻米粒水溶性蛋白質(albumin)與食味呈正相關，粳稻中則以醇溶性蛋白質與食味呈負相關，其秈、粳稻中影響食味之貯藏性蛋白質種類並不相同。另有學者利用米理化特性進行食味模式等建立工作，日本學者[15]曾利用黏度特性(viscosity)、蛋白質、碘液呈色度(iodine staining)來建立粳稻的食味模式，然模式對食味變異解釋率(R^2=0.701)並不高。而國內學者[10, 11]利用黏度特性建立之食味模式已可解釋食味變異達84～91％，顯示以品質特性來掌握食味變化應是一可行之途徑。

植物蛋白質主要係由胺基酸以胜肽鏈鍵結而成，而常見之胺基酸有20種左右。基本上可根據其側鏈之化學組成、結構、電離情況、人體營養需求等分成若干類群，其中根據側鏈化學組成可分爲脂肪族、芳香族、含羥基、含硫、含氮基、酸性(或中性)及鹼性胺基酸等七類；而依結構特性可分爲極性和非極性兩類；依側鏈之電離情況可分爲酸性、中性、鹼性等三類；根據人體營養需求則分成必需與非必需胺基酸[14, 34]。

由於蛋白質是米粒中第二大成分，主要由四種貯藏性蛋白質組成，即水溶性蛋白質(albumin)、鹽溶性蛋白質(globulin)、醇溶性蛋白質(prolamin)及鹼溶性蛋白質(glutelin)等[20, 27]，水稻四種貯藏性蛋白質之胺基酸組成會因種類不同而不同，Padhye and Salunkhe [29]指出四種貯藏性蛋白質中，各種貯藏性蛋白質所含之胺基酸種類及組成特性有差異存在，尤其是營養品質價值上醇溶性蛋白質含有必需性胺基酸少，人體內的消化率較差，鹼溶性蛋白質則由於含有較多量之必需胺基酸且人體內之消化率較佳[17, 22, 30]；故營養價值上以鹼溶性蛋白質較高[38]。至於檢視國內外文獻[12, 13, 21]水稻胺基酸之含量不僅品種間有差異，秈、粳稻間亦有不同[12]，且隨穀粒成熟其胺基酸含量會發生改變[21, 36]。而穀粒之不同部位、施肥及栽培環境之溫度亦影響胺基酸含量[21, 31, 36]。

至於各種胺基酸組成除與貯藏性蛋白質種類有關外，其含量變化與食味間亦應有某種程度之關係存在，國外研究指出穀胺酸(glutamic acid)和天門冬氨酸(aspartic acid)對食味有正面之促進效果[26]，然Chikubu *et al.*[16]之研究結果卻爲相關係數不顯著，唯目前研究報告不多。因此無法提供充分證據釐清胺基酸與食味間之關係，基此，乃利用國內育種者常用之親本爲材料，進行胺基酸含量與食味間關係之探討，期能透過胺基酸含量之變化對食味變異有所掌握，而由於傳統上國人將水稻區分成秈與粳稻兩種，故亦將所用水稻品種以目視之方式，依植株形態及穀粒粒型粗分成秈及粳稻兩類型，以探討兩類型稻其胺基酸含量與食味間之關係是否不同。此外，水稻育種過程中常會使用國外引進的品種作爲育種材料，爲了解不同引進品種在胺基酸含量上的差異，吾人亦根據水稻品種之來源，將材料區分爲日本稻(Japaness rice)、台灣粳稻(Taiwan *japonica* rice)、台灣秈稻(Taiwan *indica* rice)、美國稻(America rice)及IRRI稻(東南亞稻，IRRI rice)等五種類型，期藉由不同類型稻品種胺基酸表現之比較，了解各類型水稻間之異同，以提供未來水稻育種、品質及栽培上之參考。

材料與方法

本試驗共使用54個水稻品種爲材料，品種名稱、代號與類型詳如表1所示。其中30個爲粳稻品種，24個爲秈稻品種。各品種之種植、栽培、管理、收穫、胺基酸含量分析之樣品調製詳如前報所述[5]，而食味官能品評分析方法係依據許與宋[9]之方法煮飯，試食時分別就外觀(appearance)、香味(aroma)、口味(flavor)、黏性(cohesion)、硬性(hardness)與總評(overall sensory evaluation)等六項與對照品種比較，對照品種爲台中區農業改良場生產之台粳9號。胺基酸含量分析方法係採用酸分解法，即秤取約10～11 mg之白米粉末，先用300ul 6N HCl溶液加入分解管中分解90分鐘(封管)。開管後，以1N NaOH溶液於抽眞空下乾燥。乾燥物再以Beckman之緩衝液500ul溶解，並以0.45 um濾膜過濾之。樣品液稀釋11倍後，取50 ul打入Beckman 6300 amino acid autoalyzer分析。共計調查18種胺基酸之含量，即分析離胺酸(LYS)、組胺酸(HIS)、色胺酸(TRP)、蘇胺酸(THR)、異白胺酸(ILE)、白胺酸(LEU)、苯丙胺酸(PHE)、甲硫胺酸(MET)、半胱胺酸(CYS)、酪胺酸(TYR)、天門冬胺酸(ASP)、穀胺酸(GLU)、絲胺酸(SER)、脯胺酸(PRO)、甘胺酸 (GLY)、纈胺酸(VAL)、丙胺酸(ALA)、精胺酸(ARG)等18種，各胺基酸定量後以mg/g白米(14％的水分含量爲基礎)表示之。分析所得之胺基酸含量再根據側鏈化學組成區分爲脂肪族、芳香族、含羥基、含硫、含氮基、酸性(或中性)及鹼性胺基酸等七類；另依結構特性則區分爲極性和非極性兩類；依側鏈之電離情況區分爲酸性、中性、鹼性等三類；根據人體營養需求則分成必需與非必需胺基酸(表2)[14, 34]。

至於統計方析法係採用非成對t測驗來比較秈、粳稻平均值間之差異。至於日本稻、台灣粳稻、台灣秈稻、美國稻及IRRI稻五類型之胺基酸含量比較，則是先進行變方分析(analysis of variance)，倘變方分析中處理效應之差異性達顯著水準，再進行各類型稻胺基酸含量之最小顯著差異值法(least significant difference, LSD)比較。再者，另依54個品種、秈稻、粳稻分別進行胺基酸、不同胺基酸類型與食味官能品評特性間之簡單相關分析；並利用胺基酸含量對食味總評值進行逐步迴歸分析

