

## 백미 저장온도에 따른 이화학적 성질의 변화

김성곤 · 조은자\*

단국대학교 식품영양학과, \*성신여자대학교 식품영양학과

**초록:** 백미를 4~30°C에서 3개월 저장하는 동안 수분흡수 속도 상수값과 부피증가 속도 상수값은 저장기간이 길어짐에 따라 직선적으로 감소하였으며, 그 정도는 저장온도가 높을수록 현저하였고, 동일 온도에서는 부피증가 속도 상수값의 감소 정도가 컸다. 수분흡수의 활성화 에너지는 저장온도 25°C를 전후하여 달랐고, 저장온도 4~25°C에서는 저장 1.5개월까지, 저장온도 25~30°C에서는 저장 2개월까지 크게 증가하였고 그 이후에는 증가폭이 완만하였다. 쌀알의 경도는 저장 중 저장온도가 높을수록 더욱 증가하였다. 취반 속도 상수값은 저장시간의 경과에 따라 직선적으로 감소하였으며, 4°C에서 보다 20°C 저장에서 크게 감소하였고, 20°C 이상에서는 감소율이 크지 않았다. 취반의 활성화 에너지값도 저장기간의 경과에 따라 증가하였으며 저장 1.5개월에서 가장 크게 증가하였다. 4°C에 저장한 쌀은 색도의 변화가 없었으나 20°C 이상에서는 b(황색도)값이 증가하였다. 쌀가루의 아밀로그래프에 의한 최고점도는 저장시간과 온도가 높아짐에 따라 증가하였고, 시차주사열량계로 측정된 호화 엔탈피는 감소하였다(1993년 1월 27일 접수, 1993년 4월 27일 수리).

쌀은 저장 중 물리적, 화학적 특성의 변화에 따라 취반, 가공, 식미 등의 품질이 나빠지게 된다. 쌀의 저장 중 특징적인 변화는 아밀로그래프에 의한 호화점도의 증가,<sup>1,2)</sup> 수분흡수 정도와 취반 속도의 감소,<sup>3)</sup> 경도의 증가,<sup>3)</sup> 효소활성도의 변화<sup>4)</sup>이다. Moritaka와 Yasumatsu<sup>5)</sup>는 쌀의 지방질, 단백질과 전분을 중심으로 저장 중 쌀의 노화현상을 설명하고 있으나, 아직까지 정확한 노화기작은 확립되지 못한 실정이다. 그러나 이러한 변화는 장기간 보관시 일어나는 현상으로서 일반 소비자들의 소비기간(1~2개월) 중의 쌀의 품질변화에 대한 연구는 아주 미미한 실정이다. 김과 황<sup>6)</sup>은 백미를 5°C에 저장했을 때는 저장 70일까지 관능적인 품질에 변화가 없었으나 30°C 저장에서는 30일 후에 유의적인 차이를 보인다고 하였다. 일본 쌀의 경우 수확 후 2~3개월까지는 식미가 유지되나 저장 6개월째부터는 경도가 크게 증가하여 식미가 감소되는 것으로 알려져 있다.<sup>7)</sup>

전보<sup>8)</sup>에서 저자들은 현미와 백미를 4와 25°C에서 3개월간 저장하면서 이화학적 성질의 변화를 조사하였다. 이 연구에서는 백미를 여러 온도에서 저장하면서 쌀의 품질을 조리 측면에서 규명하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 재 료

충청남도 아산군 염티면 곡교리에서 생산, 도정된 일 반계인 동진벼를 수확직 후 구입하여 사용하였다.

### 저장 조건

시료 약 200g씩을 retort pouch에 담고 밀봉한 후 4, 20, 25와 30°C에서 3개월간 저장하면서 0.5개월 간격으로 실험에 사용하였다.

### 수분 흡수 속도의 분석

쌀(1g)의 30°C에서의 수분 흡수와 침지 중 부피 변화는 전보<sup>8)</sup>에서와 같이 측정하였다. 수침 중 최대 수분 함량과 부피에 도달했을 때를 각각 평형수분함량과 평형부피로 하였다.

수분흡수 속도는 Becker<sup>9)</sup>의 개략적인 확산 방정식에 의하여 다음과 같이 계산하였다.

$$\bar{m} - m_0 = k\sqrt{t} \quad (1)$$

여기에서  $\bar{m}$ 은 일정시간 침지 후의 수분함량(gH<sub>2</sub>O/g)

dry matter),  $m_0$ 는 쌀의 초기 수분함량( $\text{gH}_2\text{O/g dry matter}$ ),  $t$ 는 침지시간(min),  $k$ 는 수분흡수 속도 상수( $\text{min}^{-1/2}$ )이다.

