

## 찰흑미와 일반찰벼 쌀가루의 이화학적 성질 비교

오금순<sup>†</sup> · 김 관\* · 나환식\*\* · 최경철\*\*

식품의약품안전청

\*전남대학교 식품공학과

\*\*전라남도보건환경연구원

### Comparison of Physicochemical Properties on Waxy Black Rice and Glutinous Rice

Geum-Soon Oh<sup>†</sup>, Kwan Kim\*, Hwan-Sik Na\*\* and Gyong-Cheol Choi\*\*

Food & Drug Administration, Seoul 122-704, Korea

\*Dept. of Food Science & Technology, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea

\*\*Jeollanam-Do Institute of Health & Environment, Gwangju 502-200, Korea

#### Abstract

In this study, the physicochemical properties of waxy black and glutinous rice flours were compared. Crude protein content of waxy black rice flour (9.01%) was higher than that of glutinous rice flour (7.54%). Most mineral contents of waxy black rice flour were higher than those of glutinous rice flour. The major fatty acids in the waxy black and glutinous rice flours were oleic acid (38.57% and 36.95%) and linoleic acid (38.60% and 39.10%). The major detected amino acids of both samples were aspartic acid, glutamic acid and arginine. Water binding capacity of waxy black rice flour (93.26%) was higher than that of glutinous rice flour (87.42%). Swelling powers and solubilities of waxy black rice flour were lower than those of glutinous rice flour in according to increasing temperatures. Maximum absorbance wavelength ( $\lambda_{max}$ ) and absorbance at 625 nm were similar between both samples. X-ray diffraction patterns of both samples showed traditional A type as peaks 2 $\theta$  at 15.1°, 17.1°, 18.0° and 23.2°. The relative crystallinities of waxy black and glutinous rice flours were 0.40 and 0.41, respectively.

**Key words:** waxy black rice, glutinous rice, water binding capacity, swelling power and solubility, X-ray diffraction

#### 서 론

산업화에 따라 식생활문화가 바뀌면서 건강을 위하여 백미 대신 현미를 섭취하는 경향이 두드러져 현미를 이용한 건강식품이 개발되기도 하였고, 기능성 식품에 대한 소비자의 관심이 높아짐에 따라 쌀에 있어서도 현미를 비롯하여 유색미와 같은 특수미의 섭취가 크게 증가하는 가운데 유색미 중에서도 흑미는 다양한 효능이 있는 건강식으로 알려져 최근 그 수요가 증가되고 있다(1).

흑미는 중국 남부지방인 광둥과 운남지방에 야생되어 있는 것을 2000년 전 인간이 재배하였다고 기록되어 있고, 그 형태는 껍질이 검고 쌀 속은 유리처럼 투명하거나 유백색이다. 우리나라는 1980년경부터 유색미에 대한 관심이 커지면서 육종선발, 성분조사, 재배기술 등을 활발히 연구하여 다양한 흑미와 적미를 재배, 유통하게 되었다(2). 유색미는 일반미에 비해 미질이나 식미의 측면에서 떨어지지만 생육이 왕성하고 다수확성이며, 발아력 및 저장성이 일반미보다 우수하다. 또한 흑미의 색소는 품질의 다양화와 가공을 위한 재

료가 되는데 색깔 이외에도 단백질, 비타민, 무기질 함량 등 영양적 가치가 보통 쌀 품종에 비해 월등히 높아 특수 용도미로서 이용가치가 크다고 알려져 있다(3-5).

유색미에 관한 연구로는 유색미를 이용한 식품개발(6-9), 유색미의 품종별 화학성분 및 호화특성(1,2) 등이 있으며, 포장재를 이용하여 흑미를 저장하면서 지방산 조성 및 휘발성 성분 조사(10), lipoxygenase 활성작용(11)과 흑미밥의 휘발성 성분에 관한 연구(12) 등이 있다.

