

아끼바레와 밀양23호 현미의 취반특성

김광중 · 변유량 · 최형택 · 이상규* · 김성곤**

연세대학교 식품공학과, 대전기계창*, 단국대학교 식품영양학과**

Cooking Properties of Akibare and Milyang 23 Brown Rice

Kwang-Joong Kim, Yu-Ryang Pyun, Hyung-Taeg Choi,
Sang-Kyu Lee* and Sung-Kon Kim**

Department of Food Engineering, Yonsei University, Seoul
*Taejon Machine Depot, Taejon

**Department of Food and Nutrition, Dankook University, Seoul

Abstract

Cooking rate calculated from hardness change, and gelatinization aspects observed by X-ray diffraction and scanning electron microscope of brown rice were investigated. Optimum ratio of water to rice of Akibare and Milyang 23 was 1.65 and 1.73, respectively. Milyang 23 was cooked at a faster rate than Akibare. Cooking rate of brown rice was about an half of white rice. The temperature dependence of cooking rate of brown rice was found to be relatively low. The activation energy for cooking were in the range of 15,000 to 16,400 cal/mol at 80 to 100°C and 8,200 to 8,600 cal/mol at 100 to 130°C. The gelatinization degree determined from X-ray diffractometry was approximately consistent with the cooking degree expressed by reciprocal hardness.

서 론

전보⁽¹⁾에서 보고된바와 같이 현미는 치밀한 쌀겨층으로 인하여 수화는 물론 취반에 있어서도 그 속도가 늦을뿐 아니라 특성 자체도 다를 것으로 예상된다. 쌀의 취반에 관한 연구로는 Suzuki등⁽²⁾이 parallel plate plastometer를 이용하여 쌀의 취반시 변형정도로 취반에 대한 속도론적 해석과 반응 메카니즘을 규명하였고 Cheigh등⁽³⁾은 Texturometer에 의한 취반중 쌀의 경도 변화로 취반정도를 판단하였으며, 특히 조등⁽⁴⁾은 일반제 및 다수확제통의 아끼바레와 밀양 23호 백미에 대하여 취반특성을 비교하였다. 본 보에서는 아끼바레와 밀양 23호 현미에 대한 취반중 경도 변화에 의한 취반속도를 속도론적으로 해석하고 현미 취반의 온도 의존성 취반중의 반응 메카니즘 및 호화상상의 변화를 비교 검토하여 현미 취반 연구에 대한 기초자료로 제시코자한다.

재료 및 방법

재료

본 연구에 사용한 재료는 전보⁽¹⁾의 사용재료와 동일한 아끼바레와 밀양 23호 현미를 실험에 사용하였다.

취반의 최적가수량 결정

현미(0.7g)와 1.2-2.2배량의 물을 brass vessel (내경 12mm×높이 28mm)에 넣어 120°C oil bath에서 50분간 취반하고, 얼음물에서 1분간 냉각시킨 후 Instron-UTM으로 경도를 측정하였다. 가수량과 경도의 역수로부터 최적 가수량을 결정하였다.⁽⁵⁾

취반중 경도변화

현미(0.7g)와 1.8배의 물(1.26ml)을 brass vessel에 넣어 일정온도에서 일정시간 취반한 후 Instron-UTM으로 경도변화를 측정하였다.

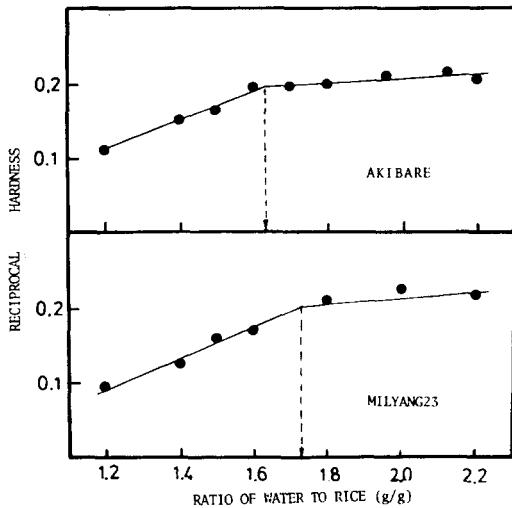


Fig. 1. Relation between the reciprocal hardness of brown rice and the ratio of water to rice