침지 중 쌀알의 부피증가 속도는 다음 식 <sup>2)</sup>으로부터 계산하였다.

$$V - V_0 = k_v \sqrt{t} \quad (2)$$

여기에서  $V$ 는 일정기간 침지 후의 쌀알의 부피( $\text{ml}$ ),  $V_0$ 는 쌀알의 초기 부피( $\text{ml}$ ),  $k_v$ 는 쌀알의 부피증가 속도 상수( $\text{min}^{-1/2}$ ),  $t$ 는 침지 시간(min)이다.

**취반 속도의 측정**

낫쇠 취반 용기(안지름 12 mm, 높이 28 mm)에 시료 1 g을 넣고 1.4 ml의 증류수를 가하여<sup>9)</sup> 실온에서 5분간 방치한 다음 100°C의 기름탕에서 30분간 취반하였다.

쌀알의 초기 경도와 취반 중 밥알의 경도는 리오메터(일본 I&T 회사제품)를 사용하여 전보<sup>2)</sup>에서와 같은 조건으로 측정하였다. 취반 속도는 취반 중 밥알의 경도 변화로부터 취반되지 않은 부분( $1 - \alpha$ )과 취반 시간과의 관계로부터 구하였다.<sup>9,10)</sup>

$$\ln(1 - \alpha) = -k_c t \quad (3)$$

여기에서  $\alpha$ 는 호화도,  $k_c$ 는 취반 속도 상수( $\text{min}^{-1}$ ),  $t$ 는 취반 시간(min)이다.

**색도 측정**

쌀알 자체의 색도는 색차계(Color difference meter, Model ND-1001 DP, Nippon denshoku Kogyo Co., Ltd., Japan)를 이용하여  $L$ (명도),  $a$ (적색도),  $b$ (황색도)값으로 나타내었다.

**아밀로그래피**

쌀가루(60메쉬)의 호화 양상은 쌀가루 용액 400 ml(10%, db)을 시료로하여 Visco/amylo/Graph로 조사하였다.

**호화온도의 측정**

쌀가루(100 메쉬) 4 mg을 알루미늄 용기에 취하고 여기에 시료의 2배량의 증류수를 가하고 45분간 방치한 다음 시차 주사 열량 측정기(Perkin-Elmer, DSC-4, U. A. A.)를 이용하여 10°C/min의 속도로 25°C로부터 100°C까지 가열하여 흡열 peak를 얻었다. 이 흡열 peak로부터 호화개시온도( $T_0$ ), 호화정점온도( $T_p$ ), 호화종료온도( $T_c$ )와 호화엔탈피( $\Delta H$ )를 구하였다.

**결과 및 고찰**

**수분흡수 속도**

백미의 침지시간에 따른 수분흡수와 부피증가는 저장온도가 높아질수록 낮아졌으나 침지 50분 이후에는 그 차이가 크지 않았다. 일반적으로 저장한 쌀의 흡수율은 햅쌀보다 늦다고 알려져 있다.<sup>11)</sup>

백미의 평형수분함량과 이에 도달하는 시간은 Table 1과 같다. 평형수분함량은 27%로서 저장온도와 저장시간에 관계없이 일정한 값을 보였다. 백미의 평형수분함량은 쌀의 품종에 관계없이 30% 내외로 알려져 있다.<sup>12-14)</sup> 평형 수분함량에 도달하는 시간은 저장시간이 길수록, 동일한 저장시간에서는 저장온도가 높을수록 증가하여 저장 3개월 후 4°C에서는 10분, 20과 25°C에서는 15분, 30°C에서는 20분이 늦어졌다(Table 1). 침지 중 쌀알의 평형부피는 저장시간과 저장온도에 관계없이 33%로서 일정한 값을 보였으나 평형부피에 도달하는 시간은 모든 온도에서 평형수분함량에 도달하는 시간보다 5분정도 늦어졌다(Table 1). 이러한 결과는 아가바레 백미를 25°C에서 저장한 경우<sup>2)</sup>와 같은 경향이었다.

Table 1. Equilibrium moisture content (EMC), equilibrium volume (EV) and time to reach EMC and EV for milled rice stored at 4°, 20°, 25° and 30°C

Storage time (month)	4°C		20°C		25°C		30°C	
	EMC (%)	EV (%)	EMC (%)	EV (%)	EMC (%)	EM (%)	EMC (%)	EV (%)
0	27(35) <sup>a</sup>	33(35)						
1	27(35)	33(35)	27(35)	33(40)	27(35)	33(40)	27(40)	33(45)
1.5	27(35)	33(40)	27(40)	33(45)	27(40)	33(45)	27(45)	33(50)
2	27(40)	33(40)	27(45)	33(50)	27(45)	33(50)	27(50)	33(55)
2.5	27(40)	33(45)	27(45)	33(50)	27(50)	33(50)	27(55)	33(60)
3	27(45)	33(50)	27(50)	33(55)	27(50)	33(55)	27(55)	33(60)

<sup>a</sup>The numbers in parenthesis are the times (min) to reach EMC or EV.