흑미의 특성상 고유의 색을 이용한 새로운 식품개발 연구가 진행되고, 흑미의 활용 또한 증가하는 추세이나 그 기초자료는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 찰쌀 중 진도산 찰흑미와 일반찰쌀의 이화학적 성질 등의 차이점을 조사하였다.

#### 재료 및 방법

##### 재료

1998년에 생산한 찰흑미(상해항철나, 진도산)는 현미상태로 구입하였고, 찰벼(신선찰벼)는 전남농업기술원에서 구입

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail: gs9705@hanmail.net  
Phone: 82-62-530-2140. Fax: 82-62-530-2149

하여 Satake 제현기(Model HSMC-4, Hansung Scientifics, Korea)로 현미를 얻은 다음 미숙립을 제거하고 냉장고에 보관하면서 실험에 사용하였다. 쌀가루는 분쇄하여 60 메쉬의 체를 통과한 것을 시료로 사용하였다.

#### 일반성분

수분, 조단백질, 회분, 조지방은 식품공전(13)에 따라 실험하였다.

#### 무기성분

무기성분(Ca, Fe, Cu, Mn, Zn, Mg, Na, K)은 식품공전의 건식분해법(14)에 따라 시료를 전처리하여 원자흡광도계(Automic Absorbance System, Model S-8200, Hitachi Co., Japan)로 분석하였다. P은 식품공전의 폴리부텐블루비색법(14)에 따라 UV/VIS Spectrophotometer(Model Uvikon 943, Kontron Co., USA)로 625 nm에서 측정하여 정량하였다.

#### 아미노산

아미노산은 PICO·TAG amino acid 분석방법(15)에 따라 각각의 균질화된 시료 0.15 g 정도를 정확히 취하여 ampoule에 넣고 0.05%(w/v) 2-mercaptoethanol를 함유한 6 N HCl 10 mL를 가하여 110±1°C에서 24시간 가수분해시킨 후 유도체 시약 phenylisothiocyanate(PITC)로 유도체화한 후 HPLC(Model M990, Waters Co., USA)로 분석하였다.

#### 지방산

쌀가루 중의 지방산 조성은 식품공전법(14)에 따라 시료를 methylation 후 GC·FID(Model HP6890 series, Hewlett Packard Co., USA)로 분석하였다.

#### 이화학적 성질

쌀가루의 물결합능력은 Medcalf와 Gilles의 방법(16)에 따라 실험하였고, 팽윤력과 용해도는 Schoch의 방법(17)을 변형하여 50°, 60°, 65°, 70° 및 80°C에서 측정하였다. 요오드 반응은 Williams 등의 방법(18)에 따라 분광광도계(Model Uvikon 943, Kontron Co., USA)를 이용하여 400~700 nm 범위에서 scanning하여 최대흡수파장( $\lambda_{max}$ )과 625 nm에서의 흡광도를 측정하였다.

쌀가루의 X-선 회절도는 X-ray diffractometer (D/MAX-1200, Rigaku Co., Japan)를 이용하여 target: Cu-K $\alpha$ , filter: Ni, scanning speed: 5.0°/min의 조건으로 회절각도(2 $\theta$ ) 5°~40°까지 회절시키면서 측정하여 쌀가루의 피크 위치와 강도로부터 결정형과 상대결정화도를 구하였다. 상대결정화도는 결정성 영역(Ac)과 무결정영역(Aa)으로 나누어 Ac/(Ac+Aa)로 구하였다(19).

Table 1. Chemical composition (%) of waxy rice flours

	Moisture	Ash	Crude protein <sup>1)</sup>	Crude lipid
Glutinous rice	12.79	1.30	7.54	2.51
Waxy black rice	11.50	1.29	9.01	2.60

<sup>1)</sup>N×5.75.

