

찰흑미와 일반찰벼의 물리적 특성

오금순* · 김 관¹ · 박종훈¹ · 김성곤² · 나환식³

식품의약품안전청, ¹전남대학교 식품공학과, ²단국대학교 식품영양학과, ³전라남도보건환경연구원

Physical Properties on Waxy Black Rice and Waxy Rice

Geum-Soon Oh*, Kwan Kim¹, Jong-Hoon Park¹, Sung-Kon Kim² and Hwan-Sik Na³

Korea Food and Drug Administration

¹Department of Food Science and Technology Chonnam National University

²Department of Food Science and Nutrition Dankook University

³Jeollanam-Do Institute of Health and Environment

This study was compared physical properties of waxy black rice and waxy rice. In case of physical properties of kernels, weight, length, length/width ratio and volume of waxy black rice were higher than those of waxy rice but width and density were very similar. Moisture gain of kernels of waxy black rices was increased continuously to 40 min. at various soaking temperatures (20~50°C) and the water uptake rate constants (k_0) of waxy black rices during storage at 20~50°C were also increased. The water uptake rate constant (k_0) of waxy rice (0.058 min^{-1/2}) was the more fast than that of waxy black rice (0.033 min^{-1/2}) during storage at 4°C. Also hardness reduced rate constant ($-k_h$) of waxy rice (0.048 min⁻¹) were the more fast than that of waxy black rice (0.022 min⁻¹) about two times.

Key words: waxy black rice, waxy rice, physical properties, moisture gain, water uptake rate, hardness reduced rate

서 론

취반과정 중 침지는 가열시에 열의 전도를 용이하게 하여 전분입자의 호화에 필요한 수분을 균일하게 분포시킬 목적으로 실시하며, 침지가 불충분하면 수분이 쌀의 내부까지 충분하게 침투되지 않으므로 가열시 표면이 먼저 호화되어 내부로의 열 전달이 방해되기 때문에 표면은 질고 내부는 된 밥이 된다고 하였다⁽¹⁾. 또한 Suzuki 등⁽²⁾은 멥쌀의 취반은 물의 확산 및 물리화학적 변화가 함께 일어나는 반응으로서 취반온도 100°C 이하에서는 쌀의 성분끼리의 물리화학적 반응에 의하고, 100°C 이상에서는 취반된 부분으로부터 취반되지 않은 부분으로서의 물의 확산에 의하여 취반속도가 지배된다고 하였다.

쌀의 침지시 수분흡수속도는 품종⁽³⁾, 저장시간⁽⁴⁾, 침지온도 및 시간⁽⁵⁾, 쌀알의 길이와 폭 비⁽⁶⁾ 등과 관계가 있으며, 쌀의 수분흡수현상은 취반 후 밥의 조직감 측면에서 경도의 감소 현상과 끈기 및 끈기대 경도의 비의 증가현상이 나타나며⁽⁷⁾,

10~40°C 침지온도에서 1시간 침지하는 동안 수분흡수량은 30% 이상 흡수되지 않는다는 보고⁽⁸⁾가 있다.

수분흡수는 현미를 물에 침지시키면 과피를 통하여 물이 흡수되는데, 과피와 호분층의 세포벽은 물의 흡수의 장벽으로 작용한다⁽⁸⁾. 현미의 수분흡수는 기본적으로 수분의 확산 현상으로 설명되며⁽⁹⁾, 현미는 백미에 비하여 외피가 두껍고, 수분의 침투가 어려워 수분흡수율이 낮기 때문에 현미는 호화 제한성이 있다⁽¹⁰⁾고 하였다.

이전의 보고들에는 일반 쌀에 대해서 물리적 특성⁽¹¹⁻¹³⁾, 수화도^(11,10,14)에 대한 연구가 많이 진행되었으나 최근 기능성 식품에 대한 소비자의 관심이 높아지고 있는 유색미와 같은 특수미에 대한 연구가 색소⁽¹⁵⁻¹⁹⁾ 외에는 아직 미비한 실정이다. 현재 우리나라에서 유통되고 있는 유색미의 종류로는 색깔로 구분하여 흑미, 적미 그리고 적미와 색이 유사하나 향이 강한 흑향미의 3종류로 대별된다. 이런 유색미는 이용실태에 있어서 밥에 혼용하는 잡곡의 형태로 많이 이용되고 있을 뿐이며 일반찰쌀과 마찬가지로 흑미도 멥쌀과 찰쌀로 나누어져 있다⁽²⁰⁾. 따라서 본 연구에서는 유색미의 일종인 찰흑미를 이용하여 취반하는데 그 침지조건 등을 확립하고자 물리적 특성 및 수화도를 조사하고자 하였으며, 비교대상으로는 일반찰쌀인 신선찰벼를 사용하였다. 이들을 비교 설명함으로써 찰흑미를 이용한 식품을 개발하는데 그 기초자료로 제공하고자 하였다.