백미의 침지 중 수분과 부피 증가량과 침지 시간의 평방근과의 관계식 (1)과 (2)로부터 구한 저장전 백미의 수분흡수 속도와 부피증가 속도 상수는  $0.0580 \text{ min}^{-1/2}$ 와  $0.0557 \text{ min}^{-1/2}$ 으로서 수분흡수 속도 상수값이 높은 값을 보였다. 쌀알의 길이와 두께를 caliper로 측정하여 부피를 계산하였을 때 박 등<sup>15)</sup>은 30°C에서 침지 중 백미의 부피증가 속도 상수값과 수분흡수증가 속도값의 비는 약 30이었다고 하였고, 장 등<sup>16)</sup>도 찹쌀의 경우 30°C에서 부피증가 속도 상수값과 수분흡수속도 상수값의 비는 약 20이었다고 하였다. 그러나 콩의 경우 실린더를 이용한 치환법으로 계산한 부피증가 속도 상수값<sup>17)</sup>과 수분흡수 속도 상수값<sup>18)</sup>은 큰 차이를 보이지 않는다. 따라서 본 실험의 결과는 박 등<sup>15)</sup>과 장 등<sup>16)</sup>의 결과와는 반대되는 것이며, 콩의 경우와 비슷한 것이었다. 이러한 차이는 부피의 측정방법에 따른 것으로 생각된다.

수분흡수 속도 상수와 부피증가 속도 상수는 저장시간에 따라 직선적으로 감소하였다(Fig. 1). 저장 3개월 후 수분흡수 속도 상수는 4°C에서  $0.0510 \text{ min}^{-1/2}$  이었고 20, 25와 30°C에서는 각각 0.0484, 0.0470과 0.0441  $\text{min}^{-1/2}$  이었고 부피증가 속도 상수는 4, 20, 25와 30°C에서 각각 0.0470, 0.0415, 0.0402와 0.0358  $\text{min}^{-1/2}$ 으로서 부피증가 속도 상수의 감소 정도가 높았다.

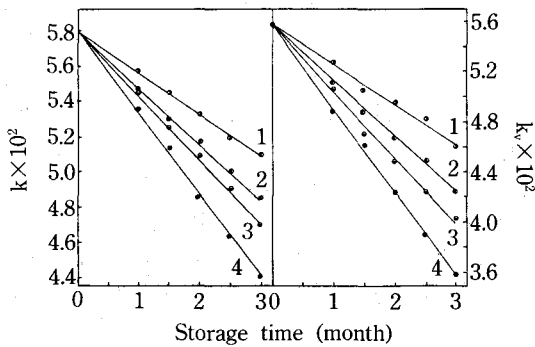


Fig. 1. Relationship between the storage time and water uptake (k) and volume ( $k_v$ ) increase rate constants for milled rice after storage for 3 months. 1, 4°C; 2, 20°C; 3, 25°C; 4, 30°C

Table 2. Slope calculated from Fig. 1

Storage temperature(°C)	$k \times 10^2$	$k_v \times 10^2$
4	-0.236	-0.313
20	-0.317	-0.438
25	-0.363	-0.523
30	-0.466	-0.664

부피증가 속도 상수의 기울기 값은 모든 저장온도에서 수분흡수 속도 상수의 기울기 값보다 1.4배 높았다. 저장온도가 높아짐에 따라 기울기 값은 증가하였으며 수분흡수 속도 상수의 경우 저장온도 20, 25와 30°C에서의 기울기 값은 4°C에서보다 각각 1.3, 1.5와 2.0배 높았고, 부피증가 속도 상수의 경우에는 각각 1.4, 1.6배와 2.1배 높았다(Table 2).