## 결과 및 고찰

#### 일반성분

찰흑미와 일반찰벼 일반성분은 Table 1과 같다. 찰흑미와 일반찰벼의 수분함량은 각각 11.50%, 12.79%, 회분은 1.29%, 1.30%, 조단백질은 9.01%, 7.54%, 조지방은 2.60%, 2.51%이었다. 찰흑미와 일반찰벼의 일반성분은 큰 차이가 없었으며 단지 단백질 함량이 찰흑미가 일반 찰벼보다 높은 함량을 보였다. 상해항철나(찰흑미)의 일반성분 중 조단백질이 9.25%이고 조지방은 2.98%, 회분은 1.41%라는 Ha 등의 보고(1)와 본 결과와는 큰 차이를 보이지 않았다.

#### 무기성분

쌀가루의 무기성분은 Table 2와 같이 전반적으로 찰흑미가 일반찰벼보다 다소 높은 값을 보이는데 그 중 Mg은 찰흑미가 128.63 mg/100 g, 일반찰벼가 108.11 mg/100 g으로 가장 큰 차이를 보였다. 두 시료 모두 Mg, K, Na, P 등이 다른 무기성분들에 비해 많은 양을 함유하고 있었다.

흑미에 대해서 Ha 등(1)은 Fe 0.99~1.19 mg/100 g, K 314.7~342.5 mg/100 g, Na 2.98~5.09 mg/100 g, Mg 106.8~118.7 mg/100 g, P 286.02~320.60 mg/100 g, Mn 3.35~4.49 mg/100 g, Zn 1.39~1.90 mg/100 g이라고 하였다. Koh 등(20)은 흑미의 무기질 함량이 K 246.8~316.4 mg/100 g, Fe 8.2~10.9 mg/100 g, Mg 125.8~158.0 mg/100 g이라고 하여 본 실험 결과와는 다소 차이가 있는 것으로 나타났다. 이러한 차이는 흑미의 품종이 다양함에 따라 무기성분이 다소 품종별로 차이가 있을 수 있으며, 또한 재배지역, 산지별로 차이가 있는 것으로 생각된다.

#### 아미노산 조성 및 함량

찰흑미와 일반찰벼의 아미노산 조성은 Table 3과 같다. 찰흑미는 glutamic acid(1277.4 mg%), aspartic acid(686.0 mg%) 및 arginine(526.9 mg%) 순이었고, 일반찰벼는 glutamic acid(1150.2 mg%, 20.4%), aspartic acid(631.4 mg%) 및 arginine(460.8 mg%) 순으로 두 품종간에는 큰 차이가 없었으나 아미노산의 총 함량은 찰흑미는 6373.2 mg%, 일반찰벼가 5628.3 mg%으로 찰흑미가 다소 높은 결과를 보였다.

Koh 등(20)에 의하면 일반벼(화청벼, 추청벼)와 적색계, 자

Table 2. Mineral composition of waxy rice flours

(unit: mg/100 g)

	Fe	Mn	Cu	Zn	Mg	K	Na	Ca	P
Glutinous rice	3.39	3.18	1.26	2.58	108.11	434.41	263.21	2.0	441.22
Waxy black rice	3.62	3.33	1.20	2.92	128.63	434.55	270.37	3.0	451.39

**Table 3. Amino acid composition of waxy rice flours**  
(unit: mg%)

Amino acid	Glutinous rice	Waxy black rice
Aspartic acid	631.4	686.0
Glutamic acid	1150.2	1277.4
Serine	279.5	337.4
Glycine	265.9	308.7
Histidine	162.8	176.7
Threonine	161.3	174.4
Alanine	392.1	450.2
Arginine	460.8	526.9
Proline	257.9	302.4
Tyrosine	164.8	186.7
Valine	370.1	427.5
Methionine	202.5	202.0
Cystine	131.6	148.2
Isoleucine	165.2	193.7
Leucine	401.7	456.2
Phenylalanine	261.7	316.1
Lysine	168.8	202.7
Total	5628.3	6373.2

색계 현미에 대해 아미노산 조성을 조사한 결과 aspartic acid와 glutamic acid를 주로 함유하고 있었으며, 특히 glutamic acid는 모든 검사 시료의 아미노산 조성(21.3~23.1%) 중 가장 많았다고 하여 본 결과와 거의 비슷한 수준이었다.