*Corresponding author : Geum-Soon Oh, Korea Food and Drug Administration, 5, Nokbun-dong, Eunpyung-gu, Seoul 122-704, Korea

Tel: 82-02-380-1674

Fax: 82-02-383-4892

E-mail: gs9705@hanmail.net

Table 1. Dimensions and weight of waxy brown rices

	Weight (mg)	Length (mm)	Width (mm)	L/W	Volumn (mm ³)	Hardness (kgf)	Density (mg/mm ³)
Waxy rice	21.7 ± 0.3	5.1 ± 0.2	2.0 ± 0.1	2.5 ± 0.1	87.5 ± 6.9	12.9 ± 2.3	0.248
Black rice	24.8 ± 0.4	5.8 ± 0.3	2.1 ± 0.1	2.8 ± 0.2	103.5 ± 11.4	13.8 ± 3.0	0.243

재료 및 방법

재료

1998년에 생산한 찰흑미(상해항철나, 진도산)는 현미상태로 구입하였고, 일반찰벼(신선찰벼)는 농업기술원에서 구입하여 Satake 제현기(Model HSMC-4, Hansung Scientifics, Korea)로 현미를 얻은 다음 미숙립을 제거하고 냉장고에 보관하면서 실험에 사용하였다.

쌀알의 입자크기 측정

쌀알의 입자크기는 쌀알의 길이와 폭은 Caliper(Model No. CD-15CP, Japan)로 입자 100알을 측정하였고, 쌀알의 무게는 전자저울을 이용하였다. 쌀알의 부피는 다음식⁽²¹⁾으로부터 구하였다.

$$V = 4/3\pi ab^2$$

여기에서 a는 시료의 장반경(mm), b는 시료의 단반경(mm)이고, V는 부피(mm³)이다. 또한 밀도는 부피와 무게로부터 구하였다.

수분흡수속도 측정

쌀알 1g(d.b)을 4°C의 냉장고에서 40시간, 20~50°C의 항온수조에서 40분 침지하면서 일정시간별로 꺼내어 여과지로 표면수를 제거하고 무게증가량으로부터 시료 1g당 수분증가량을 계산하였다.

시료의 수분흡수속도는 Becker⁽⁹⁾의 수분흡수방정식을 이용하여 계산하였다.

$$\bar{m} - m_0 = k_0 \sqrt{t}$$

m_0 는 시료의 초기수분함량(g H₂O/g), \bar{m} 은 일정시간 침지시킨 후의 수분함량(g H₂O/g), t 는 침지시간(min)이고 k_0 는 수분흡수속도상수(min^{-1/2})이다.

침지 중 경도 측정

쌀알 1g(d.b)을 취하여 4°C의 냉장고에서 40시간 저장하면서 일정 시간별로 꺼내어 여과지로 표면수를 제거하고 Texture Analyzer(TA-XT2, Stable Micro Systems Surrey, England)를 이용하여 경도(hardness)를 측정하였다. 측정조건은 load cell; 5 kg, deformation rate 70.0%, speed; 1.0 mm/sec, pre test; 5.0 mm/sec, post test speed; 5.0 mm/sec, plunger diameter; 4 mm이었다.

침지 중 쌀알의 경도 ($-k_h$) 변화⁽²²⁾는 다음 식으로 경도 감소 속도를 계산하였다.

$$\ln \frac{H}{H_0} = -k_h \times t$$

H_0 와 H 는 각각 침지시간 0 및 t 에서의 찰쌀의 경도이다.