表1. 材料名稱表

Table 1. Type, group and variety names of rice used in this experiment

Entry No.	Type	Group[z]	Variety name	Entry No.	Type	Group[z]	Variety name
1	*Japonica*	A	Koshi\ari	28	*Japonica*	B	Taichung 189
2	*Japonica*	A	Akitakomachi	29	*Japonica*	B	Taichung 178
3	*Japonica*	A	Nipponbare	30	*Japonica*	B	Kaohsiung 139
4	*Japonica*	A	Kinuhikari	31	*Indica*	C	IR8
5	*Japonica*	A	Hokuriku 100	32	*Indica*	C	IR26
6	*Japonica*	B	Taikeng 1	33	*Indica*	C	IR36
7	*Japonica*	B	Taikeng 2	34	*Indica*	C	IR50
8	*Japonica*	B	Taikeng 3	35	*Indica*	C	IR64
9	*Japonica*	B	Taikeng 4	36	*Indica*	C	IR72
10	*Japonica*	B	Taikeng 5	37	*Indica*	B	IR3941-25-1
11	*Japonica*	B	Taikeng 6	38	*Indica*	C	POKHARELI
12	*Japonica*	B	Taikeng 7	39	*Indica*	D	Taichung native 1
13	*Japonica*	B	Taikeng 8	40	*Indica*	D	TaichungSen 10
14	*Japonica*	B	Taikeng 9	41	*Indica*	D	ChianungSen 6
15	*Japonica*	B	Taikeng 10	42	*Indica*	D	ChianungSen 8
16	*Japonica*	B	Taikeng 11	43	*Indica*	D	ChianungSen 11
17	*Japonica*	B	Taikeng 13	44	*Indica*	D	TainungSen 12
18	*Japonica*	B	Taikeng 14	45	*Indica*	D	TainungSen 14
19	*Japonica*	B	Taikeng 15	46	*Indica*	D	TainungSen 18
20	*Japonica*	B	Taikeng 16	47	*Indica*	D	TainungSen 19
21	*Japonica*	B	Tainung67	48	*Indica*	D	TainungSen 20
22	*Japonica*	B	Tainung 68	49	*Indica*	D	TaichungSen 17
23	*Japonica*	B	Tainung 69	50	*Indica*	E	DELLA
24	*Japonica*	B	Tainung 70	51	*Indica*	E	LEMONT
25	*Japonica*	B	Chianung 242	52	*Indica*	E	L202
26	*Japonica*	B	Hsinchu 56	53	*Indica*	E	CALROSE 76
27	*Japonica*	B	Taipei 309	54	*Indica*	E	NATO

[z] A: Japanese rice; B: Taiwan *japonica* rice; C: IRRI rice; D: Taiwan *indica* rice; E: America rice.

表2. 胺基酸的名稱、代號及分類情形

Table 2. The names, symbols and types of amino acids

名稱	英文名稱	縮寫符號	分類特點
離胺酸	Lysine	LYS	必需，鹼性，極性
組胺酸	Histidine	HIS	必需，弱鹼性，極性
色胺酸	Trptophan	TRP	必需，中性，非極性，芳香族
蘇胺酸	Threonine	THR	必需，中性，極性，羥基胺基酸
異白胺酸	Isoleucine	ILE	必需，中性，非極性，脂肪族
白胺酸	Leucine	LEU	必需，中性，非極性，脂肪族
苯丙胺酸	Phenylalanine	PHE	必需，中性，非極性，芳香族
甲硫胺酸	Methionine	MET	必需，中性，非極性，含硫胺基酸
半胱胺酸	Cysteine	CYS	非必需，極性，含硫胺基酸
酪胺酸	Tyrosine	TYR	非必需，極性，芳香族
天門冬胺酸	Aspartic acid	ASP	非必需，酸性，極性
穀胺酸	Glutamic acid	GLU	非必需，酸性，極性
天門冬醯胺	Asparagine	ASN	非必需，中性、極性
絲胺酸	Serine	SER	非必需，中性，極性，羥基胺基酸
穀胺醯胺	Glutamine	GLN	非必需，中性，極性
脯胺酸	Proline	PRO	非必需，中性，非極性，含氮基胺基酸
甘胺酸	Glycine	GLY	非必需，中性，非極性，脂肪族
纈胺酸	Valine	VAL	非必需，中性，非極性，脂肪族
丙胺酸	Alanine	ALA	非必需，中性、非極性、脂肪族
精胺酸	Arginine	ARG	非必需(嬰兒期爲必需)、鹼性、極性

(stepwise regression analysis)，藉以了解以18種胺基酸含量建立食味模式之可行性。而爲避免因胺基酸間高度相關性干擾食味模式推定食味變化之能力，先以主成份分析法將18種胺基酸將其轉化成互相獨立之主成份後，再以各主成份對食味總評值進行主成份迴歸分析(principal component regression analysis)，進而建立食味模式，即依Johnson and Wichern[19]所述之原理及程序進行逐步迴歸分析及主成份迴歸分析。所有分析均以SAS統計套裝軟體進行[32]。

結果與討論

一、胺基酸品種類群間之差異

籼與粳稻胺基酸平均值之比較結果如表3所示，其中粳稻之CYS平均含量0.36mg，顯著低於籼稻之平均含量0.64 mg；SER之情形則相反，粳稻平均含量爲1.95 mg，顯著高於籼稻的1.71 mg；至於其餘之胺基酸含量在籼與粳稻間差異則不顯著，顯示兩型稻之胺基酸含量及組成十分接近，其中CYS籼稻高於粳稻的結果與謝等[13]之研究結果相同。另由標準偏差來看，籼稻除CYS、SER、PRO三種胺基酸之標準偏差略小於粳稻外，其餘胺基酸之標準偏差均大於粳稻，顯示籼稻品種在胺基酸之變異較粳稻品種大。由於有變異才能進行改良及利用，因此在以胺基酸含量選拔良質米，或提高米營養品質之改良等試驗時，應可利用籼稻胺基酸變異較大之特性，尋找出合適之材料供品質改良利用。至於不同分類特性之胺基酸含量在籼及粳稻間除含硫的胺基酸籼稻顯著高於粳稻外，其餘不同分類特性之胺基酸含量兩型稻並無明顯差異存在(表4)，顯示兩型稻胺基酸組成特性上十分相似。

表3. 籼、粳稻米18種胺基酸之比較

Table 3. Comparsions of 18 amino acids of milled rice between *indica* and *japonica* rice varieties

Amino acid [z]	*Japonica* rice [y] (mg/g)	*Indica* rice [y] (mg/g)	Value of t test
LYS	2.17 ± 0.17	2.28 ± 0.31	-1.68
HIS	1.49 ± 0.13	1.45 ± 0.20	0.92
TRP	0.17 ± 0.06	0.19 ± 0.07	-1.46
THR	1.64 ± 0.17	1.59 ± 0.22	0.88
ILE	2.51 ± 0.30	2.56 ± 0.37	-0.50
LEU	4.77 ± 0.44	4.73 ± 0.70	0.26
PHE	3.63 ± 0.34	3.59 ± 0.53	0.35
MET	1.31 ± 0.15	1.27 ± 0.24	0.74
CYS	0.36 ± 0.14	0.64 ± 0.12	-7.70**
TYR	1.53 ± 0.15	1.57 ± 0.25	-0.69
ASP	5.31 ± 0.49	5.22 ± 0.76	0.51
GLU	10.92 ± 1.00	10.8 ± 1.68	0.33
SER	1.95 ± 0.28	1.71 ± 0.26	3.29**
PRO	2.58 ± 0.23	2.66 ± 0.41	-1.00
GLY	2.38 ± 0.20	2.38 ± 0.30	-0.07
VAL	3.56 ± 0.33	3.69 ± 0.57	-1.05
ALA	2.97 ± 0.25	3.04 ± 0.39	-0.88
ARG	5.36 ± 0.92	5.14 ± 1.25	0.73

** Significant at 1% level of probability.

[z] The three letter abbreviations of amino acids.