**지방산 조성**

찰흑미와 일반찰벼의 지방산 조성은 Table 4와 같이 myristic, palmitic, stearic, oleic, linoleic과 linolenic acid로 그 중 oleic acid(38.57%, 36.95%)와 linoleic acid(38.60%, 39.10%)가 가장 많이 함유되었으며, 두 품종간의 함량은 비슷하였다. 한편 Ha 등(1)은 흑미의 지방산 조성을 palmitic acid 17.3~19.0%, stearic acid 1.6~1.9%, oleic acid 36.5~38.6%, linoleic acid 39.3~42.6% 및 linolenic acid 1.5~1.7%로 보고하여 본 실험결과와 비교해 볼 때 비슷한 함량을 보였다. 또한 Kim 등(10)은 흑미의 지방산이 myristic acid 0.26%, palmitic acid 4.34%, stearic acid 1.47%, oleic acid 39.45%, linoleic acid 52.46%와 linolenic acid 2.12%가 검출되었다고 하였다.

**물결합능력**

쌀가루의 물결합능력은 Table 5와 같이 찰흑미는 93.26%, 일반찰벼는 87.42%로 찰흑미의 물결합능력이 더 높았다. 물결합능력은 전분입자의 수분 흡수의 정도를 나타내는 것으로 전분입자 내에 분자들의 관여정도를 보여준 것이라고 하였다(16,21). 한편 신선찰벼전분(22)의 물결합능력(108.8%)과 비교해 볼 때 본 실험 결과인 쌀가루의 물결합능력이 더 낮은 결과는 쌀가루에 포함되어 있는 물질들, 즉 무기질, 지

**Table 5. Water binding capacity and iodine reaction of waxy rice flours**

	Water binding capacity (25°C, %)	$\lambda_{max}$ (nm)	Absorbance at $\lambda_{max}$	Absorbance at 625 nm
Glutinous rice	87.42	517	0.105	0.065
Waxy black rice	93.26	520	0.082	0.054

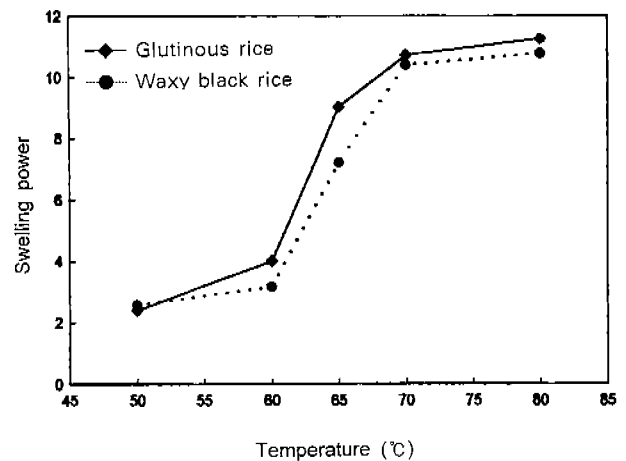
방, 단백질, 식이섬유 등이 수분 흡수를 방해하는 것으로 생각되며, 실험에 사용된 두 품종의 쌀은 모두 현미상태이므로 물결합능력이 전분뿐만 아니라 섬유소 등의 구성성분에 영향을 받을 것으로 생각된다.