취반중 호화도 및 표면구조 변화

현미를 100℃ 및 130℃에서 일정시간 취반, 냉각한후 50℃ 진공 오븐에서 14시간 동안 건조시키고, 100mesh로 분쇄하였다. 이 시료를 X-ray diffractometer (Rigaku Co., Japan)를 사용하여, 회절각도 (2θ) 10-30°까지 회절시키고 회절각도 22.8°에서 peak높이의 감소비율로부터 취반중 호화도를 구하였다.⁽⁴⁾ 현미를 100℃ 및 130℃에서 30분 취반한 다음 호화양상을 scanning electron microscope로 관찰하였다.

결과 및 고찰

취반의 최적 가수율

취반할 때는, 필요로 하는 충분한 결합수를 주면서 여분의 자유수가 없게 하지 않으면 안되므로 가장 적합한 가수율을 결정하는 것은 매우 중요하다.

가수율에 따른 현미밥의 경도의 역수와의 관계는 Fig. 1과 같다. 그림에서 볼 수 있는 바와같이 가수량이 증가할수록 경도는 감소하였으며, 아끼바레 및 밀양23호는 각각 1.65 및 1.73배의 가수량 이상에서도 경도변화가 완만하였다. 이 결과는 다수화계 쌀이 일반계 쌀보다 다소 높은 최적 가수율을 보인다고 보고한 황보등⁽⁴⁾의 결과와 같은 경향이였다.

아끼바레 및 밀양23호 현미의 최적 가수율은 두 품종간에 큰 차이를 보이지 않았으므로 모두 1.8배로 고정하여 실험을 행하였다.

취반속도

현미를 0 및 20시간 침지한 다음 취반시간에 따른

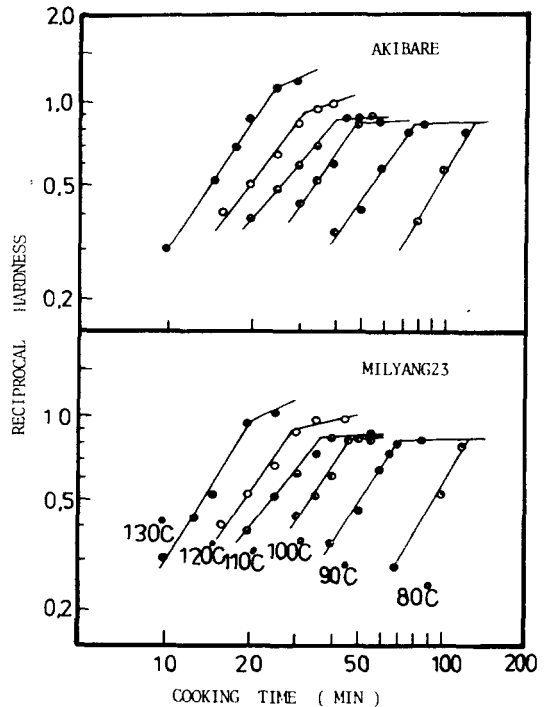


Fig. 2. Relation between the reciprocal hardness of cooked brown rice grains and cooking time at various cooking grains and cooking time at various cooking temperatures (no soaking)

경도의 역수 즉, 연화도의 변화를 보면 Fig. 2 및 3과 같다. 연화도와 취반시간 간에는 취반온도에 상관없이 직선적인 관계를 보였으며, 일정시간 후에는 연화도가 일정한 값에 도달하였다.⁽²⁾ 이 때를 취반 종료점으로 하였다.

밀양 23호의 취반 종료시간은 아끼바레 보다 다소 빨랐으며, 침지를 한 것이 하지 않은 것 보다 빠른 취반 종료시간을 보였다. 이 결과는 아끼바레 및 밀양 23호 백미의 경우⁽⁴⁾와도 일치하는 경향이였다.