[y] The vaules that in the columns were the means and standard deviation, respectively.

表4. 白米不同分類型之胺基酸含量於秈、粳稻間差異之比較

Table 4. Comparsions of different types of 18 amino acids of milled rice between *indica* and *japonica* rice varieties

Type of amino acid	*Japonica* rice [y] (mg/g)	*Indica* rice [y] (mg/g)	Value of t test
Essential	26.59 ± 2.46	26.48 ± 4.10	0.13
Non-essential	29.43 ± 2.59	29.54 ± 4.21	-0.12
Sulfur-containing side chain	1.66 ± 0.19	1.90 ± 0.30	-3.58**
Aromatic-containing side chain	5.32 ± 0.48	5.34 ± 0.78	-0.11
Aliphatic-containing side chain	16.19 ± 1.45	16.40 ± 2.32	-0.42
Neutral	27.45 ± 2.54	27.41 ± 3.85	0.05
Acidic	16.23 ± 1.45	16.03 ± 2.41	0.39
Basic	9.01 ± 1.09	8.86 ± 1.68	0.38
Polar	30.72 ± 2.78	30.39 ± 4.69	0.32
No-polar	23.86 ± 2.14	24.11 ± 3.42	-0.32

** Significant at 1% level of probability.

[y] The vaules that in the columns were means and standard deviation, respectively.

比較五種不同來源之水稻類型胺基酸含量差異，結果如表5所示。由結果可知各類型稻除TRP、MET、CYS、SER有差異外，其餘胺基酸含量均差異不顯著，其中TRP以美國稻最高，而台灣粳稻、台灣秈稻、日本稻與IRRI稻間差異不顯著；MET則以美國稻最低，而台灣粳稻、台灣秈稻、日本稻與IRRI稻間亦差異不顯著；CYS亦以美國稻最高，但IRRI稻、台灣秈稻則與美國稻無明顯差異，日本稻則最低，然日本稻與台灣粳稻間無明顯差異，至於SER則以日本稻最高，但與台灣粳稻間無差異，而台灣秈稻含量最低，唯IRRI稻及美國稻間則差異不顯著，然台灣秈及粳稻間則有顯著不同。上述結果顯示僅4種胺基酸含量會因引進稻種源來源地不同，其含量有所不同，而大部分之胺基

表5. 不同類型的稻品種白米18種胺基酸之多重比較

Table 5. Multiple comparisons for 18 amino acids of milled rice among different types of rice varieties

Amino acid[z]	Japanese rice[y] (mg/g)	Taiwan *Japonica* ric[y] (mg/g)	IRRI rice[y] (mg/g)	Taiwan *indica* rice[y] (mg/g)	America rice[y] (mg/g)
LYS	2.29	2.14	2.42	2.22	2.18
HIS	1.56	1.47	1.54	1.38	1.44
TRP	0.19b	0.16b	0.16b	0.18b	0.26a
THR	1.75	1.62	1.71	1.53	1.56
ILE	2.59	2.50	2.76	2.46	2.46
LEU	4.99	4.72	5.11	4.50	4.62
PHE	3.75	3.60	3.87	3.44	3.47
MET	1.39a	1.29a	1.38a	1.28a	1.05b
CYS	0.26b	0.38b	0.63a	0.61a	0.69a
TYR	1.54	1.53	1.64	1.50	1.61
ASP	5.51	5.27	5.67	4.97	5.06
GLU	11.13	10.88	11.70	10.22	10.64
SER	2.12a	1.92ab	1.80bc	1.60c	1.81bc
PRO	2.69	2.55	2.90	2.56	2.50
GLY	2.48	2.35	2.53	2.28	2.36
VAL	3.70	3.53	3.98	3.55	3.54
ALA	3.08	2.94	3.27	2.93	2.91
ARG	5.58	5.31	5.33	5.06	5.01
TOTAL	58.1	55.61	59.98	53.76	54.67

[z] the three letter abbreviations of amino acids.

[y] Means with the different letter of a row are significantly different at 5% level by LSD test.

酸含量無此現象，尤其是必需胺基酸中最重要之LYS含量，似顯示國外引進之種源在多種胺基酸含量上與國人育成者相近。唯TRP亦是人體所需之重要胺基酸，應可考慮利用美國稻之遺傳背景來提升國內水稻品種之營養價值。

此外，比較不同分類特性之胺基酸在不同水稻類型間之差異，結果發現除了含硫胺基酸有差異外，其餘胺基酸含量在五個不同水稻類型間均無差異，含硫胺基酸含量以IRRI稻最高，而日本稻最低，而IRRI稻與台灣籼稻間差異並不顯著，而日本稻與美國稻、台灣粳稻間亦差異不顯著(表6)，可見不同分類特性之胺基酸含量較不會隨引進稻種源來源地不同而有差異。唯本試驗使用之水稻品種除台灣水稻品種數目較多外，其餘類型之水稻品種數目並不多，似乎不足以代表各類型稻之眞正特性，如此進行變方分析及多重比較時，由於各類型材料樣品數不同會影響統計分析結果，使得結論上或有偏頗。然站在以國內常用育種品種基因庫爲範圍之角度來看，國外引進品種使用率相對較國內育成品種低，因此試驗選用較多之國內水稻品種，其結果可對國內常用水稻品種品質特性上之變異情形提供較眞實訊息，即可表現國內常用水稻品種其遺傳基因庫之變異訊息，使得結論範圍可提供國內米胺基酸研究時之參考應用。

表6. 白米不同分類型之胺基酸含量於不同類型稻品種間差異之比較

Table 6. Multiple comparisons for different types of 18 amino acids of milled rice among different types of rice varieties

Type of amino acid	Japanese rice[y] (mg/g)	Taiwan *Japonica* ric[y] (mg/g)	IRRI rice[y] (mg/g)	Taiwan *indica* rice[y] (mg/g)	America rice[y] (mg/g)
Essential	27.79	26.35	28.25	25.60	25.59
Non-essential	28.80	27.82	30.14	26.69	27.57
Sulfur-containing side chain	1.65b	1.66b	2.01a	1.89ab	1.74b
Aromatic-containing side chain	5.48	5.29	5.66	5.12	5.33
Aliphatic-containing side chain	16.84	16.05	17.65	15.73	15.90
Neutral	28.73	27.20	29.46	26.31	26.55
Acid	16.64	16.15	17.38	15.20	15.69
Basic	9.43	8.92	9.29	8.67	8.63
Polar	32.43	31.72	30.52	29.09	29.99
No-polar	24.87	23.66	25.96	23.19	23.17

[y] Means with the different letter of a row are significantly different at 5% level by LSD test.