백미를 여러 온도에서 저장했을 때 수분흡수 속도 상수값과 부피증가 속도 상수값은 저장온도에 관계없이 정상관을 보였다(Fig. 2). Pelshenke와 Hampel<sup>19)</sup>도 백미의 저장 중 수분 결합력과 부피의 증가는 평행하다고 하였으며, 그 변화는 저장온도가 높을수록 크나 수분함

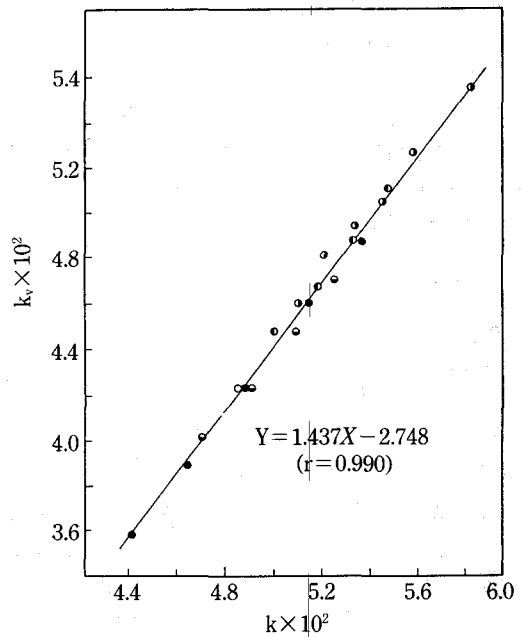


Fig. 2. Relationship between water uptake rate (k) and volume change rate ( $k_v$ ) constants of milled rice after storage at 4°C (○), 20°C (●), 25°C (◐) and 30°C (●).

Table 3. Activation energy for water uptake rate constant of milled rice during storage

Storage time (month)	$E_a$ (cal/mole)	
	4°C~25°C	25°C~30°C
1	184	264
1.5	268	422
2	360	840
2.5	464	1087
3	608	1269

량과는 뚜렷한 관계가 없다고 하였다.

수분흡수 속도 상수와 저장온도와의 관계는 아레니우스관계로 표시되었고 이로부터 구한 활성화 에너지는 Table 3과 같다. 활성화 에너지값은 저장 시간에 따라 증가하였다. 저장온도 4~25°C의 경우 활성화 에너지값은 저장 1.5개월은 저장 1개월에서보다 1.4배 높은 값이었고, 저장 2개월은 2.0배, 저장 3개월간은 3.3배로서 저장 1.5개월에서 증가폭이 가장 컸다. 한편, 저장온도 25~30°C에서의 활성화 에너지값의 변화를 보면 저장 1.5개월에서는 저장 1개월에 비하여 1.6배 높은 값이었고, 저장 2개월에서는 3.2배, 저장 3개월에서는 4.8배로서 저장기간 2개월까지는 0.5개월 증가마다 1.6배씩 증가하였다. 이상의 결과는 백미의 저장 중 수분흡수의 활성화 에너지값은 저장온도 4~25°C에서는 저장 1.5개월에서, 저장온도 25~30°C에서는 저장 2개월까지 크게 증가하고 그 이후에는 증가폭이 완만함을 가리킨다. 저장온도 25~30°C에서의 활성화 에너지값은 4~25°C에서보다 저장 1개월에서는 1.4배 높은 값이었고, 저장 1.5개월에서는 1.6배, 저장 2~2.5개월에서는 2.3배, 저장 3개월에서는 2.1배 높아 저장기간이 길어질수록 또는 저장온도가 높을수록 수분흡수의 온도의존성이 증가되었다.

**취반 속도**

백미의 저장 중 쌀알의 경도 변화는 Table 4와 같다. 경도는 저장기간이 경과함에 따라 증가하였고 그 정도는 저장온도가 높아질수록 더욱 현저하였다. 쌀알의 인장강도는 저장에 의하여 증가된다.<sup>20)</sup> 저장 3개월 후의 경도는 저장 초기의 경도에 비하여 4°C에서는 1.03배, 20°C에서는 1.04배, 25°C에서는 1.05배, 30°C에서는 1.08배 높은 값이었다. 저장온도 4°C에서 3개월 저장한 후의 경도와 같아지는 시간은 20°C에서는 2.5개월, 25°C에서는 2.0개월, 30°C에서는 1.5개월로서 0.5개월씩 빨라졌다.