취반온도 120℃ 이상에서는 현미밥의 연화도가 계속 증가하는 현상을 보였다(Fig.2 및 3). 이러한 현상은 보리의 경우에서도 보고⁽⁷⁾되어 있으나, 백미에서는 볼 수 없는 현상이다. 120℃ 이상에서 현미의 취반시 입자는 균열현상을 보였다. 따라서 120℃ 이상에서의 연화도의 계속적인 증가는 입자의 균열 및 배유부의 유출에 의한 전분의 호화에 기인하는 것으로 생각되나, 이에 대하여는 앞으로 더 연구되어야 할 것이다.

취반에 따른 연화도의 증가와 취반정도가 비례한다고 보면, 일정시간 후의 취반정도(α)는 다음과 같이 표시된다.^(2,4)

$$\alpha = \frac{H_t - H_o}{H_L - H_o}$$

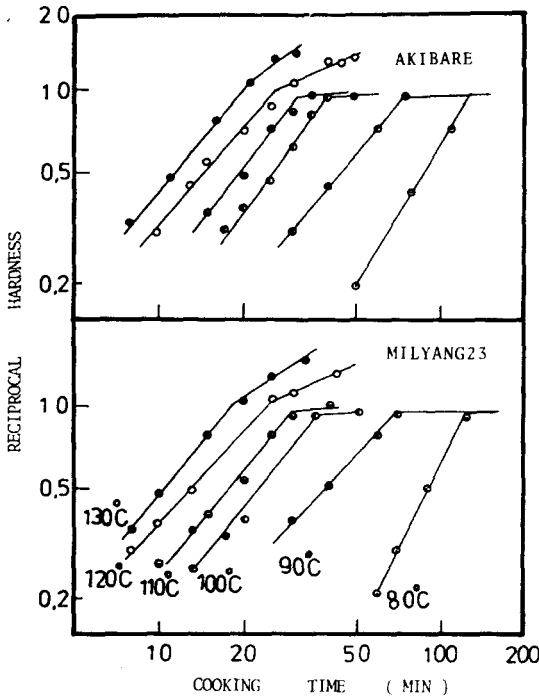


Fig. 3. Relation between the reciprocal hardness of cooked brown rice grains and cooking time at various cooking temperatures (20hr soaking)

여기에서 H_0 와 H_t 는 각각 취반시간 0 및 t 에서의 경도, H_t 은 취반 종료점에서의 경도이다.

취반시간에 따른 미취반된 부분(즉, $1-\alpha$)과 취반시간과의 관계는 Fig. 4 및 5와 같다. 이들 관계는 취반온도에 상관없이 모두 직선적인 관계를 보였다. 따라서 $1-\alpha$ 와 취반시간과는 다음과 같은 1차 반응식으로 나타낼 수 있다.

$$\ln(1-\alpha) = -K_c t$$

Fig. 4 및 5의 기울기로부터 구한 취반속도상수(K_c)

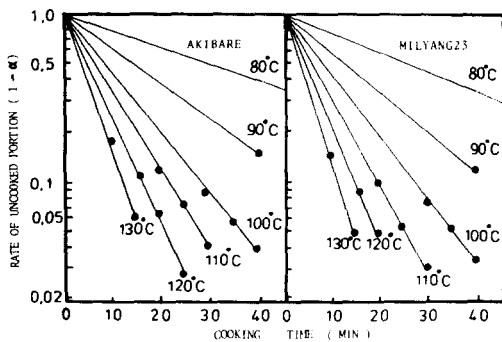


Fig. 4. The rates of uncooked portions of brown rice grains at each cooking temperature (no soaking)