二、胺基酸與食味官能品評特性間之關係

利用18種胺基酸含量與6個食味官能品評特性進行相關分析，結果如表7所示，其中外觀(appearance)與LYS、TRP、ILE、CYS、TYR、PRO、VAL、及ALA等8種胺基酸間之相關係數均呈負相關；香味(aroma)除與TRP、CYS、SER間之相關係數不顯著外，與其餘胺基酸之相關係數均呈顯著之負相關關係；口味(flavor)與SER呈正相關，但與LYS、TRP、CYS、TYR、PRO、VAL及ALA間呈負相關；黏性(cohesion)與LYS、TRP、ILE、CYS、TYR、PRO、VAL及ALA等8種胺基酸間均呈負相關；而硬性(hardness)除了與TRP、THR、CYS、SER、ARG等5種胺基酸間之相關係數不顯著外，與其餘胺基酸間均呈正相關；至於食味總評(overall sensory evaluation)則與LYS、TRP、ILE、CYS、TYR、PRO、VAL及ALA等8種胺基酸有負相關關係，其餘胺基酸與食味總評間之相關係數均不顯著。

上述分析顯示胺基酸含量與食味官能品評特性間之關係十分密切，其中對人體營養較爲重要之必需胺基酸，如LYS、TRP、ILE與食味總評間均呈顯著之負相關，顯示較好吃之稻米，其營養品質有較差之趨勢，唯此係就簡單相關分析結果所得之結論，由於品質特性間常有高度相關或交感作用存在，因此在其它米理化特性存在下，必需胺基酸與食味間之負相關關係是否改變則仍需進一步確認；

表7. 54個稻品種白米18種胺基酸與食味品評值間之相關係數

Table 7. Correlation coefficients of 18 amino acids of milled rice with eating quality of cooked rice in 54 rice varieties

Amino acid[z] \ Eating quality	Appearance	Aroma	Flavor	Cohesion	Hardness	Overall sensory evaluation
LYS	-0.44**	-0.42**	-0.46**	-0.50**	0.39**	-0.48**
HIS	-0.07	-0.31*	-0.07	-0.12	0.30*	-0.09
TRP	-0.29*	0.25	-0.30*	-0.36**	0.07	-0.32*
THR	-0.07	-0.32*	-0.05	-0.10	0.25	-0.07
ILE	-0.30*	-0.39**	-0.17	-0.33**	0.39**	-0.31*
LEU	-0.16	-0.34**	-0.16	-0.20	0.34**	-0.18
PHE	-0.15	-0.35**	-0.14	-0.18	0.34**	-0.17
MET	-0.06	-0.32*	-0.06	-0.11	0.41**	-0.09
CYS	-0.64**	-0.14	-0.66**	-0.64**	0.26	-0.66**
TYR	-0.29*	-0.27*	-0.28*	-0.36*	0.38**	-0.32*
ASP	-0.13	-0.35**	-0.12	-0.17	0.33**	-0.15
GLU	-0.14	-0.34**	-0.13	-0.18	0.32*	-0.16
SER	0.25	-0.13	0.27*	0.22	0.05	0.26
PRO	-0.34**	-0.34**	-0.32*	-0.35**	0.39**	-0.34**
GLY	-0.21	-0.36**	-0.21	-0.26	0.34**	-0.24
VAL	-0.33**	-0.38**	-0.35**	-0.39**	0.38**	-0.37**
ALA	-0.30*	-0.38**	-0.30*	-0.34**	0.39**	-0.33*
ARG	-0.07	-0.28*	-0.10	-0.12	0.14	-0.10
Total protein	-0.22	-0.36**	-0.21	-0.26	0.35**	-0.24

*, ** Significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

[z] The three letter abbreviations of amino acids.

再者，54個品種(秈、粳稻合併)及秈稻18種胺基酸總量(約等蛋白質含量)與食味總評間之簡單相關係數並不顯著，此與以往認爲粗蛋白質含量與食味呈負相關的認知[1, 13]有所不同，究其原因可能是本次試驗僅利用18個胺基酸含量之總和代表總蛋白質含量，其含量實際上應與粗蛋白質含量有所差異，故乃造成分析結果與粗蛋白質含量與食味呈負相關的結論有所不同。唯由粳稻18種胺基酸總和與食味間之相關係數呈負相關關係(表9)來看，54個品種的分析結果可能是受到秈、粳稻的影響，以致相互抵消了可能存在的關係。再者，本次分析結果僅8種胺基酸與食味總評間有顯著相關(表7)，仍有部分胺基酸含量與食味表現相關係數不顯著，顯示不同胺基酸含量與食味總評間之關係有所不同，且與食味有相關之胺基酸多呈負面方向之影響。

24個秈稻各胺基酸與食味官能品評間之相關分析結果如表8所示，由表中可知外觀與LYS、TRP、ILE、PRO均呈負相關；而香味除與TRP、CYS、TYR、SER相關係數不顯著外，其餘胺基酸均與香味呈負相關；而口味與LYS、TRP、ILE、PRO、GLY、VAL、ALA亦皆呈負相關；黏性除了與TYR有負相關外，其餘與口味之分析結果相同；硬性則僅MET有正相關；至於食味總評則與LYS、TRP、ILE、PRO、GLY及VAL均呈負相關，其餘之相關係數則不顯著。由相關分析結果似可推論秈稻各胺基酸對食味總評多係透過外觀、香味、口味及黏性等項目來影響食味表現，但似未透過硬性來影響。

30個粳稻品種胺基酸與食味官能品評之相關分析結果如表9所示，其中外觀與ILE呈負相關；而香味僅與TRP呈正相關；黏性與ILE、PHE、TYR、GLU、VAL間均呈負相關；而硬性除與TRP、CYS、SER、GLY及ARG等之相關不顯著外，其餘胺基酸與硬性均呈正相關；至於食味總評與ILE、PHE、TYR、GLU、VAL及ARG等6種胺基酸間均呈負相關，而其餘之相關係數則均不顯著。上述結果與Matsuzkai *et al.*[26]指出GLU及ASP對食味有正面效果之結論不同，究其原因可能是研

表8. 24個秈稻品種白米18種胺基酸與食味品評值間之相關係數

Table 8. Correlation coefficients of 18 amino acids of milled rice with eating quality of cooked rice in 24 *indica* rice varieties