저장 3개월 후의 백미의 취반 시간에 따른 밥알의

경도의 역수와의 관계는 Fig. 3과 같다. 경도의 역수와 취반 시간은 직선적인 관계를 보였으며 저장온도가 높아질수록 일정한 취반 시간에서의 경도는 증가하였다. 이러한 경향은 다른 저장시간에서도 같았으며, 동일한 저장온도에서는 저장시간이 길어짐에 따라 경도는 증가하였다. 묵은 쌀로 취반한 밥은 햅쌀밥보다 경도가 높은 것으로 알려져있다.<sup>3,7,11,21,22)</sup> Moritaka와 Yasumatsu<sup>9)</sup>는 묵은 쌀의 배유 측 전분 조직은 저장 중 결정의 결합강도가 증가되며 이에 따라 취반시 전분의 팽윤이 억제되어 밥의 텍스처에 영향을 준다고 하였다. 또한 햅쌀의 세포벽은 가열에 의하여 쉽게 파괴되나 묵은 쌀의 경우는 가열에 저항성이 큰 것으로 알려져 있다.<sup>23)</sup>

쌀알의 경도는 일정 취반 시간 후에는 저장온도에 관계없이 일정한 값을 보였다(Fig. 3). 이 점을 취반 완료점으로 하고 여기에 도달하는 시간을 Table 5에 나타내었다. 백미의 취반 완료점은 저장온도가 높을수록 또한 저장시간이 길어질수록 늦어졌다. 저장 3개월 후에

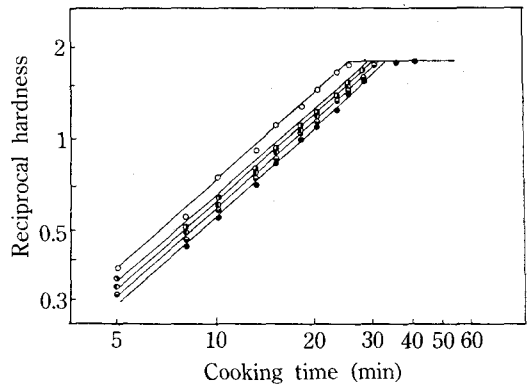


Fig. 3. Relationship between the reciprocal hardness and cooking time of cooked milled rice grains after storage for 3 months. ○—○, control; ◐—◐, 4°C; ●—●, 20°C; ◑—◑, 25°C; ◒—◒, 30°C

Table 4. Changes in initial hardness of milled rice during storage at 4°, 20°, 25° and 30°C

Storage time (month)	Hardness (kg)			
	4°C	20°C	25°C	30°C
0	6.28			
1	6.30	6.31	6.31	6.34
1.5	6.33	6.35	6.36	6.45
2	6.37	6.40	6.44	6.59
2.5	6.41	6.47	6.51	6.70
3	6.46	6.54	6.61	6.80

Table 5. Changes in terminal point of cooking for milled rice during storage at 4°, 20°, 25° and 30°C

Storage time (month)	Terminal point of cooking (min)			
	4°C	20°C	25°C	30°C
0	24			
1	24	25	26	26
1.5	25	26	26	27
2	26	27	27	28
2.5	27	28	28	30
3	27	29	30	32

취반 완료 시간은 4°C 저장에서는 3분, 20°C에서는 5분, 25°C에서는 6분, 30°C에서는 8분이 늦어졌다. 이 결과는 아끼바레 백미의 4와 25°C에서의 저장 3개월 후 취반 완료 시간이 각각 3분과 7분이 늦어진 것<sup>2)</sup>과 비슷한 경향이였다. Pushpamma와 Reddy<sup>24)</sup>는 백미의 최적 조리시간은 6개월 저장 후에 수확시보다 4~6분이 늦어졌다고 하였다.

취반 시간에 따른 쌀의 미취반된 부분과 취반 시간과의 관계 즉 식 (3)으로부터 구한 저장 전 백미의 취반 속도 상수는 0.0884 min<sup>-1</sup>이었다. 이 값은 아끼바레 백미의

취반 속도 상수 0.0856 min<sup>-1</sup><sup>2)</sup>과 비슷하였다. 박 등<sup>15)</sup>은 천마벼 백미의 100°C에서 취반 속도 상수는 0.0772 min<sup>-1</sup> 이었다고 하였으며, 송 등<sup>25)</sup>은 선남벼와 섬지녀 백미의 30분 침지 후 110°C에서의 취반 속도 상수는 각각 0.0964 min<sup>-1</sup>와 0.0946 min<sup>-1</sup>로 보고하였다. 백미의 취반 속도 상수와 저장온도와의 관계는 Fig. 4와 같다. 취반 속도 상수는 저장시간에 따라 직선적으로 감소하였으며, 그 정도는 저장온도가 높을수록 컸다. 저장온도 20°C에서의 기울기는 4°C에 비하여 1.8배 큰 값이었고, 25°C에서는 2.0배, 30°C에서는 2.3배 이었다. 또한 저장온도 20~30°C에서의 기울기는 온도가 5°C 증가됨에 따라 1.1배씩 높은 값을 보였다.