**팽윤력과 용해도**

쌀가루의 팽윤력과 용해도는 Fig. 1, 2와 같이 50~60°C에서는 완만한 증가를 보였지만 그 이후에는 급격하게 증가하였고, 70°C이후에는 서서히 증가함을 볼 수 있었는데 전체적인 팽윤력과 용해도는 찰흑미가 일반찰벼보다 낮았다. Kim 등의 보고(23)에 의하면 80°C에서 신선찰벼전분의 팽윤력은 25.0, 용해도는 94.6%로써 본 실험결과와는 다소 차이가 있으며, 이러한 차이는 전분과 쌀가루의 차이로써 겨층을 제거한 전분의 경우 식이섬유 등이 함유된 쌀가루에 비해 팽윤력과 용해도가 높은 것으로 나타났다.

**요오드 반응**

쌀가루의 요오드 반응을 조사한 결과는 Table 5와 같다. 찰쌀가루의 최대흡수파장과 흡광도 및 625 nm에서의 흡광도의 값은 찰흑미는 520 nm, 0.082 및 0.054이고, 찰벼가 517 nm, 0.105 및 0.065를 나타냈으며, 이 두 쌀가루의 요오드 반응



**Fig. 1. Swelling power pattern of waxy rice flours.**

**Table 4. Fatty acid composition of waxy rice flours**

	Fatty acid contents (%)					
	Myristic acid	Palmitic acid	Stearic acid	Oleic acid	Linoleic acid	Linolenic acid
Glutinous rice	0.45	21.72	1.21	36.95	39.10	0.57
Waxy black rice	0.52	20.42	1.14	38.57	38.60	0.75

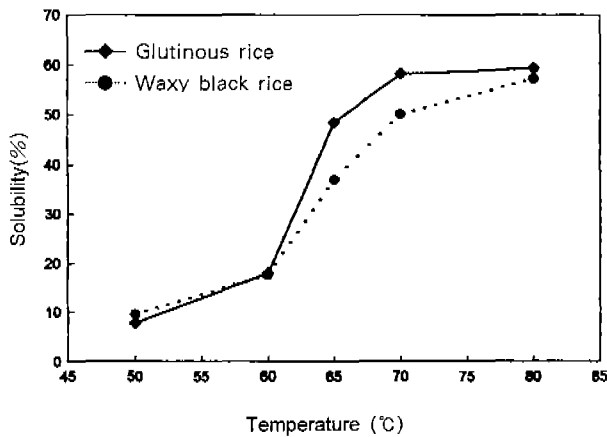


Fig. 2. Solubility pattern of waxy rice flours.

에서 최대흡수파장이나 흡광도는 비슷하였다. 또한 Shin 등(24)이 보고한 찰쌀의 최대흡수파장은 인디카 찰쌀이 527~533 nm, 자포니카 찰쌀은 525~533 nm로 본 결과와 비슷한 최대흡수파장을 보였다. 요오드 반응은 전분의 직쇄상 분자(아밀로펙틴의 일부와 아밀로오스)의 상대적인 양을 나타내는 지표이다. 따라서 요오드반응에서 흡광도가 높다는 것은 직쇄상 분자가 많음을 의미한다(25).

X-선 회절도

찰흑미와 일반찰벼 쌀가루 모두 X-선 회절도에 의한 결정형은 Fig. 3과 같이 회절각도(2θ)는 15.1°, 17.1°, 18.0°와 23.2°에서 피크를 보였으며, 그 중 17.1°, 18.0°에서 강한 피크를 나타내어 전형적인 A형을 보였다.

상대결정화도를 면적비로 계산한 결과 찰흑미는 0.40, 일반찰벼는 0.41의 상대결정화도를 보였다. Gil 등(26)의 보고에 의하면 세 품종(아키바레, 삼강, Mahatma) 전분의 상대결정화도는 0.311~0.399라고 보고하여 본 결과와는 비슷하