Eating quality / Amino acid[z]	Appearance	Aroma	Flavor	Cohesion	Hardness	Overall sensory evaluation
LYS	-0.52**	-0.59**	-0.58**	-0.60**	0.37	-0.58**
HIS	-0.29	-0.46*	-0.33	-0.36	0.31	-0.33
TRP	-0.46*	0.09	-0.41*	-0.53**	0.07	-0.51**
THR	-0.32	-0.54**	-0.34	-0.34	0.24	-0.31
ILE	-0.40*	-0.48*	-0.44*	-0.46*	0.36	-0.44*
LEU	-0.31	-0.46*	-0.35	-0.37	0.33	-0.35
PHE	-0.30	-0.48*	-0.33	-0.35	0.34	-0.33
MET	-0.25	-0.52**	-0.33	-0.31	0.43*	-0.29
CYS	-0.22	-0.18	-0.18	-0.27	0.25	-0.22
TYR	-0.34	-0.39	-0.38	-0.43*	0.34	-0.39
ASP	-0.31	-0.50**	-0.35	-0.37	0.32	-0.35
GLU	-0.26	-0.45*	-0.30	-0.32	0.31	-0.30
SER	-0.17	-0.36	-0.17	-0.18	0.06	-0.15
PRO	-0.42*	-0.50**	-0.42*	-0.41*	0.38	-0.41*
GLY	-0.38	-0.52**	-0.42*	-0.44*	0.34	-0.42*
VAL	-0.37	-0.56**	-0.44*	-0.46*	0.35	-0.43*
ALA	-0.37	-0.51**	-0.41*	-0.42*	0.37	-0.40
ARG	-0.18	-0.41*	-0.29	-0.34	0.15	-0.29
Total protein	-0.32	-0.49**	-0.37	-0.39	0.32	-0.37

*, ** Significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

[z] The three letter abbreviations of amino acids.

表9. 30個粳稻品種白米18種胺基酸與食味品評值間之相關係數

Table 9. Correlation coefficients of 18 amino acids of milled rice with eating quality of cooked rice in 30 *japonica* rice varieties

Eating quality / Amino acid[z]	Appearance	Aroma	Flavor	Cohesion	Hardness	Overall sensory evaluation
LYS	-0.15	-0.15	-0.13	-0.24	0.39*	-0.21
HIS	-0.17	-0.08	-0.19	-0.28	0.42*	-0.27
TRP	0.21	0.45**	0.05	0.12	-0.03	0.27
THR	-0.11	-0.04	-0.11	-0.25	0.40*	-0.21
ILE	-0.37*	-0.27	0.29	-0.43*	0.53**	-0.40*
LEU	-0.21	-0.13	-0.22	-0.35	0.44*	-0.33
PHE	-0.24	-0.13	-0.23	-0.38*	0.42*	-0.37*
MET	-0.08	0.03	-0.01	-0.28	0.46**	-0.22
CYS	-0.26	-0.26	-0.23	-0.16	0.22	-0.25
TYR	-0.33	-0.07	-0.26	-0.53**	0.53**	-0.42*
ASP	-0.19	-0.12	-0.18	-0.31	0.44*	-0.29
GLU	-0.26	-0.16	-0.23	-0.39*	0.43*	-0.40*
SER	-0.01	0.06	-0.05	-0.17	0.29	-0.11
PRO	-0.17	-0.06	-0.16	-0.31	0.40*	-0.30
GLY	-0.15	-0.10	-0.17	-0.26	0.39*	-0.26
VAL	-0.26	-0.16	-0.27	-0.39*	0.44*	-0.39*
ALA	-0.22	-0.16	-0.21	-0.34	0.41*	-0.33
ARG	-0.28	-0.09	-0.35	-0.25	0.22	-0.35*
Total protein	-0.26	-0.13	-0.22	-0.38*	0.45**	-0.38*

*, ** Significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

[z] The three letter abbreviations of amino acids.

究中使用的材料種類及數目不同所致，該報告係利用數個日本粳稻與IR36等加工用品種分析比較所得，由於使用之水稻品種數目不多，因此樣品的代表性似有不足。而本試驗利用30個粳稻品種爲材料，因此樣品較不易發生取樣上之偏差，結論應是較爲客觀正確，因此ASP似應與食味總評無直線相關。而由於ILE、PHE、TYR、GLU、VAL及ARG在粳稻中與食味呈負相關，且硬性及黏性與胺基酸間有密切之相關存在，因此似可推論粳稻中似透過硬性及黏性兩項去影響食味總評。此與秈稻分析結果有所不同，在粳稻中透過硬性影響食味較大，而透過黏性影響食味則是秈、粳稻皆然。

不同分類型之胺基酸含量與食味亦有關係存在，經相關分析結果發現在54品種分析中，含硫之胺基酸含量與食味總評間呈負相關，其餘類型則相關係數均不顯著；而分別依秈、粳稻進行之相關分析卻發現粳稻必需胺基酸、含硫胺基酸、脂肪族胺基酸、芳香族胺基酸、酸性、鹼性及極性胺基酸等含量均與食味總評間呈負相關，而非必需胺基酸、中性胺基酸及非極性胺基酸含量與食味總評間之相關係數則不顯著。至於秈稻中食味總評似乎與胺基酸類型並無顯著簡單相關關係(表10)。由上述結果顯示不同之胺基酸類型與食味間亦有密切關係，尤其粳米似以非必需胺基酸偏中性及非極性之胺基酸組成者，其食味受到影響較小。

表10. 54個（24個秈稻、30個粳稻）品種白米不同分類型胺基酸含量與食味品評值間之相關係數

Table 10. Correlation coefficients of different types of 18 amino acids of milled rice with overall sensory valuation of cooked rice in 54 (24 *indicia*, 30 *japonica*) rice varieties

Type of amino acids	54 varieties	24 *indica* varieties	30 *japonica* varieties
Essential	0.06	0.22	-0.39*
Non-essential	0.09	0.31	-0.35
Sulfur-containing side chain	-0.30*	0.23	-0.36*
Aromatic containing side chain	0.08	0.31	-0.36*
Aliphatic-containing side chain	0.02	0.26	-0.37*
Neutral	0.08	0.27	-0.32
Acidic	0.14	0.32	-0.37*
Basic	0.06	0.14	-0.36*
Polar	0.11	0.27	-0.40*
No-polar	0.04	0.26	-0.35

* Significant at 5% level of probability.