취반 속도 상수는 저장온도와 아레니우스관계에 따랐으며 이로부터 구한 활성화 에너지는 Table 6과 같다. 저장 1.5개월 후의 활성화 에너지값은 저장 1개월에 비하여 1.68배 높은 값이었고 저장 1.5개월 이후에는 0.5개월씩 증가함에 따라 약 1.2배씩 증가하였다.

색도

저장에 따른 백미의 색도 변화는 Table 7과 같다. 저장 4°C에서는 L, a, b값 모두 변화가 없었고, 저장 20, 25와 30°C에서는 L값과 a값은 변화가 없었으나 b값은 저장 중 증가하였다. Pelshenke와 Hampel<sup>19)</sup>은 공기, 질소, 산소, 탄산가스 조건하에 백미를 1년 저장 했을 때 20°C

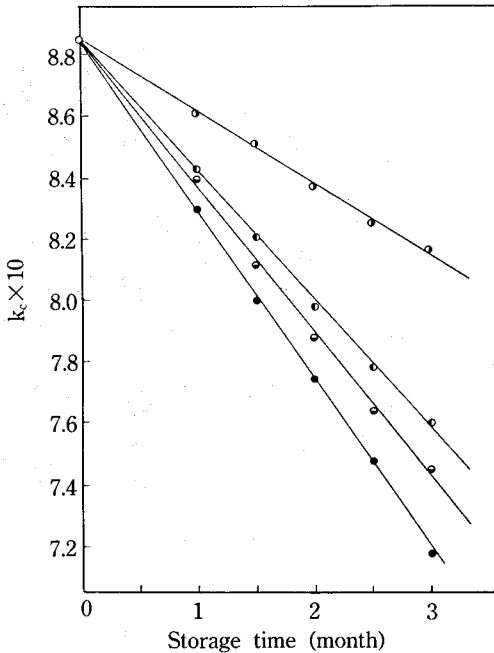


Fig. 4. Relationship between the storage time and cooking rate constant for milled rice after storage for 3 months.  $Y = -0.229X + 8.840$  at 4°C(○—○),  $Y = -0.420X + 8.840$  at 20°C(●—○),  $Y = -0.472X + 8.840$  at 25°C(●—●),  $Y = -0.534X + 8.840$  at 30°C(●—●)

Table 6. Activation energy for cooking rate constant of milled rice during storage

Storage time (month)	Ea (cal/mole)
1	235
1.5	396
2	502
2.5	636
3	758

Table 7. Color change of milled rice grain during storage at 4°, 20°, 25° and 30°C

Storage time (month)	4°C			20°C			25°C			30°C		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
0	64.3	0.8	11.4									
1	64.2	0.8	11.4	64.3	0.7	11.2	64.3	0.8	11.5	64.4	0.8	11.5
1.5	64.1	0.8	11.4	64.4	0.6	11.5	64.4	0.8	11.5	64.4	0.8	11.5
2	64.1	0.7	11.3	64.5	0.6	11.5	64.5	0.7	11.5	64.5	0.8	12.2
2.5	64.2	0.6	11.4	64.5	0.5	11.6	64.6	0.7	11.8	64.6	0.8	12.6
3	64.3	0.6	11.5	64.6	0.5	11.8	64.6	0.7	12.0	64.7	0.8	12.9

이하에서의 색도는 변화가 없었으나, 35°C에서는 뚜렷히 노란색으로 변하였으며, 공기조성은 색도 변화에 영향을 주지 않았다고 하였다.

**쌀가루의 호화점도**

백미의 저장 중 호화개시 온도는 65°C로서 저장에 따른 변화를 볼 수 없었으나, 최고점도는 저장온도가 높을 수록, 저장기간이 길어질수록 증가하였다(Table 8). 저장 3개월 후 최고점도는 저장전에 비하여 4°C에서는 60 B.U., 20°C에서는 180 B.U., 25°C에서는 250 B.U., 30°C에서는 400 B.U.가 증가하였다. 저장 중 호화점도의 증가현상은 쌀의 형태에 관계없이 나타나는 현상으로 알려져 있다.<sup>1,2,21)</sup> 쌀의 저장 중 최고 점도가 증가되는 것은 유리지방산<sup>26)</sup> 또는 α-아밀라제의 감소<sup>1,4)</sup>에 기인되는 것으로 알려져 있다. 그러나 Shoji와 Kurasawa<sup>27)</sup>는 쌀의

저장 중 단백질과 지방질의 변화에 의하여 전분의 팽윤에 대한 영향이 감소하여 최고점도가 증가된다고 하였다.