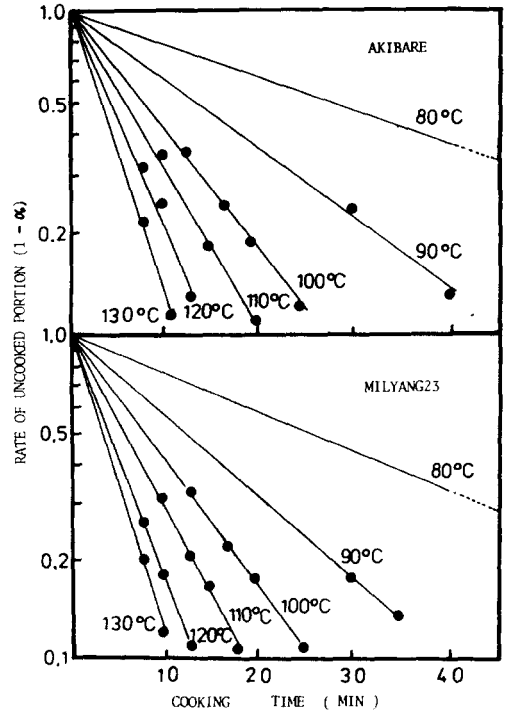


Fig. 5. The rates of uncooked portions of brown rice grains at each cooking temperature (20hr soaking)

는 Table 1과 같다. 두 품종 모두 침지를 한 경우가 침지를 하지 않은 경우보다 다소 빠른 취반속도를 보였다. 같은 취반온도에서 밀양 23호는 아끼바레보다 취반속도가 빨랐으며 이것은 백미(4)와 같은 결과였다. 그러나 아끼바레 및 밀양23호 백미의 취반속도상수는 100°C에서 각각 8.2×10^{-2} 및 $9.4 \times 10^{-2} \text{ cm/min}$ 으로서(4) 현미에 비하여 2배 이상 빠른 값을 보인다.

취반속도상수의 온도의존성

취반속도상수와 취반온도의 역수와의 관계는 Fig. 6과 같으며, 기울기는 100°C를 전후하여 변화했다. 이러한 현상은 백미에서도 보고(4)되어 있으며 이는 100°C를 전후하여 취반 메카니즘이 다름을 가리킨다. Fig. 6의 기울기로부터 구한 취반활성화에너지 값은 Table 2와 같다. 두 품종간의 활성화에너지는 침지시간에 상관없이 비슷하였으며, 100~130°C에서의 활성화에너지 값은 80~100°C에서 보다 약 1/2배 작았다. 이는 아끼바레 및 밀양23호 백미의 경우(4) 및 보리의 경우(7)와 같은 결과였다. 따라서 Table 1, 2 및 Fig. 6의 결과로부터 현미의 취반시 반응메카니즘은 다음의 두 단계로 설명될 수 있다. 즉, 100°C 이하의 취반온도에서는 쌀의 구성성분 사이의 화학반응이 100°C 이상에서의 취

Table 1. Average values of reaction rate constant

Cooking temp. (°C)	Reaction rate constant (cm/min), $K_c \times 10^2$			
	AKIBARE		MILYANG23	
	no soaking	20hr soaking	no soaking	20hr soaking
80	1.00	1.04	1.16	1.20
90	2.08	2.22	2.32	2.50
100	3.41	3.66	3.68	3.92
110	4.55	4.76	5.00	5.26
120	6.06	6.45	6.67	7.14
130	8.00	8.33	8.70	9.01

반된 부분으로 부터 취반되지 않은 부분으로의 물의 확산에 의하여 취반속도가 결정된다고 볼 수 있다. 이러한 취반메카니즘은 백미⁽⁶⁾ 및 보리⁽⁷⁾의 경우와 같은 결과이다.