三、食味模式之建立

利用18種胺基酸含量對食味總評進行逐步迴歸分析，結果如表11所示，在54個品種分析中，經10個逐步迴歸分析步驟，結果以選用6種胺基酸之迴歸公式爲最佳食味模式，迴歸模式爲食味總評值=0.817+0.543(ASP) +1.042(SER)-0.808(PRO)-0.316(ILE)-1.270(LYS)-2.033(TRP)，R^2值達0.826，顯示利用6種胺基酸已可解釋約83％之食味變異。再者，爲了解秈、粳稻間其胺基酸解釋食味變異之能力是否有所不同，再分別依秈、粳稻不同進行逐步迴歸分析，其中秈稻經10個逐步迴歸分析步驟，同樣亦以選用6種胺基酸之迴歸公式爲最佳食味模式，迴歸模式爲食味總評值=2.062-0.594(ASP)+0.571(GLU) -3.781(ALA)+0.623(CYS)+4.211 (HIS)-5.006(TRP)，R^2值高達0.942，顯示秈稻利用此6種胺基酸已可解釋約94％之食味變異；而粳稻之迴歸模式則僅TRP及TYR兩項被納入，R^2值僅達0.291，由於粳稻食味模式之R^2值偏低，顯示利用胺基酸含量並不足以掌握粳稻食味變化，仍須再加入與食味有關之理化特性共同掌握食味變化，諸如黏度特性(viscosity)、米飯物理特性(texture)等，如此方可提升迴歸模式對食味變異之解釋率。

由於白米胺基酸間彼此具有高度之相關性，因此於利用胺基酸進行食味迴歸模式建立時，模式之預測能力可能會因自變數間之高度相關而受到干擾，進而降低模式對食味之推定能力。因此，乃將18

表11. 稻品種白米18種胺基酸與食味總評之最佳迴歸模式

Table 11. The best regression equations of 18 amino acids of milled rice for overall sensory evaluation of cooked rice varieties

Step	Variable enter[z]	Parameter estimate	Standard error	Sum of squares	F Value	Probability > F value
			All variety (N=54)			
	Intercept	0.817	0.2316	0.4073	12.45	0.0009
1	ASP	0.543	0.1210	0.6582	20.12	0.0001
2	SER	1.042	0.1337	1.9866	60.72	0.0001
3	PRO	-0.808	0.2286	0.4088	12.49	0.0009
4	ILE	-0.316	0.1604	0.1269	3.88	0.0548
5	LYS	-1.270	0.2902	0.6270	19.16	0.0001
6	TRP	-2.033	0.4717	0.6077	18.57	0.0001
						R^2=0.826
			Indica varieties (N=24)			
	Intercept	2.062	0.2397	0.7296	73.98	0.0001
1	ASP	-0.594	0.2491	0.0561	5.69	0.0290
2	GLU	0.571	0.0907	0.3902	39.57	0.0001
3	ALA	-3.781	0.3951	0.9033	91.60	0.0001
4	CYS	0.623	0.3210	0.0371	3.77	0.0690
5	HIS	4.211	0.9116	0.2105	21.34	0.0002
6	TRP	-5.006	0.4408	1.2722	129.00	0.0001
						R^2=0.942
			Japonica varieties (N=30)			
	Intercept	0.321	0.2346	0.0273	1.87	0.1826
1	TYR	-0.440	0.1531	0.1208	8.27	0.0078
2	TRP	0.860	0.4106	0.0641	4.39	0.0457
						R^2=0.291

[z] The three letter abbreviations of amino acids.

種胺基酸含量先以主成份分析法轉換成互相獨立之18個主成份後，再利用18個主成份對食味總評值進行逐步迴歸分析。結果如表12所示，54個品種以18個主成份對食味總評進行主成份迴歸分析，分析結果發現以選用7個主成份之迴歸公式爲最佳迴歸模式，模式爲食味總評值=-0.491-0.026(PRIN1)-0.239(PRIN2) -0.085 (PRIN3)+0.074(PRIN4)-0.212(PRIN5)+0.120(PRIN7)+0.357(PRIN9)，R^2值爲0.841，顯示模式對食味變異的解釋能力尚屬不錯。由於利用主成份迴歸分析法建立之食味迴歸模式與直接利用胺基酸建立者對食味解釋能力相當接近，而主成份變項彼此又互相獨立，不會因爲變項彼此間之高度相關而干擾食味變異的推定能力，故似爲較佳食味模式建立之方法。

同理，利用主成份迴歸分析法分別進行秈、粳稻食味模式之建立，結果秈稻以選用13個主成份之迴歸公式爲最佳迴歸模式，模式爲食味總評值= -0.844-0.035(PRIN1)-0.063(PRIN2)-0.277(PRIN3)-0.119(PRIN4)-0.304(PRIN5) +0.166(PRIN6)+0.337(PRIN7)-0.143(PRIN8)+0.312(PRIN9)-0.277(PRIN10)-1.284(PRIN15)+1.495(PRIN17)-2.817(PRIN18)，R^2值爲0.991 (表12)，由於R^2值已相當高，已可充分掌握食味變異，顯示模式對食味變異的解釋能力相當好。至於粳稻則以選用4個主成份之迴歸公式爲最佳迴歸模式，迴歸模式爲食味總評值=-0.209-0.012(PRIN1)-0.035(PRIN2)+0.088(PRIN6)-0.576(PRIN15)，R^2值爲0.437 (表12)，粳稻以主成迴歸分析法建立之食味模式(表12)對食味變異之解釋能力較一般迴歸分析法建立者(表11)有所提升，唯對食味變異之解釋比率仍不高。

上述分析結果除顯示胺基酸與食味間之關係十分密切，且秈、粳稻間之反應亦不一致，其中

表12. 稻品種白米18種胺基酸與食味總評之最佳迴歸模式

Table 12. The best regression equations of 18 amino acids of milled rice for overall sensory evaluation of cooked rice varieties

Variable used	Parameter estimate	Standard error	Sum of squares	F Value	Probability > F value
			All variety (N=54)		
Intercept	-0.4914	0.0240	13.038	419.69	0.0001
PRIN1	-0.0258	0.0066	0.4816	15.50	0.0003
PRIN2	-0.2391	0.0202	4.3495	140.01	0.0001
PRIN3	-0.0847	0.0229	0.4270	13.74	0.0006
PRIN4	0.0735	0.0311	0.1736	5.59	0.0224
PRIN5	-0.2121	0.0386	0.9369	30.16	0.0001
PRIN6	0.1203	0.0536	0.1563	5.03	0.0299
PRIN7	0.1524	0.0590	0.2073	6.67	0.0131
PRIN9	0.3572	0.0760	0.6868	22.11	0.0001
					R^2=0.841
			Indica variety (N=24)		
Intercept	-0.844	0.0149	17.100	3188.88	0.0001
PRIN1	-0.035	0.0040	0.4239	79.06	0.0001
PRIN2	-0.063	0.0121	0.1463	27.29	0.0004
PRIN3	-0.277	0.0227	0.7962	148.50	0.0001
PRIN4	-0.119	0.0233	0.1403	26.16	0.0005
PRIN5	-0.304	0.0256	0.7599	141.73	0.0001
PRIN6	0.166	0.0438	0.0774	14.44	0.0035
PRIN7	0.337	0.0542	0.2074	38.68	0.0001
PRIN8	-0.143	0.0594	0.0309	5.77	0.0372
PRIN9	0.312	0.1045	0.0477	8.90	0.0137
PRIN10	-0.277	0.1083	0.0350	6.53	0.0286
PRIN15	-1.284	0.3518	0.0714	13.32	0.0045
PRIN17	1.495	0.5932	0.0341	6.35	0.0304
PRIN18	-2.817	0.8198	0.0633	11.81	0.0064
					R^2=0.991
			Japonica variety (N=30)		
Intercept	-0.209	0.0204	1.3134	104.73	0.0001
PRIN1	-0.012	0.0057	0.0577	4.60	0.0419
PRIN2	-0.035	0.0145	0.0728	5.81	0.0237
PRIN6	0.088	0.0408	0.0580	4.62	0.0414
PRIN15	-0.576	0.2765	0.0544	4.34	0.0476
					R^2=0.431

[z] The three letter abbreviations of amino acids.