**쌀가루의 호화온도**

백미의 저장에 따른 쌀가루의 DSC 측정값의 변화는 Table 9와 같다. 저장전 쌀가루의 호화온도는 61.2~73.1°C로서 저장온도와 저장시간에 관계없이 큰 변화를 보이지 않았으나, 호화 엔탈피는 저장온도가 높을수록 또한 저장시간이 길어질수록 감소하는 경향이였다.

이상의 실험결과를 요약하여 보면 다음과 같다. 백미를 저장온도 4°C에서 3개월 저장한 후의 각 지표를 기준으로 할때, 저장온도 20, 25와 30°C에서 4°C의 지표값과 같아지는 저장시간을 보면 Table 10과 같다. 수분흡수 특성(평형수분 함량, 수분흡수 속도 상수, 부피증가 속도 상수)을 기준으로 하면 4°C에서의 3개월은 20과 25°C에서는 2개월, 30°C에서는 1.5개월에 해당하였다. 또한 저장 중 백미의 경도변화, 취반완료 시간과 색도의 변화를 기준으로 할 경우에도 수분흡수 특성을 기준으로 한 경우와 같은 결과이었다. 그러나 취반속도 상수, 아밀로그래프의 최고점도를 기준으로 하면, 4°C에서의 3개월은 20°C에서는 1.5개월, 25°C에서는 1.0~1.4개월, 30°C에서는 1.3개월 이하이었다. 김과 황<sup>6)</sup>은 백미를 5°C와 30°C에서 저장할 때 저장 30일과 70일 후의 밥과 관능 특성은 5°C에 저장하는 경우에는 저장기간에 따라 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 30°C에서는 저장 30일 후에 유의적인 차이를 보였다고 하였다. 이러한 결과는 쌀의 식미는 고온에서 빨리 감소되며 30°C에서는 쌀의 품질유지 기간은 1개월 이내임을 가리킨다. 따라서 Table

Table 8. Changes in amylograph peak viscosity of milled rice flour (10% d.b.) during storage at 4°, 20°, 25° and 30°C

Storage time (month)	Storage temperature			
	4°C	20°C	25°C	30°C
0	770			
1	770	800	820	880
1.5	780	840	880	960
2	800	870	940	1030
2.5	810	910	990	1100
3	830	950	1040	1170

Table 9. Changes in gelatinization temperature of milled rice flour during storage of rice at 4°, 20°, 25° and 30°C

Storage temp (°C)	Storage time (month)	Temperature (°C)			ΔH (cal/g)
		T <sub>o</sub>	T <sub>p</sub>	T <sub>c</sub>	
4	0	61.2	67.2	73.1	2.16
	1.5	61.2	67.4	73.1	2.10
	3	61.2	67.4	73.6	1.90
20	1.5	61.6	67.2	73.1	2.11
	3	61.7	67.8	73.6	1.86
25	1.5	61.6	67.4	73.1	2.03
	3	61.8	68.0	73.9	1.81
30	1.5	61.7	67.4	73.6	1.94
	3	61.7	68.2	73.2	1.75

T<sub>o</sub>: onset temperature  
 T<sub>p</sub>: peak temperature  
 T<sub>c</sub>: conclusion temperature  
 ΔH: enthalpy of gelatinization

Table 10. Equivalent storage time at various temperatures to give parameter at 4°C for 3 months

Parameter	Time (month)			
	4°C	20°C	25°C	30°C
EMC or EV	3.0	2.0	2.0	1.5
Water uptake rate constant at 30°C	3.0	2.2	1.9	1.5
Volume increase rate constant at 30°C	3.0	2.0	1.7	1.3
Hardness of rice grain	3.0	2.5	2.0	1.5
Terminal point of cooking at 100°C	3.0	2.0	2.0	1.5
Cooking rate constant at 100°C	3.0	1.6	1.4	1.3
Peak viscosity	3.0	1.5	1.0	1.0
Color (b value)	3.0	2.0	2.0	1.5

10의 결과에서 4°C에서 3개월간 백미의 품질이 유지된다고 가정할 때 아밀로그래프의 최고점도, 취반속도 상수를 기준으로 할때 저장온도 4°C의 3개월에 대응하는 시간이 30°C에서 1.3개월 이하인 결과는 김과 황<sup>6)</sup>의 관능평가 결과와 비슷한 시간이었다. 이러한 사실은 저장중 쌀의 물리적 성질의 변화로부터 쌀의 품질변화를 예측할 수 있는 가능성을 제시한다고 볼 수 있다. 그러나 이에 대하여는 앞으로 관능검사를 병행한 연구가 요구된다.

### 감사의 글

이 논문은 1992년도 교육부지원 한국 학술진흥재단의 자유공모(지방대학육성)과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.