결과 및 고찰

입자크기

쌀알의 물리적 특성은 Table 1과 같다. 찰흑미와 일반찰벼의 경우 무게는 각각 24.8 ± 0.4 mg, 21.7 ± 0.3 mg, 길이는 5.8 ± 0.3 mm, 5.1 ± 0.2 mm, 폭은 2.1 ± 0.1 mm, 2.0 ± 0.1 mm로 찰흑미가 일반찰벼보다 무게, 길이가 더 크음을 볼 수 있었으며, 폭은 차이가 없었다. 길이와 폭의 비율은 찰흑미가 2.8 ± 0.2으로 일반찰벼 2.5 ± 0.1보다 더 컸다. 부피와 밀도는 찰흑미는 각각 103.5 ± 11.4 mm³와 0.243 mg/mm³, 일반찰벼가 각각 87.5 ± 6.9 mm³와 0.248 mg/mm³으로 쌀알의 부피는 찰흑미가 일반찰벼보다 컸으나 밀도는 서로 비슷하였다.

Kim과 Sohn⁽¹¹⁾은 신선찰벼의 경우 길이 5.00 mm, 폭 2.02 mm, 길이/폭 2.47, 부피 85.5 mm³, 무게 20.9 mg이라고 하여 본 실험에 사용한 찰벼의 결과와 거의 일치하였다.

수분흡수속도

침지온도 20~50°C에서 40분 동안 침지하면서 일정시간별로 꺼내어 무게차로 조사한 수분흡수량은 Fig. 1과 같이 침지온도 모두 40분까지 지속적인 증가를 보였고, 온도가 상승할수록 수분흡수량은 더 크게 나타났다. Fig. 1의 각 직선의 기울기로부터 초기 수분흡수단계에서의 수분흡수속도상수(k_0)를 Becker⁽⁹⁾의 수분흡수방정식으로부터 구한 결과는 Table 2와 같다. 20°C에서는 찰흑미(0.0090 min^{-1/2})와 일반찰벼(0.0108

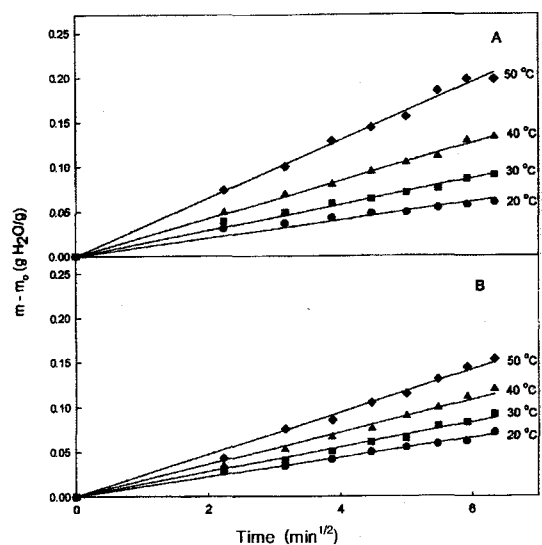


Fig. 1. Relationship between the moisture gain and the square root of the soaking time for waxy brown rices. A; Waxy rice, B; Black rice.

Table 2. Calculated value of the water uptake rate constant of waxy brown rices

	Soaking temperature (°C)	k_0 (min ^{-1/2})
Waxy rice	20	0.0108
	30	0.0144
	40	0.0208
	50	0.0324
Black rice	20	0.0090
	30	0.0137
	40	0.0192
	50	0.0252

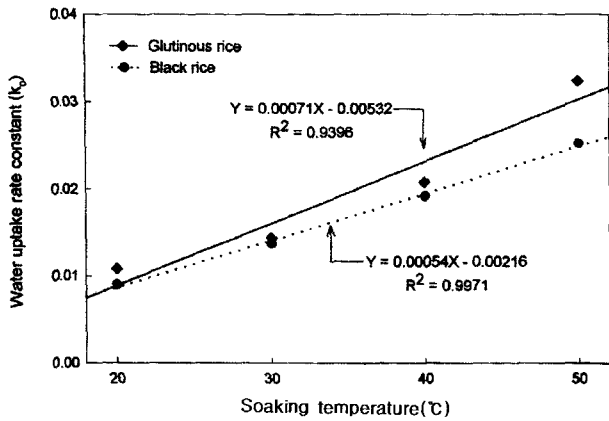


Fig. 2. Relationship between the water uptake rate constant and the soaking temperature for waxy brown rices. A; Waxy rice B; Black rice.

min^{-1/2})는 비슷하였고, 50°C에서는 찰흑미(0.0252 min^{-1/2})가 일반찰벼(0.0324 min^{-1/2})보다 수분흡수속도상수(k_0)가 더 낮았으며, 두 품종 모두 침지온도가 증가할수록 수분흡수속도상수(k_0)는 증가하였다.