ILE、VAL不論秈、粳稻及秈+粳稻(54個品種)混合分析時，與食味均有負相關之關係，因此國內在良質育種時，似宜降低ILE、VAL含量來提升米質。此外，由於不同秈、粳稻其胺基酸與食味間之關係並不全然相同，若以相關分析結果爲依據進行育種選拔策略擬定參考時，應就秈、粳稻分別考量來進行。而必需胺基酸如LYS、TRP及ILE等三項，在秈稻及54個品種之分析結果均與食味總評呈負相關，此就營養觀點而言，似乎愈好吃之秈米其營養價值有愈低之趨勢。至於不同類型胺基酸特性與食味間亦有密切關係存在，尤其是粳稻中之關係更是密切，秈稻則不受影響。再者，以胺基酸進行改良時，由於其分析工作十分繁重，對於大量雜交後代之選拔似不易進行，而由於貯藏性蛋白質其胺基酸含量上有差異存在，因此透過改良貯藏性蛋白質以改變稻米胺基酸含量應是較爲可行的方式。近來有學者利用分子生物技術手段來改變米粒中prolamin(醇溶性蛋白質)及glutelin(鹼溶性蛋白質)的表現，結

果得到轉殖稻株之米粒貯藏性蛋白質含量確實有所改變[36]，其雖尚未達到商業品種育成之實用階段，但顯示轉移蛋白質品質較佳之基因進入水稻來改變胺基酸之質和量是一可能成功之途徑。

由胺基酸含量與食味總評間逐步迴歸分析及主成份逐步迴歸分析之結果可知，在秈稻及54個品種之分析中，胺基酸對食味變異之解釋效力不錯，應可於食味良劣評估時利用。唯粳稻分析中，胺基酸對食味之掌握效果未臻理想，顯示仍需加入其它與食味有關之理化特性共同掌握食味變化，諸如物理特性、黏性特性等與食味間有密切之關係[10, 11]，因此是相當不錯的選擇。比較本次研究秈和粳稻合併分析建立者及許等[11]利用黏度特性建立者，結果發現利用胺基酸建立之食味模式，對食味變異之解釋率較高，但與許和吳[10]建立模式比較則較低，唯本研究秈稻利用胺基酸建立者，爲目前國內外研究[10, 11, 16]中對食味解釋率最高之模式，顯示利用胺基酸含量變化有助於對秈米食味變異之掌握，建立之食味迴歸模式應可於食味良劣評估用。再者，胺基酸之分析需經樣品磨粉調製、樣品酸分解、乾燥、加水稀釋、過濾及分析等繁複程序，因此欲以此種胺基酸分析法做爲評估食味之方式，似乎不太可行，尤其胺基酸分析儀價格十分昂貴，研究單位勢難普及應用，因此需發展一快速簡易之胺基酸分析方法，如此建立之食味迴歸模式方可有效運用。而近紅外線分析技術(NIRS)可符合此一要求，本實驗室已建立有關白米及糙米直鏈澱粉、蛋白質、水分等NIRS分析檢量線[6, 7]，目前正著手探討NIRS測定胺基酸含量的可行性，初步發現有14種胺基酸NIRS檢量線之複相關係數(r)可高於0.8以上。

誌　謝

本試驗承蒙行政院農業委員會經費補助(計畫編號:89科技-1.1-糧-01(4-4A))，計畫審查並蒙王技正慶一小姐提供諸多寶貴意見，使得研究得以順利進行，特此誌謝。

引用文獻

1. 竹生新治郎、渡邊正造、杉本貞三、酒井滕敏、谷口嘉廣。1983。米の食味と理化學的性質の關連。澱粉科學 30: 333-341。
2. 竹生新治郎、渡邊正造、杉本貞三、酒井滕敏、谷口嘉廣。1985。多重迴歸分析にゐ米の食味判定式の設定。澱粉科學 32: 51-61。
3. 宋勳、洪梅珠、許愛娜。1991。台灣稻米品質之研究。1-101頁。台中區農業改良場特刊第24號。
4. 宋勳。1978。稻米品質劃分之可能性。台中區農業改良場研究彙報 新 2: 26-31。
5. 吳永培、許愛娜、陳隆澤、陳一心、黃懿秦。1999。稻米粒貯藏性蛋白質之研究。中華農業研究 48: 1-11。
6. 吳永培、許志聖、陳一心。1999。近紅外光分析技術應用於糙米粒化學成分含量之測定。中華農學會報 1: 333-342。
7. 吳永培、謝兆樞、、陳一心、黃懿秦。1997。近紅外光分析技術及冷鹼糊化法分析米粒成份可行性之研究。中華農藝 7: 193-201。
8. 洪梅珠、宋勳、劉慧瑛、林禮輝。1989。稻米理化性質之研究 I·官能品評特性與米粒外貌及化學性質間相關之研究。台中區農業改良研究彙報 24: 53-62。
9. 許愛娜、宋勳。1988。稻米理化性狀與食味關係之因子分析。台中區農業改良場研究彙報 25: 43-53。
10. 許愛娜、吳永培。1998。水稻品種白米粉末黏度之研究。台中區農業改良場研究彙報 58: 43-58。
11. 許愛娜、朱德民、白鏸、謝順景。1997。白米粉末黏度特性與米飯食用品質間關係之探討。中華農學會報新 180: 24-44。
12. 謝伯東、蔡錫舜、陳信濤、花翠紅。1975。臺灣產食米中各種氨基酸之分佈之研究。中國農業化學會誌 12: 73-80。
13. 劉慧瑛、林禮輝、宋勳、洪梅珠。1988。不同稻米品種之食用品質與化學性質之關係。稻米品質。76-89頁。台灣省台中區農業改良場編印。
14. 翟鳳林。1991。植物蛋白質品質改良的生理與遺傳。作物品質育種。北京農業出版社出版。22-65頁。
15. Chikubu, S., S. Watanabe., T. Sugimoto., N. Manabe., F. Sakai and Y. Taniguchi. 1985. Establishment of eating quality

estimation formula of rice by multiple regression analysis. J. Jpn. Soc. Starch Sci. 32: 51-60.