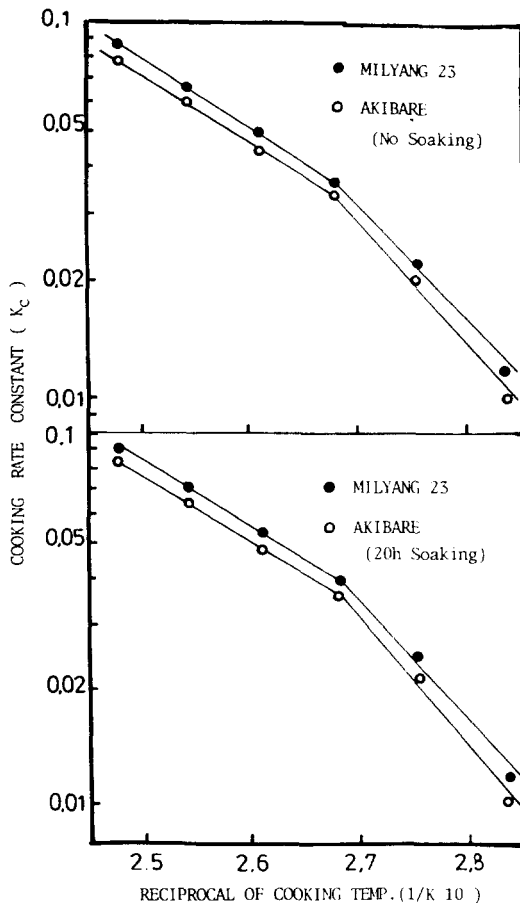


Fig. 6. Arrhenius plots of the cooking rate constant of brown rice

Table 2. Activation energy of cooking brown rice

Variety	Cooking temp. (°C)	Soaking time (hr)	Activation energy (cal/mol)
Akibare	80 - 100	0	16,000
		20	16,400
	100 - 130	0	8,500
		20	8,200
Milyang 23	80 - 100	0	15,000
		20	15,400
	100 - 130	0	8,600
		20	8,300

취반 종료점의 온도 의존성

곡류의 취반에 있어서 취반시간은 온도가 높을수록 감소된다. Quast 등⁽⁴⁾은 룬에 있어 취반속도의 온도의존성을 취반시간과 취반온도 간의 Z-value로 해석하고 다음과 같은 식을 설정하였다.

$$Z = \frac{4.6T^2}{E} \tag{1}$$

$$\log_{10} Q_{10} = \frac{10}{Z} \tag{2}$$

여기서 T : 취반의 절대온도(K)

E : 결보기 활성화에너지 (cal/mol)

현미의 취반에 있어서 Fig.2 및 3에서 구한 취반의 종료시간과 취반온도와와의 관계를 나타내면 Fig.7과 같다. 직선의 기울기는 100°C를 전후하여 변하는데 이는 앞서 설명된 취반메카니즘의 차이로 해석된다. Fig.7로부터 구한 값과 식(1) 및 (2)로 구한 Q_{10} 값과 활성화에너지는 Table 3과 같다. Table 3에서 알 수 있듯이 품종간 각 수치의 차이는 없었으며, 취반온도 10°C 상승에 따라 취반시간이 100°C 이하 및 100°C 이상의 온도에서 각각 1.71~1.78배 및 1.29~1.31배 감소되었다.

일반적으로 곡류에 있어서 취반속도의 온도의존성은 미생물 사멸의 온도의존성 보다 작다고 알려져 있으며⁽⁸⁾ 이는 현미의 경우도 Z-value가 10°C보다 크다는 것으로 설명될 수 있다. 100°C 이하, 100°C 이상의 온도에서의 활성화에너지는 각각 14.7 kcal/mol, 7.8~8.4 kcal/mol로서 Fig. 6의 반응속도상수의 온도의존성에서 구해진 값들과 거의 같은 수치를 나타내었다. 이는 Z-value에 의해서도 취반속도의 해석이 가능하다는 것을 의미한다.