### 참 고 문 헌

1. Shin, M. G., Rhee, J. S. and Kwon, T. W.: *Agric. Biol. Chem.*, 49 : 2505(1985)
2. 조은자, 김성근: *한국농화학회지*, 33 : 24(1990)
3. 황보정숙, 이서래: *한국식품과학회지*, 8 : 74(1976)
4. Dhaliwal, Y. S., Sekhon, K. S. and Nagi, H. P. S.: *Cereal Chem.*, 68 : 18(1991)
5. Moritaka, S. and Yasumatsu, K.: *Eiyo To Shokuryo*, 25 : 59(1972)
6. 김미라, 황인경: *한국조리과학회지*, 3(2) : 50(1987)
7. Okabe, M.: *J. Texture Studies*, 10 : 131(1979)
8. Becker, H. A.: *Cereal Chem.*, 37 : 309(1960)
9. 최홍식, 김성근, 변유량, 권태완: *한국식품과학회지*, 10 : 52(1978)
10. Suzuki, K., Kubota, K., Omichi, M. and Hasaka, H.: *J. Food Sci.*, 41 : 1180(1976)
11. Juliano, B. O.: In: 'Rice Chemistry and Technology', 2nd ed., Houston, D. F. (ed), Am. Assoc. Cereal Chem., St. Paul, MN., p. 443(1985)
12. 조은경, 변유량, 김성근, 유주현: *한국식품과학회지*, 12 : 285(1980)
13. Bhattacharya, K. R., Sowbhagya, C. M. and Indudhara Swamy, Y. M.: *J. Food Sci.*, 37 : 733(1972)
14. 이순옥, 김성근, 이상규: *한국농화학회지*, 16 : 1(1983)
15. 박선희, 조은자, 김성근: *한국영양식량학회지*, 16 : 69(1987)
16. 장명숙, 김성근, 김복남: *한국식품과학회지*, 21 : 313(1989)
17. 김종근, 김우정, 김성근: *한국식품과학회지*, 21 : 289(1989)
18. 김종근, 김우정, 김성근: *한국식품과학회지*, 20 : 256(1988)
19. Pelschenke, P. F. and Hampel, E.: *Milling*, 149(11) : 192(1967)
20. Kunze, O. R. and Choudhury, M. S. U.: *Cereal Chem.*, 49 : 684(1972)
21. Shibuya, N., Iwasaki, T., Yanase, H. and Chikubu, S.: *J. Jpn. Soc. Food Sci. Technol.*, 21 : 597(1974)
22. Moritaka, S., Sawada, K. and Yasumatsu, K.: *Eiyo To Shokuryo*, 24 : 4157(1971)
23. Desikachar, H. S. R. and Subrahmanyam, V.: *Cereal Chem.*, 36 : 385(1959)
24. Pushpamma, P. and Reddy, M. U.: *Bull Grain Technol.*, 17 : 97(1979)
25. 송보현, 김동연, 김성근: *한국농화학회지*, 32 : 211(1988)
26. Yasumatsu, K., Moritaka, S. and Kakinuma, T.: *Agric. Biol. Chem.*, 28 : 265(1964)
27. Shoji, I. and Kurasawa, H.: *J. Home Economics (Japan)*, 32 : 350(1981)

**Effects of storage temperatures on the physicochemical properties of milled rice**

Sung-Kon Kim and Eun-Ja Cho\* (Department of Food Science and Nutrition, Dankook University, Seoul 140-714, Korea, \*Department of Foods and Nutrition, Sungshin Womens University, Seoul 136-742, Korea)

**Abstract :** The changes in water uptake rate, cooking property, color of rice grain, gelatinization property of milled rice during storage were studied. The water uptake rate constant of milled rice during storage at 4~30°C for 3 months decreased, which was more pronounced at elevated storage temperatures. The activation energy of water uptake was different below and above 25°C of storage temperature. The activation energy after storage for 3 months below and above 25°C was 608 and 1269 cal/mole, respectively. The rice grain became harder and the cooking time was prolonged by 3~8 minutes upon storage. The cooking rate constant was linearly decreased as a function of storage time. The activation energy of cooking after 1 month of storage was 235 cal/mole, which was increased by 1.7 times after storage of 1.5 months and thereafter by 1.2 times with the increase of 0.5 month. There were no significant changes in color of milled rice grains during storage at 4°C, but the increase of b value was observed at higher temperatures. The initial pasting temperature of rice flour remained essentially unchanged during storage, but the peak viscosity consistently increased with the increase of storage time and temperature. The gelatinization temperature of rice flour by differential scanning calorimetry was not changed but enthalpy of gelatinization was decreased during storage.