Cho 등⁽⁵⁾은 10~40°C 범위의 침지 온도에서 쌀알(백미)을 1 시간 정도 침지하는 동안 30% 이상 수분흡수를 나타내지 않았다고 하였으며, 침지온도가 증가할수록 k_0 (수분흡수속도상수) 또한 증가한다 하였다. Lee와 Kim⁽²³⁾은 60°C 침지온도에서 30분 침지할 때 일반계 현미의 수분흡수속도는 0.0394~0.0552 min^{-1/2}으로서 동일계 현미의 0.0413~0.0483 min^{-1/2}보다 넓은 범위를 보였으나 유의성은 없었다고 하였다.

Fig. 2는 침지온도별 수분흡수속도상수와와의 관계를 직선회귀방정식으로 나타낸 것으로 일반찰벼는 R²=0.9971, 찰흑미는 R²=0.9396의 정의 직선적인 관계를 보여주었는데 온도가 증가할수록 수분흡수속도상수는 증가하였다. 수분흡수속도상수의 온도 의존성은 침지온도에서 직선적인 관계를 보였다.

찰쌀을 취반하기전 침지조건을 확립하고자 4°C에서 40시간 침지하면서 시간별로 꺼내어 무게 차로 수분흡수 양상을 조사하였다. 수분흡수는 Fig. 3과 같이 침지시간이 길어질수록 수분흡수량상은 지속적으로 증가하였으며, 찰흑미가 일반찰벼 보다 더 느리게 수분평형에 도달하였다. 이들의 수분흡수속도상수(k_0)는 Table 3과 같이 찰흑미는 0.033 min^{-1/2}, 일반찰벼는 0.058 min^{-1/2}로 찰흑미가 약 2배 정도 더 느리게 수

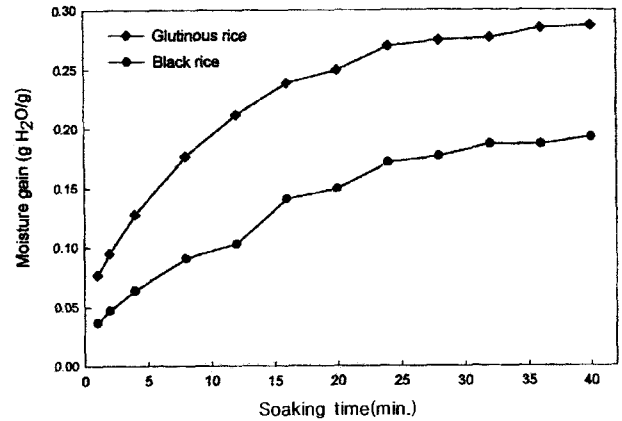


Fig. 3. Moisture gain of waxy brown rices during storage at 4°C.

Table 3. Water uptake rate constant (k_0) and hardness reduced rate constant ($-k_h$) of waxy brown rices during storage at 4°C

	k_0 (min ^{-1/2})	$-k_h$ (min ⁻¹)
Waxy rice	0.058	0.048
Black rice	0.033	0.022

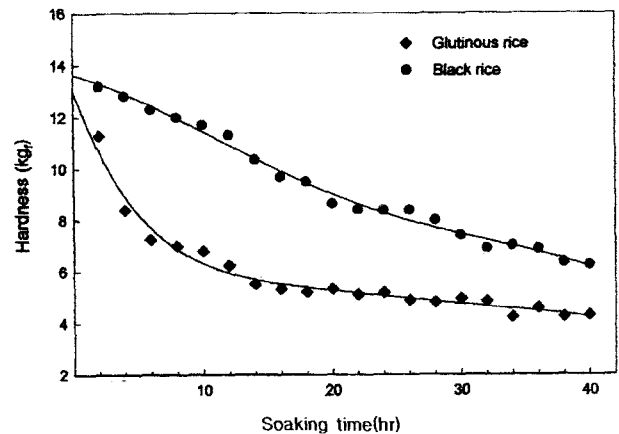


Fig. 4. Changes on hardness of waxy brown rices during storage at 4°C.