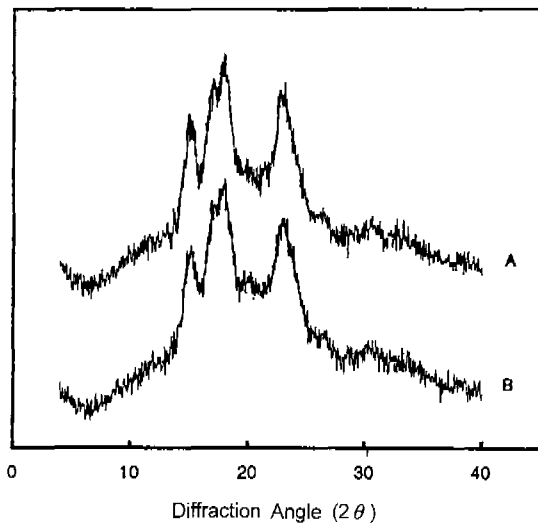


Fig. 3. X-ray diffraction pattern for glutinous rice (A) and waxy black rice (B) flours.

였다. 상대결정화도는 물을 흡수하는 능력의 차이 즉, 전분 입자내의 결정성 영역과 비결정성 영역의 비율 사이에 의한 것(27)으로 팽윤력과 용해도 결과와도 밀접한 관련이 있을 것으로 생각된다.

요 약

흑미를 이용한 식품개발의 기초자료로 활용하고자 본 연구에서는 찰쌀계통의 흑미와 일반찰벼에 대하여 쌀가루의 물리화학적 및 이화학적 성질들을 비교하였다. 일반성분 중 조단백질은 찰흑미가 9.01%, 일반찰벼는 7.54%였으며, 무기 성분들은 전반적으로 찰흑미가 다소 높은 값을 보였는데 그 중 Mg, K, Na, P 등을 가장 많이 함유하고 있었다. 아미노산 조성은 두 품종 모두 glutamic acid, aspartic acid, arginine을 가장 많이 함유하고 있었으며 품종간에는 찰흑미가 조금 많았다. 지방산 조성은 oleic acid(38.57%, 36.95%)와 linoleic acid(38.60%, 39.10%)가 가장 많이 분포하였다. 이화학적 성질 중 찰흑미(93.26%)가 일반찰벼(87.42%)보다 물결합능력이 더 높았고, 팽윤력과 용해도는 50~60°C에서는 완만한 증가를 보였지만 그 이후에는 급격하게 증가하였고, 70°C 이후에는 서서히 증가하였다. 쌀가루의 최대흡수파장과 625 nm에서의 흡광도의 값은 각각 찰흑미가 520 nm, 0.054이고, 일반찰벼가 517 nm, 0.065이었다. X-선 회절도를 실험한 결과 회절각도(2θ)는 15.1°와 17.1°, 18.0°, 23.2°의 전형적인 A형을 보였다. 이 X-선 회절도에서 상대결정화도를 면적비로 계산한 결과 찰흑미는 0.399, 일반찰벼는 0.405로 두 품종이 비슷한 상대결정화도를 보였다.

문 헌

- Ha, T.Y., Park, S.H., Lee, C.H. and Lee, S.H. : Chemical composition of pigmented rice varieties. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, **31**, 336-341 (1999)
- Ha, T.Y., Park, S.H., Lee, C.H. and Kim, D.C. : Gelatinization properties of pigmented rice varieties. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, **31**, 564-567 (1999)
- Choi, S.W., Kang, W.W. and Osawa, T. : Isolation and identification of anthocyanin pigments of black rice. *Foods & Biotech.*, **3**, 131-136 (1994)
- Choi, S.W., Kang, W.W., Osawa, T. and Kawakishi, S. : Antioxidative activity of chrysanthenin in black rice hull. *Foods & Biotech.*, **3**, 232-237 (1994)
- Choi, S.W., Nam, S.H. and Choi, H.C. : Antioxidative activity of ethanolic extracts of rice bran. *Foods & Biotech.*, **3**, 305-309 (1994)
- Kim, S.S., Kim, S.Y. and Lee, W.J. : Characteristics of germinated colored rice as a potential raw material for *Sikhe*. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, **30**, 1092-1096 (1998)
- Kim, J.D. : Physicochemical characteristics of black rice varieties and puffing of rice cake using black rice and medium-grain brown rice. *Master Thesis*, Chonnam National University, Gwangju (1999)
- Jung, D.S. : Quality properties of bread made of wheat flour and black rice flours mixtures. *Master Thesis*, Chonnam Na-