X-ray 회절도 및 SEM에 의한 호화양상

X-ray 회절도는 전분입자의 개략적인 결정구조의 결정정도를 알 수 있는 방법으로서, Owusu-Ansah 등⁽⁹⁾

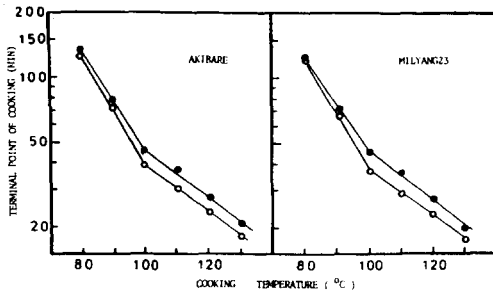


Fig. 7. Relation between the terminal point of the cooking temperature

Table 3. Temperature dependence of the terminal point of cooking of brown rice

Variety	Cooking temp. (°C)	Soaking time (hr)	Z (°C)	Q ₁₀	E (cal/mol)
Akibare	80 - 100	0	43	1.71	13,700
		20	40	1.78	14,700
	100 - 130	0	89	1.30	8,000
		20	90	1.29	7,900
Milyang 23	80 - 100	0	43	1.71	13,700
		20	40	1.78	14,700
	100 - 130	0	85	1.31	8,400
		20	91	1.29	7,800

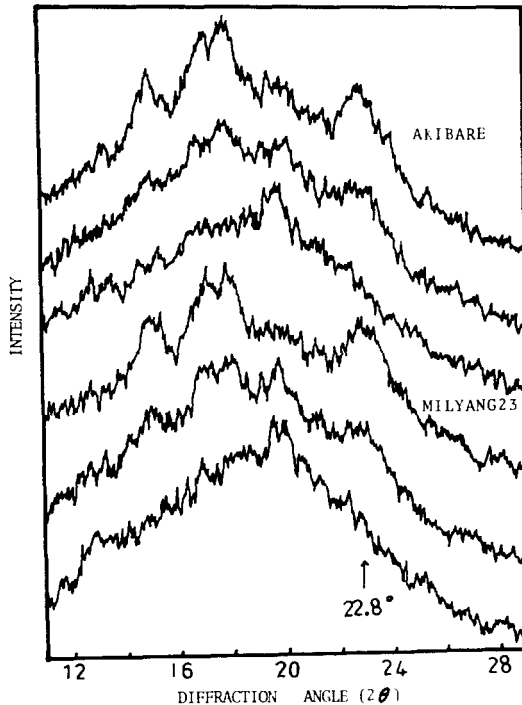


Fig. 8. Changes of the X-ray diffractogram during cooking of brown rice

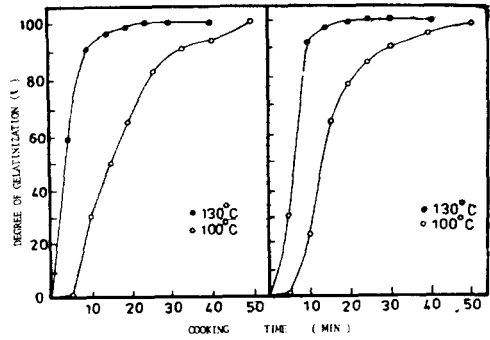


Fig. 9. Degree of gelatinization of brown rice as a function of cooking time

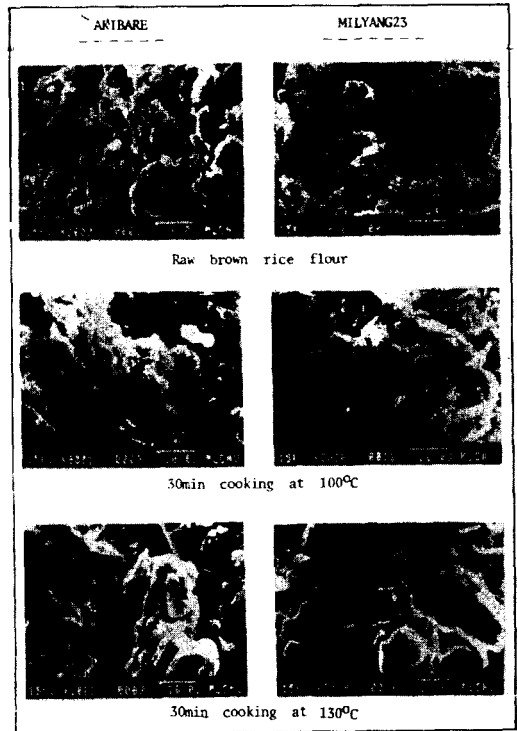


Fig. 10. Scanning electron micrographs of brown rice

은 호화가 진행됨에 따라 X-ray 회절도의 peak높이, 즉 결정정도가 감소한다는 사실로부터 킨분에 대한 호화정도의 표준곡선을 작성하였다.

아끼바레 및 밀양 23호 현미를 미리 수화시키지 않는 경우의 취반시간별 X-ray 회절도는 Fig. 8 과 같다. 회절각도 22.8°에서 peak높이 감소비율로부터 호화도를 계산한 결과는 Fig. 9 와 같으며, 밀양 23호가 아끼바레 보다 다소 빨리 호화가 진행됨을 알 수 있다. 취반온도 130°C 및 100°C에서 경도변화로부터 구한 종료 시간은 각각 20~25분 및 50분 정도였으며 이때는 100% 호화된 것을 알 수 있다. 따라서 130°C에서 취반시에는 일

단 호화가 진행된 후에 bran 층의 균열, 내부 호분층 입자의 심한 붕괴로 인하여 점성이 증가하며 이에따라 연화도가 계속 감소하는 것으로 생각된다.

이러한 결과는 Scanning Electron Microscope (SEM)에 의해 관찰된 결과로써도 설명될 수 있다.^(9,10) SEM에 의하여 100°C 및 130°C에서 취반 중 호화양상의 변화를 비교한 결과는 Fig. 10과 같다. 두 품종 모두 100°C에서 30분간 취반했을 때는 호화가 덜된 것을 알 수 있으며, 130°C에서 30분간 취반한 것은 입자의 붕괴정도가 현저했다.

요 약

아끼바레와 밀양 23호 현미의 취반에 있어서 취반중의 경도 변화에 의하여 취반 속도를 속도론적으로 분석하고 X-ray와 scanning electron microscope를 사용하여 호화양상을 비교하였다. 현미 취반의 최적 가수량은 아끼바레와 밀양 23호가 각각 1.65 및 1.73 배로써 다수확계가 다소 높은 최적 가수율을 보였다. 현미의 취반속도는 밀양 23호가 아끼바레보다 약간 빨랐으며, 백미보다는 약 2 배 느렸다. 두 품종의 취반시 활성화에너지는 비슷하였으며 80~100°C 범위에서는 15~16 kcal/mol, 100~130°C 범위에서는 약 8.5 kcal/mol이었다. 또한 X-ray 회절도로 호화도를 측정된 결과 연화도로 판정한 취반 종료점의 호화도는 거의 100%였다.

문 헌

1. Kim, K.J., Pyun, Y.R., Cho, E.K., Lee, S.K. and Kim, S.K.: *Korean J. Food Sci. Technol.*, **16**, 297 (1984)
2. Suzuki, K., Kubota, K., Omichi, M. and Hosaka, H.: *J. Food Sci.*, **41**, 1180 (1970)
3. Cheigh, H.S., Kim, S.K., Pyun, Y.R. and Kwon, T.W.: *Korean J. Food Sci. Technol.*, **10**, 52 (1978)
4. Cho, E.K., Pyun, Y.R., Kim, S.K. and Yu, J.H.: *Korean J. Food Sci. Technol.*, **12**, 285 (1980)
5. Hwangbo, J.S., Lee, K.Y., Jung, D.H. and Lee, S.R.: *Korean J. Food Sci. Technol.*, **7**, 212 (1975)
6. Kim, S.K., Park, H.H., Chung, H.M. and Kim, K.: *J. Korean Agr. Chem. Soc.*, **26**, 266 (1983)
7. Kim, H.R., Kim, S.K., Cheigh, H.S.: *Korean J. Food Sci. Technol.*, **12**, 122 (1980)
8. Quast, D.C. and Silva, S.D.: *J. Food Sci.*, **42**, 370 (1977)
9. Owusu-Ansah, J., Vandervoort, F.R. and Stanley, D.: *Cereal Chem.*, **59**, 167(1982)
10. Pomeranz, Y.: *Adv. Food Res.*, **22**, 205 (1976)

(1984년 10월 8일 접수)