분흡수가 일어남을 알 수 있었다. 이와 같이 찰흑미가 일반찰벼보다 수분흡수속도가 느린 것은 현미층에 수분흡수를 억제하는 물질들이 더 많음을 볼 수 있다. 한편 다른 보고들⁽²⁴⁻²⁷⁾에 의하면 단백질도 수분흡수를 방해하는 인자중의 하나라고 하였으며, Juliano 등⁽²⁸⁾도 수분흡수율과 단백질 함량과는 정의 상관관계를 가진다고 하였다.

침지 중 경도변화

4°C에서 40시간 침지하면서 일정시간별로 꺼내어 경도변화를 측정할 결과 Fig. 4와 같다. 찰흑미와 일반찰벼의 침지 시간별 경도는 침지시간이 지날수록 감소하였는데 어느 일정시간이 지나면 수분평형이 되면서 경도 또한 거의 변화가 없었다. 경도감소속도상수($-k_h$)는 Table 3과 같이 찰흑미는 0.022 min⁻¹, 일반찰벼 0.048 min⁻¹로 찰흑미가 약 2배 정도 느

리게 경도가 감소함을 볼 수 있었다. Kim 등⁽³⁾의 연구결과에 의하면 침지 중 현미의 경도 감소는 대수적인 관계를 보였으며 경도의 변화반응은 1차 반응에 속한다고 하였다. 또한 경도감소속도상수는 침지온도의 역수와의 관계라고 하였다. 따라서 본 결과로 볼 때 쌀알 내부로의 물의 침투가 용이하도록 하기 위해서는 취반과정 중의 하나인 침지 시간을 찰흑미의 경우 일반찰벼보다 약 2배 정도 더 오래 침지시켜야 할 것으로 생각된다.

요 약

찰흑미와 일반찰벼 쌀알의 물리적 특성을 비교한 결과 무게와 길이, 길이와 폭의 비율, 부피는 찰흑미가 더 높았으나 폭과 밀도는 두 시료 모두 비슷하였다. 찰흑미와 일반찰벼 쌀알을 침지온도(20~50°C)에서 40분 동안 침지하면서 일정시간별로 꺼내어 수분흡수량을 조사한 결과 40분까지 계속적인 증가를 보였으며, 수분흡수속도상수(k_p)는 침지온도가 증가할수록 수분흡수속도상수(k_p)는 찰흑미와 일반찰벼 모두 증가하였는데 20°C에서는 찰흑미($0.0090 \text{ min}^{-1/2}$)와 일반찰벼($0.0108 \text{ min}^{-1/2}$)는 비슷하였으나 50°C에서는 찰흑미($0.0252 \text{ min}^{-1/2}$)가 일반찰벼($0.0324 \text{ min}^{-1/2}$)보다 더 낮게 나타났다. 4°C에서 침지한 두 시료의 수분흡수속도상수는 찰흑미가 $0.033 \text{ min}^{-1/2}$, 일반찰벼는 $0.058 \text{ min}^{-1/2}$ 으로 찰흑미가 약 2배 정도 더 느리게 수분을 흡수하였고, 쌀알의 경도감소속도($-k_r$) 또한 찰흑미(0.022 min^{-1})가 일반찰벼(0.048 min^{-1})보다 약 2배 정도 더 느리게 감소함을 볼 수 있었다.

문 헌

- Kum, J.S., Lee, C.H., Baek, K.H., Lee, S.H. and Lee, H.Y. Influence of cultivar on rice starch and cooking properties. *Korean J. Food Sci. Technol.* 37: 365-369 (1995)
- Suzuki, K., Kubota, K., Omichi, M. and Hosaka, H. Kinetic studies on cooking of rice. *J. Food Sci.* 41: 1180-1183 (1976)
- Kim, K.J., Pyun, Y.R., Cho, E.K., Lee, S.K. and Kim, S.K. Kinetic studies on hydration of akibare and milyang 23 brown rice. *Korean J. Food Sci. Technol.* 16: 297-302 (1984)
- Jones, P.M.B. and Boulter, D. The cause of reduced cooking rate in phaseolus vulgaris following adverse storage conditions. *J. Food Sci.* 48: 623-627 (1983)
- Cho, E.Y., Pyun, Y.R., Kim, S.K. and Yu, J.H. Kinetic studies on hydration and cooking of rice. *J. Korean Food Sci. Technol.* 12: 285-291 (1980)
- Kim, S.K., Hahn, K.Y., Park, H.H., Chae, J.C. and Lee, J.H. Kinetic on hydration of milled rice. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28: 62-65 (1985)
- Kim, M.H. Effects of soaking conditions on texture of cooked rice. *Korean J. Food Sci. Technol.* 24: 511-514 (1992)
- Little, R. R. and Dawson, E. H. Histology and histochemistry of rice and cooked rice kernels. *Food Res.* 25: 611-622 (1960)
- Becker, H.A. On the absorption of liquid water by the wheat kernel. *Cereal Chem.* 37: 309-311 (1960)
- Kim, K.A. and Jeon, E.R. Physicochemical properties and hydration of rice on various polishing degrees. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28: 959-964 (1996)
- Kim, S.K. and Sohn, J.W. Bran structure and some properties of waxy rice starches. *Korean J. Food Sci. Technol.* 33: 105-108 (1990)
- Kim, S.K. and Chae, J.C. Interrelationship between chemical and physical properties of milled rice. *Korean J. Crops Sci.* 28: 281-284 (1983)
- Jang, M.S., Kim, S.K. and Kim, B.N. Kinetics studies on hydration of Olchal and Hankangchalbyeo waxy rices. *Korean J. Food Sci. Technol.* 21: 313-319 (1989)
- Kim, S.K., Jeong, S.J., Kim, K., Chae, J.C. and Lee, J.H. Tentative classification of milled rice by sorption kinetics. *Korean J. Agric. Chem. Soc.* 27: 204-210 (1984)
- Nat'l Crop Experiment Station R.D.A. Development and industrial utilization of natural pigments from colored rices. pp. 23-109 (1996)
- Choi, H.C. and Oh, S.K. Diversity and function of pigments in colored rice. *Korean J. Crops Sci.* 41: 1-9 (1996)
- Oh, S.K., Choi, H.C., Cho, M.Y. and Kim, S.H. Extraction method of anthocyanin and tannin pigments in colored rice. *Korean J. Agric. Chem. Sci.* 39: 327-331 (1996)
- Yoon, H.H., Paik, Y.S., Kim, J.B. and Hahn, T.R. Identification of anthocyanin color in Korea pigmented rice. *Korean J. Agric. Chem. Sci.* 38: 581-583 (1995)
- Cho, M.H., Paik, Y.S., Yoon, H.H. and Hahn, T.R. Chemical structural of the major color component from a Korean pigmented rice variety. *Korean J. Agric. Chem. Sci.* 39: 304-308 (1996)
- Ha, T.Y., Park, S.H., Lee, C.H. and Lee, S.H. Chemical composition of pigmented rice varieties. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31: 336-341 (1999)
- Beyer, W.H. *CRC standard mathematical tables.* CRC Press, West Palm Beach (1978)
- Thiewes, H.J. and Steeneken, P.A.M. Comparison of the brabender viscograph and the rapid visco analyzer. I. Statistical evaluation of the pasting profile. *Starch* 49: 85-92 (1997)
- Lee, S. J. and Kim, S. K. Bran structure and water uptake of Japonica and Tongil-type brown rice. *Korean J. Agric. Chem. Sci.* 37: 94-99 (1994)
- Takeda, Y., Hizukuri, S. and Juliano, B.O. Structures of rice amylopectins with low and high affinities for iodine. *Carbohydr. Res.* 168: 79-88 (1987)
- Lee, Y.E. and Osman, E.M. Physicochemical factors affecting cooking and eating qualities of rice and the ultrastructural changes of rice during cooking. *J. Korean Soc. Food and Nutr.* 20: 637-645 (1991)
- Chandrashekar, A. and Kirleis, A.W. Influence of protein on starch gelatinization in sorghum. *Cereal Chem.* 65: 457-462 (1988)
- Kim, S.R. and Ahn, S.Y. Effect of properties and disulfide bond reducing agent treatment on the texture of cooked rice. *Korean J. Agric. Chem. Sci.* 38: 563-569 (1995)
- Juliano, B.O., Onate, L.U. and del Mundo, A.M. Relation of starch composition, protein content, and gelatinization temperature to cooking and eating qualities of milled rice. *Food Technol.* June: 116-121 (1965)

(2001년 9월 25일 접수)