- tional University, Gwangju (2000)
9. Kee, H.J., Lee, S.T. and Park, Y.K. : Preparation and quality characteristics of Korean wheat noodles made of brown glutinous rice flour with and without aroma. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, **32**, 799-805 (2000)
  10. Kim, J.D., Kim, K. and Eun, J.B. : Storage of black rice using flexible packaging materials. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, **31**, 158-163 (1999)
  11. Lee, Y.S., Song, S.J. and Rhee, C.O. : Characteristics of lip-oxygenase in black rice. *Kor. J. Postharvest Sci. Technol.*, **6**, 216-220 (1999)
  12. Song, S.J., Lee, Y.S. and Rhee, C.O. : Volatile flavor components in cooked black rice. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, **32**, 1015-1021 (2000)
  13. KFDA : *Food Code* (a separate volume). Munyoung-sa, Seoul, p.1-26 (1998)
  14. KFDA : *Food Code* (a separate volume). Munyoung-sa, Seoul, p.262-268 (1999)
  15. Waters Associates Waters Co. : *Analysis of amino acids PICO · TAG System*. Young-In Scientific Co. Ltd., p.41-46 (1990)
  16. Medcalf, D.G. and Gilles, K.A. : Wheat starch. I. Comparison of physico-chemical properties. *Cereal Chem.*, **42**, 558-568 (1965)
  17. Schoch, T.J. : Swelling power and solubility of granules starches. In *Methods in Carbohydrate Chemistry*, Academic Press, New York, Vol. IV, p.106-108 (1964)
  18. Williams, P.C., Kuzina, F.D. and Hlynka, I. : A rapid colorimetric procedure for estimating the amylose content of starches and flours. *Cereal Chem.*, **47**, 411-419 (1970)
  19. Komiya, T., Nara, S. and Mie, T. : Changes in crystallinity and gelatinization phenomena of potato starch by acid treatment. *Starch*, **38**, 9-13 (1986)
  20. Koh, H.J., Won, Y.J., Cha, G.W. and Heu, M.H. : Amino acids, vitamins and mineral contents of some colored rices. *Annual Report of Agriculture and Life Science*, Seoul National University, Suwon, p.88-89 (1996)
  21. Leach, H.W., McCowen, L.D. and Schoch, T.J. : Structure of the starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches. *Cereal Chem.*, **36**, 534-544 (1959)
  22. Kim, S.K. and Shin, M.S. : Physicochemical properties of defatted nonwaxy and waxy rice starches. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, **24**, 347-352 (1992)
  23. Kim, K., Choi, G.C., Kang, K.J., Lee, Y.H. and Kim, S.K. : Molecular structural properties of waxy rice starches. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, **24**, 568-573 (1992)
  24. Shin, L., Chen, L.L. and Cheng, Y. : Correlations between the fine structure, physicochemical properties and retrogradation of amylopectins from Taiwan rice varieties. *Cereal Chem.*, **74**, 34-39 (1997)
  25. Gilbert, G.A. and Spragg, S.P. : Iodimetric determination of amylose. In *Methods in Carbohydrate Chemistry*, Whistler, R.L. (ed.), Academic Press, New York, Vol. IV, p.168 (1964)
  26. Gil, B.I., Im, Y.S. and Ahn, S.Y. : Physicochemical properties of rice starch and cooked rice hardness. *Kor. J. Agric. Chem. Soc.*, **31**, 249-254 (1988)
  27. Hari, P.K., Garg, S. and Garg, S.K. : Gelatinization of starch and modified starch. *Starch*, **41**, 88-91 (1989)

(2001년 9월 3일 접수; 2001년 11월 30일 채택)