16. Chikubu, S., S. Watanabe., T. Sugimoto., N. Manabe., F. Sakai and Y. Taniguchi. 1983. Relation between eating quality evaluation of cooked rice and physicochemical properties of rice. Ibid. 30: 333-341.
17. Eggum, B. O., H. Satoh and B. O. Juliano. 1994. Protein quality evaluation of cooked rice for protein mutants in growing rats. Cereal Chem.71: 199-201.
18. Izutsu, T and K. Wani. 1985. Food texture and taste: A review. J. Texture Stud. 16: 1-28.
19. Johnson, R. A. and D. W. Wichern. 1982. Principal Component. pp 401-457. In: Applied Multivariate Statistical Analysis. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ.
20. Juliano, B. O. 1985. Criteria of rice quality in the United States. In B. O. Juliano, ed, Rice: Chemistry and Technology., American Assoc. of Cereal Chemists. St. Paul, MN., U. S. A. pp. 403-427.
21. Juliano, B. O. 1972. The rice Caryopsis and its composition. Rice: Chemistry and Technology. Am. Assoc. Cereal Chem.,St. Paul, MN., U. S. A. pp.16-74.
22. Kim, W. T., X. Lii and T. W. Okita. 1993. Expression of storage protein multigene families in developing rice endosperm. Plant Physiol. 34: 595-603.
23. Lii, C. Y., S. M. Chang and H. L. Yang. 1986. Correlation between the physicochemical properties and the eating quality of milled rice in Taiwan. Bull. Inst. Chem. Aademia Sincia 33: 55-62.
24. Matsue, Y., K. Odahara and M. Hiramatsu. 1994. Differences in protein content, amylose and eating quality in relation to location of grains within rice panicle. Jpn. J. Crop Sci. 63: 271-277.
25. Matsue, A., T. Takano., S. Sakamoto and T. Kuboyama. 1992. Relation between eating quality and chemical components in milled rice and amino acid contents. Ibid. 61: 561-567.
26. Matsuzaki, A., T. Takano.,S. Sakamoto and T. Kuboyama. 1992. Relation between eating quality and chemical components in milled rice and amino acid contents. Ibid. 61: 561-567.
27. Nagato, K., Ebata, M. and M. Ishikawa. 1972. Protein content of developing and mature rice grain. Ibid. 41: 472-479.
28. Okabe, M. 1979. Texture measurement of cooked rice and its relationship to the eating quality. J. Texture Studies 10: 131-152.
29. Padhye, V. W. and D. K. Salunkhe. 1979. Extraction and characterization of rice proteins. Cereal Chem. 56: 389-393.
30. Resurreccion., A. P., X. Li., T. W. Okita and B. O. Juliano. 1993. Characterization of poorly digested protein of cooking rice protein bodies. Cereal Chem. 70: 101-104.
31. Saikusa, T., T. Horino and Y. Mori. 1994. Distribution of free amino acids in the rice kernel and kernel fractions and the effect of water soaking on the distribution. J. Agric. Food Chem. 42: 1122-1125.
32. SAS User's Guide:Statistics. 1988. NC: SAS Institute Inc.
33. Sowbahagya, C. M., B. S. Ramesh and K. R. Bhattacharya. 1987. The relationship between cooked rice texture and physicochemical characteristics of rice. J. Cereal Sci. 5: 287-297.
34. Stryer, L. 1981. Biochemistry: Introduction to protein structure and function. In: Stryer, L. 2nd ed. Yi Hsien Publishing Co., R. O. C. pp. 11-42.
35. Tada, Y. 1996. Modification of rice grain compontents by recombinant DNA technology. Gamma Field Symposia 35: 5-17.
36. Tamaki, M. and M. Ebata. 1989. Physicoecological studies on quality formation of rice kernel III. Effects of ripening stage and some ripening conditions on free amino acids in milled rice kernel and in the exterior of cooked rice. Jpn. J. Crop Sci. 58: 695-703.
37. Tashiro, T. and I. F. Watdlaw. 1991. The Effect of high temperature on the accumulation of drying matter, carbon and nitrogen in the kernel of rice. Aust. J. Plant Physiol. 18: 259-265.
38. Webb, B. D. 1985. Criteria of rice quality in the United States. In B. O. Juliano, ed, Rice: Chemistry and Technology., American Assoc. of Cereal Chemists. St. Paul, MN., U. S. A. pp. 403-427.

Studies on the Differences of Amino Acids of Milled Rice among Rice Varieties and its Relationship to Eating Quality of Cooked Rice [1]

Yong-Pei WU[2], Ai-Na Hsu[3], Jaw-Shu Hsieh[4] and Yih-Ching Huang[4]

Summary

The aims of our research is to evaluate the differences of 18 amino acid contents of milled rice and its relationships to eating quality of cooked rice among rice varieties, According to the results of analyses, the cysteine content of *japonica* rice varieties was significantly higher than that of *indica* rice varieties. On the contrary, the serine content of *japonica* rice varieties was significantly lower than that of *indica* rice varieties. No significant difference was found in other 16 amino acids between both types of rice varieties. However, significant differences existed among those five different types of rice varieties (Japanese rice, Taiwan *japonica* rice, Taiwan *indica* rice, American rice and IRRI rice) in tryptophan, methionine, cysteine and serine contents by multiple comparisons tests. Also, the content of amino acids with sulfur-containing side chain was significant different among above five different types of rice varieties.The results of correlation analyses indicated that the overall sensory evaluation of cooked rice(OVE) were negatively correlated with the contents of lysine, tryptophan, isoleucine, half cysteine, tyrosine, proline, valine, alanine and the contents of amino acids with sulfur-containing side chain in 54 rice varieties; however, there also existed negative correlations between OVE and lysine, trptopan, isoleucine, proline, glycine, valine in 24 *indica* rice varieties. Negative correlation relationships between OVE and isoleucine, phenyalanine, tyrosine, glutamic acid, valine, arginine, the contents of essential, acid, basic, polar amino acids and the contents of amino acid with sulfur, aromatic, aliphatic containing side chains were also existed for 30 *japonica* rice varieties. The stepwise regression analyses between OVE and the contents of 18 amino acids indicated that the best regression equations could explain the 82.6% variation of OVE in 54 rice varieties, 94.2% in *indica* rice, 29.1% in japonica rice, respectively. The principal component stepwise regression analysis between OVE and the contents of 18 amino acids indicated that the best regression equations could explain the 84.1% variation of OVE in 54 rice varieties, 99.1% in indica rice, 43.7% in *japonica* rice, respectively. These results showed that there were close correlations between the contents of amino acids and OVE of rice varieties. It was indicated that the contents of amino acids might be used as a criterion of OVE in the breeding program for improving the quality. However, the relationships between the contents of amino acids and overall sensory evaluation were different in *japonica* and *indicia* rice varieties. Therefore, it suggested that the breeding program for improving the quality of *japonica* and *indica* rice should be established separately.

Key words : Amino acid, Eating quality, Rice varieties.

---

1. Contribution No.2040 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture.

2. Assistant, Department of Agronomy, Chaiyi Agricultural Experiment Station. Chaiyi, Taiwan, ROC.

3. Associate Agronomist, Taichung District Agricultural Improvement Station, Tasuen Hsiang, Changhua, Taiwan, ROC.

4. Professors, Department of Agronomy, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC.