

현미와 백미의 저장중 이화학적 성질의 변화

조은자·김성곤*

성신여자대학교 식품영양학과, *단국대학교 식품영양학과

초록: 현미와 백미의 조리특성, 색도와 호화특성의 변화를 비교조사하였다. 현미와 백미를 4°와 25°C에 각각 5개월과 3개월간 저장했을 때, 침지온도 30°C에서의 수분흡수속도 상수 값은 백미가 현미보다 약 2.5배 높았고, 저장시간에 따라 직선적으로 감소하였으며 그 정도는 현미보다 백미가 컸다. 부피증가속도 상수 값도 수분흡수 속도 상수값과 같은 경향을 보였다. 백미의 취반속도는 현미보다 1.8배 빨랐으며, 취반속도상수 값은 저장중 직선적으로 감소하였다. 취반 완료점은 현미가 백미보다 2배 늦었고, 저장 완료후 취반시간은 현미는 8분, 백미는 7분 정도 늦어졌다. 현미립의 색도는 저장에 따라 L값(명도)이 증가하였으나, 백미립은 변화가 없었다. 아밀로그라피에 의한 현미와 백미가루의 초기 호화온도는 변화가 없었으나, 호화점도는 저장에 따라 증가하였으며 4°C의 경우에는 큰 변화가 없었다. 저장중 쌀가루의 시차 주사 열량 측정기에 의한 호화온도는 차이가 없었으나, 호화 엔탈피는 감소하는 경향이었고 현미와 백미의 차이는 크지 않았다(1989년 11월 17일 접수, 1990년 2월 22일 수리).

쌀을 저장하면 노화(aging)되는데 쌀의 노화는 쌀의 물리적 특성과 화학적 특성의 변화를 포함하는 자연적인 현상¹⁾으로서, 이에 따라 취반, 가공, 식미, 영양가, 상업적 가치 등의 품질이 변하게 된다. 쌀의 저장중 변화에 대하여는 많은 연구²⁾가 있으나, 정확한 기작은 아직 확립되지 못하고 있다. Moritaka와 Yasumatsu³⁾는 지방질, 단백질과 전분을 중심으로 한 쌀의 노화 기작을 제안하였다. 즉, 쌀의 저장중 지방질로부터 생성된 지방산은 아밀로오스와 복합체를 형성할 수 있으며, 단백질의 산화는 전분의 미셀결합의 강도의 증가와 함께 전분 입자의 팽윤을 억제하며 이에 따라 밥의 텍스처에 영향을 주게 된다. 쌀의 저장중 카보닐화합물의 축적은 밥의 변패취(stale flavor)의 원인이 되며, 변패취의 주된 성분은 hexanal로 알려져 있다⁴⁻⁶⁾.

일반적인 저장 조건에서는 백미의 색깔은 크게 변하지 않는다고 알려져 있다⁷⁻⁹⁾. 그러나 현미의 저장중 색도변화는 외부층으로부터 중심부로 진행되는 것으로 알려져 있다^{10, 11)}.

쌀의 저장중 쌀가루의 아밀로그라프의 호화온도는 크게 변하지 않으나^{1, 2, 12, 13)}, 호화점도는 저장중 증가하는데 이러한 현상은 벼, 현미와 백미에 관계없이 또한 멥쌀과 찰쌀에 관계없이 나타나는 공통된 현상으로 알려져 있다^{4, 12-17)}.

쌀의 저장중 수분흡수 정도는 감소되어 묵은쌀은 햅쌀보다 낮은 흡수량을 보인다¹⁸⁾. Kondo와 Okamura¹⁹⁾는 쌀을 25-28°C에서 48시간 침지후 수분흡수 정도와 쌀알

의 팽윤력은 저장 1-2년 사이에 감소하였다고 하였다. Shin¹⁰⁾은 현미를 5°C와 35°C에서 1년간 저장했을 때, 25°C에서의 수분흡수속도는 저장조건에 따라 큰 차이를 보이지 않았다고 하였다. 그러나 Induhara Swamy¹⁷⁾는 쌀을 저온(1~30°C), 실온과 고온(37~40°C)에서 3.5년간 저장했을 때, 침지온도 80°C 또는 96°C에서의 수분흡수는 저장 1년동안에는 증가하였으나, 그 후에는 지속적으로 감소하였으며, 그 경향은 저장온도가 높을수록, 벼보다는 백미가 더욱 뚜렷하였다고 보고하였다. Bolling^{20, 21)}도 백미의 침지중 팽윤 정도는 저장에 따라 감소한다고 하였다. Hogan²²⁾도 묵은쌀은 햅쌀보다 70°C에서의 수분흡수가 낮았다고 하였다.

쌀은 저장형태(벼, 현미 또는 백미)에 관계없이 저장에 따라 취반중 수분흡수와 부피팽창 정도가 증가되며^{4, 9, 12, 14, 17, 23, 24)} 이러한 변화는 저장온도가 높을수록 더욱 현저하다고 알려져 있다¹⁾. Pushpamma와 Reddy²⁵⁾는 백미의 최적 조리시간은 6개월 저장후에 햅쌀보다 4~6분이 길어졌다고 하였다. 쌀의 저장중 쌀알의 인장강도²⁶⁾ 또는 파쇄경도¹⁹⁾는 증가되므로 묵은쌀로 취반한 밥은 햅쌀밥보다 단단하며 끈기가 감소된다^{4, 11, 27-29)}.

Okabe²⁹⁾는 일본쌀의 경우 수확후 2~3개월까지는 식미가 유지되나, 저장 6개월부터는 경도가 크게 증가하여 식미가 감소된다고 하였다. 찰쌀의 경우에도 저장 6개월까지는 관능적인 밥의 텍스처는 크게 변하지 않는 것으로 보고^{12, 30)}되어 있다. 김과 황³¹⁾은 백미를 5°와 30°C에서 70일간 저장했을 때 5°C에 저장한 경우 저장 70일까지

관능적인 품질의 차이를 보이지 않았으나, 30°C에서는 30 일후에 유의적인 차이를 보였다고 보고하였다. Sharp와 Timme³⁰⁾는 포장재를 달리한 저장시험에서 폴리에틸렌에 밀봉하여 3°C에 저장하는 것이 관능적으로 가장 좋은 결과를 보였다고 하였다.

우리나라에서는 쌀 도정후의 소비 기간은 1~2개월 정도로 판단된다. 또한 Juliano²⁹⁾는 조리특성, 식미등을 고려한 품질이 좋은 쌀의 선발을 위한 육성목적으로의 저장시험은 3~4개월의 단기간 저장이 바람직하다고 하였다. 최근 현미도 취반에 널리 이용되고 있으므로 본 연구에서는 현미와 백미의 저장중 조리특성의 변화를 분석하고자 하였으며, 쌀의 색도변화와 쌀가루의 호화 성질도 아울러 조사하였다.

재료 및 방법

재 료

충청남도 아산군 염터면 곡교리에서 생산된 일반계인 추청벼(현미, 백미)를 수확직후 구입하여 사용하였다. 시료는 생산지에서 도정하고 실온에서 1개월간 수분 평형시켜서 청미와 쌀래기를 골라낸 후 마른 수건으로 깨끗이 닦아 실험에 사용하였다.

저장조건

시료 약 200g 씩을 retort pouch에 담고 밀봉한 후 현미와 백미는 4와 25°C에서 각각 5개월과 3개월간 저장하면서 현미는 1개월, 백미는 0.5개월간격으로 실험에 사용하였다.

수분흡수 속도의 분석

쌀 1g을 30°C로 조절한 물에 현미는 250분간, 백미는 100분간 침지시키면서 일정 시간별로 꺼내어 여과지 위에 골리어 표면수를 제거하고 무게 증가량으로부터 1g 당 수분 증가량(건량기준)을 계산하였다. 이와같은 과정을 3회이상 반복하여 평균값을 취하였다.

수분흡수 속도는 Becker³¹⁾의 개략적인 확산 방정식에 의하여 다음과 같이 계산하였다.

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

여기에서 \bar{m} 는 일정시간 침지후의 수분함량(gH₂O/g dry matter), m_0 는 쌀의 초기 수분함량(gH₂O/g dry matter), t 는 침지시간(min), k 는 수분흡수속도상수(min^{-1/2})이다.

침지중 쌀알의 부피 변화는 25ml 눈금 실린더에 쌀알을 넣고 25ml 뷰렛으로 표시까지 증류수를 가한 후 남

은 물의 양을 측정하여 계산하였다. 이와같은 과정을 3회이상 반복하고 평균값을 취하였다.

침지중 쌀알의 부피증가 속도는 다음 식³⁰⁾으로부터 계산하였다.

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

여기에서 V 는 일정시간 침지후의 쌀알의 부피(ml), V_0 는 쌀알의 초기 부피(ml), k_v 는 쌀알의 부피증가 속도상수(min^{-1/2}), t 는 침지 시간(min)이다.

취반 속도의 측정

늦의 취반 용기(안지름 12mm, 높이 28mm)에 시료 1g을 넣고 현미는 1.6ml³²⁾, 백미는 1.4ml³²⁾의 증류수를 가하여 실온에서 5분간 방치한 후 100°C의 기름탕(oil bath)에서 현미는 60분간, 백미는 30분간 취반하였다.

취반중 밥알의 경도는 리오메타(일본 I&T 회사제품)로 측정하였다. 일정시간 취반 후 용기는 얼음물로 1분간 냉각시키고, 중간 부분의 것 20개씩을 취하여 단단함을 측정하였다. 이 과정을 다시 반복하여 총 밥알 40개의 평균값으로 나타내었다. 사용기기 조건은 측정부하는 8kg, 테이블 속도는 초당 15mm, 기록지 속도는 분당 120mm, clearance는 0.7mm였다.

취반 시간에 따른 호화도(α)는 다음 식^{6, 37)}으로부터 계산하였다.

$$\alpha = \frac{H_t - H_0}{H_L - H_0} \quad (3)$$

여기에서 H_0 는 취반전 쌀알의 경도, H_t 는 취반후의 밥알의 경도, H_L 는 완전히 취반된 후의 경도이다. 취반전의 쌀알의 경도는 쌀을 실온에서 5분간 침지후의 경도로 나타내었다.

취반 속도는 취반되지 않은 부분(1- α)과 취반 시간과의 관계로부터 구하였다^{6, 37)}.

$$\ln(1 - \alpha) = -k_c \cdot t \quad (4)$$

여기에서 k_c 는 취반속도상수(min⁻¹), t 는 취반시간(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. 실험은 5회 반복하고 평균값으로 나타내었다.

아밀로그래프

쌀가루(60 mesh)의 호화 양상은 Visco/amylo/Graph를

사용하여 행하였다. 쌀가루 용액 400ml(10% d.b.)를 1분간 교반한 후 amylograph bowl에 넣고 25℃로부터 95℃까지 1.5℃/min의 속도로 가열하였다. 호화개시 온도는 점도가 10 Brabender Units(B.U.)에 도달하는 온도로 나타내었다. 실험은 최소한 2회 이상 반복하였다.

시차주사열량기

쌀가루(100 mesh) 4 mg을 aluminum sample pan에 취하고 여기에 시료의 2배량의 증류수를 가하고 45분간 방치한 다음 시차 주사 열량 측정기(Perkin-Elmer, DSC-4, U.S.A.)를 이용하여 10℃/min의 속도로 25℃로부터 100℃까지 가열하여 흡열 peak를 얻었다. 실험은 최소한 2회 이상 반복하고, 반복결과가 0.5℃ 이내의 것을 취하였다.

결과 및 고찰

수분흡수 속도

현미와 백미의 침지 시간에 따른 수분흡수 정도는 저

Table 1. Equilibrium moisture content(EMC) and time to reach the EMC for brown and milled rices stored at 4° and 25°C

	Storage time (month)	4 °C		25 °C	
		EMC (%)	Time (min)	EMC (%)	Time (min)
Brown rice	0	28	210		
	1	28	210	28	210
	2	28	210	28	215
	3	28	215	28	215
	4	28	215	28	220
Milled rice	0	27	35		
	1	27	35	27	35
	1.5	27	35	27	40
	2	27	40	27	40
	2.5	27	40	27	45
	3	27	45	27	50

장 기간이 갈수록 감소하였으며, 그 감소정도는 25℃저

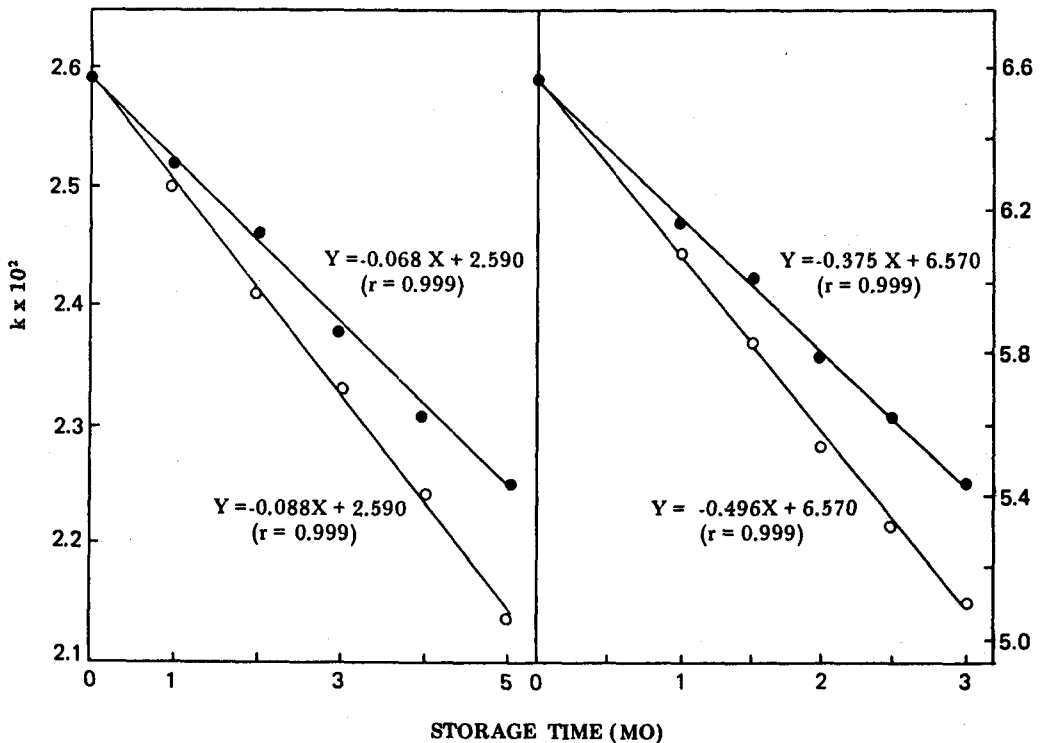


Fig. 1. Relationship between the storage time and water uptake rate constant for brown(left) and milled (right) rices during storage at 4°C(●) and 25°C(○)

장에서 높았다. 현미보다 백미의 흡수는 저장기간에 관계없이 더 높았다. 일반적으로 저장한 쌀의 흡수율은 햅쌀보다 낮으며^{10, 17-22}, 현미는 거층의 구조 때문에 백미보다 수분흡수가 낮게 된다. Inoue와 Suzuki¹¹)는 1~2년 저장한 현미는 15°C에서 30분 침지한 저장하지 않은 현미의 흡수율과 비슷하였으며 고미화가 진행됨에 따라 최대흡수율은 저하되었다고 보고하였다.

현미와 백미의 침지중 평형 수분에 도달한 시간과 평형수분 함량은 Table 1과 같다. 현미와 백미의 평형수분 함량은 각각 28%와 27%로서 저장기간과 저장온도에 영향을 받지 않았으나, 평형수분 함량에 도달하는 시간은 저장기간이 길어짐에 따라 증가하여 현미의 경우 5개월 저장후 4°C에서는 5분, 25°C에서는 10분이 늦어졌고, 백미의 경우에는 3개월 저장후 각각 10분과 15분이 늦어졌다. 조등³⁰)은 아끼바레와 밀양23호의 백미를 10~40°C에서 1시간 침지했을 때 최대 수분함량은 30%이하 이었다고 하였다. Bhattacharaya 등³⁰)은 백미를 물에 침지

했을 때 평형수분 함량은 인도형이 28~29%, 일본형이 30~31% 정도라고 하였으며, 이등⁴⁰)도 침지 온도를 달리 한 보고에서 백미의 평형수분 함량은 쌀의 품종에 관계없이 30% 내외라고 하였다. 김등⁴¹)은 아끼바레와 밀양 23호 현미의 20°C에서의 최대수분 함량은 각각 0.28 g/g과 0.34 g/g이었다고 하였다. 한편 신¹⁰)은 침지온도 25°C와 50°C에서의 현미의 평형수분 함량은 약 40%라고 하였다.

현미와 백미의 무게 증가량과 침지 시간의 평방근과의 관계, 즉 식(1)의 기울기로부터 구한 저장전 현미의 수분흡수 속도 상수는 0.0259 min^{-1/2}, 백미는 0.0657 min^{-1/2}로서 백미가 현미보다 약 2.5배 높은 값을 보였다(Fig. 1). 이 결과는 송등⁴²)의 일반계 3품종과 다수계 3품종의 현미와 백미의 수분 흡수에 대한 결과와 비슷하였다. 현미와 백미의 저장시간에 따른 수분흡수속도 상수값은 직선적으로 감소하였다(Fig. 1). 현미의 수분흡수 속도상수는 저장 5개월 후 4°C에서는 0.022 min^{-1/2}, 25°C에서는 0.021

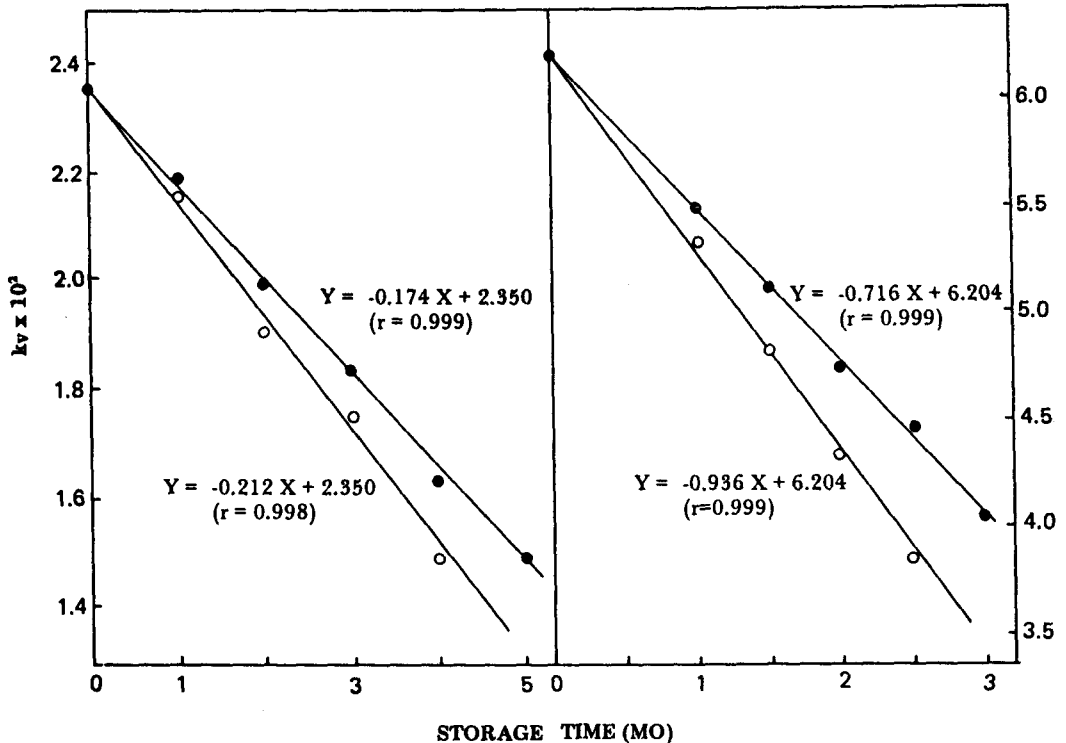


Fig. 2 Relationship between the storage time and volume increase rate constant for brown(left) and milled(right) rices during storage at 4°C(●) and 25°C(○)

min^{-1/2}이었고, 백미의 경우에는 저장 3개월 후 각각 0.054와 0.051 min^{-1/2}으로서 백미의 감소 정도가 높았다. 현미와 백미 모두 기율기는 25°C에서가 4°C에서보다 1.3배 정도 높은 값이었고, 백미의 기율기는 온도에 관계없이 현미보다 5.5배 높은 값을 보였다. 따라서 Fig. 1의 결과는 현미보다는 백미가, 4°C 저장보다는 25°C 저장의 경우가 저장 시간이 길어짐에 따라 수분흡수 속도 감소가 더 커짐을 가르킨다. 그러나 신¹⁰⁾은 침지온도 20°C에서의 현미의 수분흡수 속도는 저장중 큰 변화가 없었다고 하였다.

부피증가속도

현미와 백미의 침지중 부피증가량은 현미와 백미 모두 저장 기간이 길어질수록 감소하였고, 그 정도는 25°C 저장에서 더욱 컸다. 침지중 부피가 평형에 도달하는 시간과 평형 부피는 Table 2와 같다. 현미의 평형 부피는 25%, 백미의 평형 부피는 33%이었으며, 저장기간과 저장온도에서는 영향을 받지 않았다. 그러나 평형 부피에 도달하는 시간은 저장 기간에 따라 증가하여 현미는 저장 5개월후 4°C에서는 10분, 25°C에서는 15분이 늦어졌고, 백미는 저장 3개월후 4°C에서는 15분, 25°C에서는 20분이 늦어졌다. 이러한 결과는 쌀의 평형수분함량에 도달하는 시간(Table 1)보다 5분정도 늦은 것이었다.

현미와 백미의 침지중 부피 증가율과 침지 시간의 평방근과의 관계(식 2)로부터 구한 저장전 현미와 백미의 부피증가 속도상수는 각각 0.023 min^{-1/2}와 0.062 min^{-1/2}으로서 백미의 경우가 현미보다 약 2.7배 높은 값이었다 (Fig. 2). 부피증가 속도상수값은 저장기간에 따라 직선

적으로 감소하였다(Fig. 2). 현미의 부피증가 속도상수는 저장 5개월 후 4°C에서 0.014 min^{-1/2}, 25°C에서 0.01 min^{-1/2}이었고, 백미는 저장 3개월 후 각각 0.040와 0.034 min^{-1/2}으로서 수분흡수 속도상수의 감소율보다 높은 경향을 보였다. 백미의 기율기는 4°C에서 현미의 약 4.1배, 25°C에서 4.4배 정도로 컸다. 또한 25°C에서의 기율기는 4°C에 비하여 백미는 1.3배, 현미는 1.2배 큰 값을 보였다. 따라서 침지중 부피증가 속도 상수값의 감소는 4°C저장보다 25°C저장이, 현미보다 백미가 저장 시간이 길어짐에 따라 더 커짐을 알 수 있다. 이러한 결과는 수분흡수 속도 상수의 변화(Fig. 1)와 비슷한 경향이었다. 그러나 Fig. 2의 기율기는 저장중 수분흡수 속도상수의 감소의 기율기(Fig. 1)보다 현미는 2.3-2.4배, 백미는 1.9배 높은 값이었다.

현미와 백미의 수분흡수 속도상수와 부피증가 속도상수와의 관계는 저장온도에 관계없이 직선적인 관계를 보였다(Fig. 3). 그러나 Pelschenke와 Hampel⁹⁾은 수분 결합력과 부피의 증가는 평행하다고 하였으며 그 변화는 저장온도가 높을수록 크며 수분 함량과는 뚜렷한 관계가 없다고 하였다. 현미와 백미 모두 일정한 수분흡수 속도상수 값에서의 부피증가 속도상수 값은 전자보다 낮았다(Fig. 3). 이러한 결과는 저장중 평형부피에 도달하는 시간(Table 2)이 평형수분함량에 도달하는 시간(Table 1)보다 늦어지는 것과 함께, 저장된 쌀은 침지중 수분 증가보다 부피증가가 더욱 억제된다는 것을 가르킨다.

취반 속도

현미와 백미를 실온에서 5분간 침지했을 때의 정도

Table 2. Equilibrium volume(EV) and time to reach the EV for brown and milled rices stored at 4° and 25°C

	Storage time (month)	4 °C		25 °C	
		EMC (%)	Time (min)	EMC (%)	Time (min)
Brown rice	0	25	150		
	1	25	150	25	155
	2	25	155	25	155
	3	25	155	25	160
	4	25	160	25	160
	5	25	160	25	165
Milled rice	0	33	35		
	1	33	35	33	40
	1.5	33	40	33	45
	2	33	40	33	50
	2.5	33	45	33	55
	3	33	50	33	55

Table 3. Changes in initial hardness of brown and milled rices during storage at 4° and 25°C

	Storage time (month)	Hardness(kg)	
		4 °C	25 °C
Brown rice	0	6.63	
	1	6.64	6.66
	2	6.66	6.70
	3	6.69	6.75
	4	6.72	6.79
	5	6.74	6.85
Milled rice	0	6.13	
	1	6.14	6.17
	1.5	6.16	6.21
	2	6.18	6.26
	2.5	6.21	6.32
	3	6.24	6.40

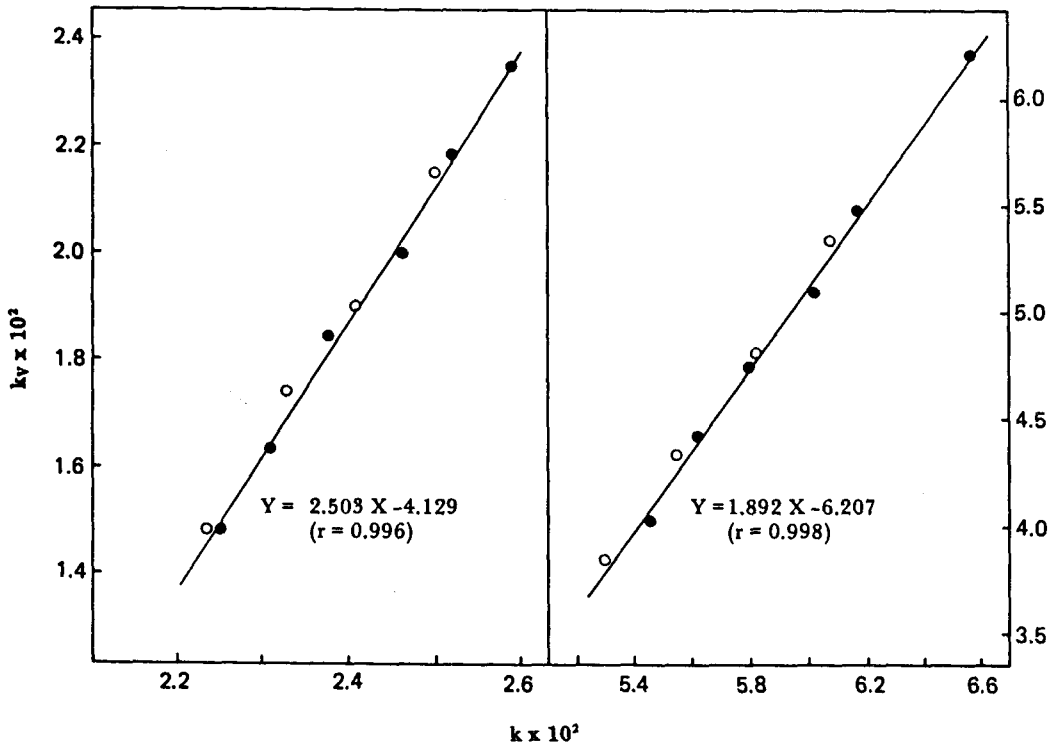


Fig. 3. Relationship between water uptake rate(k) and volume increase rate(kv) constants of brown(left) and milled(right) rices during storage at 4°(●) and 25°C(○)

변화는 Table 3과 같다. 현미와 백미의 경도는 저장 기간이 길어짐에 따라 증가하였다. 쌀알의 인장 강도²⁰⁾ 또는 파쇄경도¹⁹⁾는 저장중 증가되는 것으로 알려져 있다. 송등⁴²⁾은 증류수에 30분간 침지후의 현미의 견고성은 일반계 현미가 다수계 현미보다 높은 경향을 보였으며, 현미와 백미의 견고성은 뚜렷한 관계를 보이지 않는다고 하였다.

취반 시간에 따른 경도의 역수(연화도)의 변화는 Fig. 4와 같다. 경도의 역수와 취반 시간은 직선적인 관계를 보였으며 저장 온도가 높아질수록 일정한 취반 시간에서의 경도는 증가하였다. 일반적으로 묵은쌀로 취반한 밥의 경도는 햅쌀밥보다 크다고 알려져 있다.^{11, 27~29)} Desikachar와 Subrahmanyam²⁰⁾은 햅쌀과 묵은쌀로 같은 조건에서 가열했을 때 전자의 세포벽은 많이 파괴되었으나 후자의 세포구조는 변화가 없었다고 하였다.

일정 취반 시간후에는 현미와 백미 모두 일정한 경도를 보였으며 이 점을 취반 완료점으로 가정하였다^{36, 37)}.

취반 완료점은 저장전 현미가 45분, 백미가 23분으로, 백미가 현미보다 약 2배정도 빨랐다(Table 4). 현미의 경우 저장 5개월후의 취반 완료점은 4°C와 25°C저장에서 4분과 8분이 늦어졌으며, 백미는 저장 3개월후에 각각 3분과 7분이 늦어졌다. Pushpamma와 Reddy²⁵⁾는 백미의 최적조리 시간은 수확시보다 6개월 저장후에 4~6분이 더 길어졌다고 하였다.

식 (4)로부터 취반 시간에 따른 미취반된 부분과 취반 시간과의 관계로 부터 구한 취반속도 상수는 현미가 0.049 min⁻¹, 백미가 0.085 min⁻¹으로 백미가 현미에 비해 약 1.8배 큰 값이었다. 이 결과는 송등⁴²⁾이 110°C에서의 백미의 취반 속도는 현미보다 1.8~1.9배 빠르다고 한 보고와 잘 일치하는 것이었다. 김등³⁶⁾은 추청벼와 밀양23호 현미의 110°C에서의 취반속도상수는 침지하지 않은 경우는 0.045 및 0.050 min⁻¹이었고 20시간 침지시킨 경우는 각각 0.047 및 0.052 min⁻¹이었다고 보고하였다.

현미와 백미의 취반속도 상수는 저장기간에 따라 적

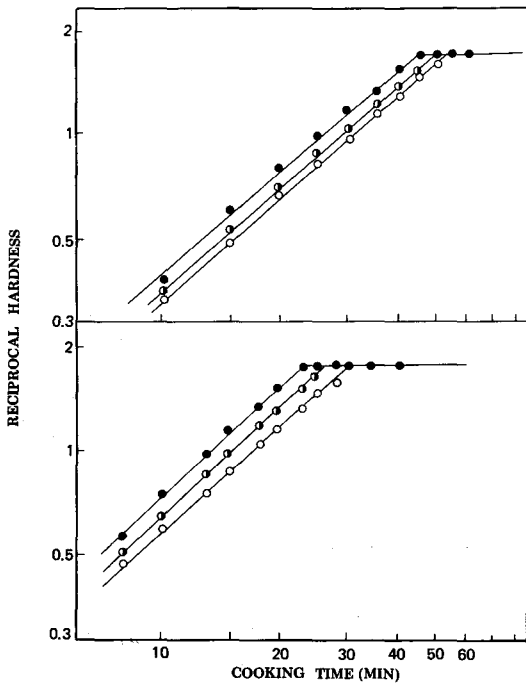


Fig. 4. Relationship between the reciprocal hardness of cooked brown(top) and milled(bottom) rice grains stored for 5 and 3 months, respectively.

●—●, Control ; ○—○, 4 °C ; ○—○, 25 °C

Table 4. Changes in terminal points of cooking for brown and milled rices during storage at 4° and 25 °C

	Storage time (month)	Terminal point of cooking(min)	
		4 °C	25 °C
Brown rice	0	45	
	1	45	46
	2	46	47
	3	47	49
	4	48	51
Milled rice	0	23	
	1	24	25
	1.5	24	26
	2	24	27
	2.5	25	29
	3	26	30

선적으로 감소하였다(Fig. 5). 취반 속도상수는 현미의 경우 저장 5개월 후 4 °C에서는 0.042 min⁻¹, 25 °C에서는 0.040 min⁻¹이었고, 백미는 저장 3개월 후 4 °C에서는 0.076 min⁻¹, 25 °C에서는 0.072 min⁻¹으로서, 저장중 감소율은 현미와 백미간에 큰 차이를 보이지 않는다. 저장온도 4 °C

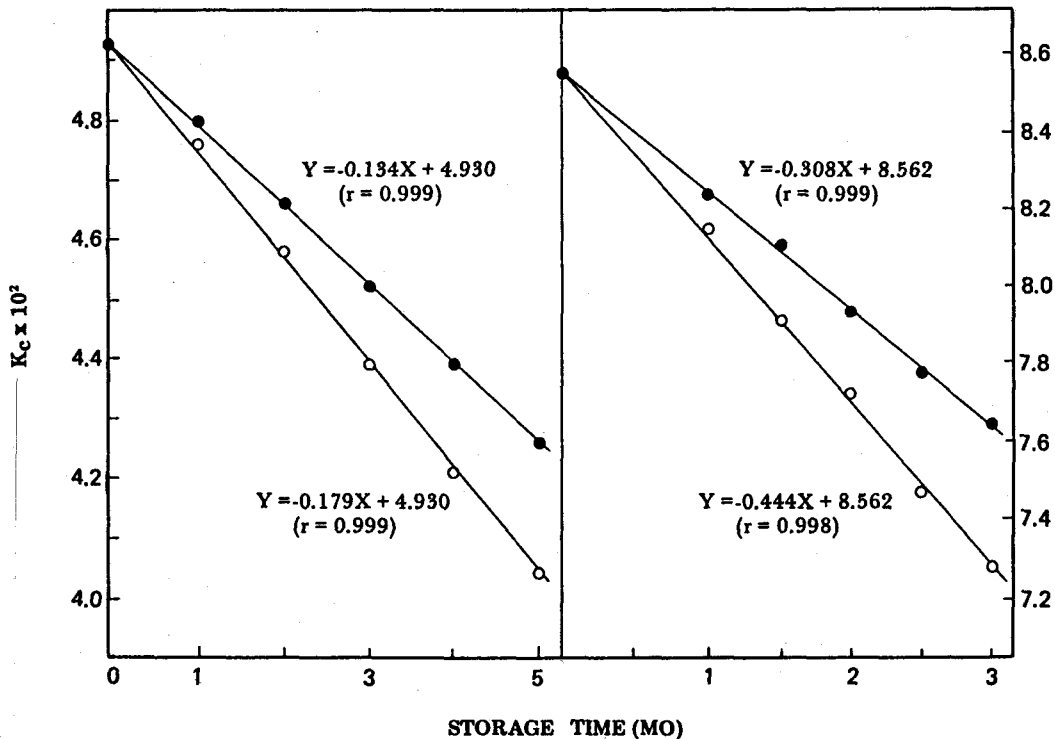


Fig. 5. Relationship between the storage time and cooking rate constant for brown(left) and milled(right) rices storage at 4°(●) and 25°C(○)

와 25°C에서의 기율기는 백미가 현미보다 약 23배정도 높은 값이었다. 현미의 경우 25°C에서의 기율기는 4°C에 비하여 1.3배 큰 값이었고, 백미의 경우에는 1.4배이었다.

색 도

현미와 백미의 저장에 따른 색도의 변화는 Table 5와 같다. 현미의 경우 L값은 저장에 따라 증가하였으나, 백미의 경우 L값은 변화가 없었다. 현미와 백미 모두 a와 b값은 큰 변화를 보이지 않았다. 백미를 기밀저장하는 경우 L값은 감소하며 a와 b값은 증가되는데, 이러한 경향은 고온(25°C이상)과 고수분(14%이상)에서 더욱 뚜렷하다고 알려져 있다³⁾. Pelshenke와 Hampel⁹⁾은 백미를 공기, 질소, 산소와 탄산가스하에서 1년간 저장했을 때 20°C 이하에서는 색도의 변화가 없었으나, 35°C에서는 모두 노란색이 크게 증가하였다고 보고하였다. 신¹⁰⁾은 5°C에 저장한 현미보다 35°C에 저장한 현미를 도정하고 취반한 백미의 whiteness 값은 35°C 저장에서 낮았다고 하였다. Inoue와 Suzuki¹¹⁾도 실온에서 2년간 저장한 현미를 도정수율 92%로 도정했을 때 백미의 색도는 저장에 따라 L값은 감소하고 b값은 증가하며 이러한 변화는 도정도가 낮은 시료에서 더욱 컸다고 보고하였다. 이러한 결과는 쌀의 저장에 의한 갈변은 a값과 b값 특히 b값이 크게 관여하며 쌀알의 외부에서 점차 내부로 진행됨을 가리킨다.

쌀가루의 호화점도

저장전 현미와 백미의 호화개시 온도는 각각 66°C와 64.5°C였으며, 최고 점도는 490 B.U.와 710 B.U.이었다. 호화개시 온도는 저장에 따라 변화를 볼 수 없었으나, 현

Table 5. Color changes of brown and milled rice grains during storage at 4° and 25 °C

	Storage time (month)	4 °C			25 °C		
		L	a	b	L	a	b
Brown rice	0	51.4	5.8	15.8			
	1	51.4	5.7	15.8	52.7	5.7	16.0
	2	51.5	5.6	15.9	53.3	5.6	16.3
	3	51.6	5.5	16.0	54.0	5.6	16.4
	4	52.0	5.4	16.1	54.4	5.5	16.6
	5	52.5	5.4	16.3	55.0	5.5	16.7
Milled rice	0	63.4	0.9	11.3			
	1	63.4	0.9	11.4	63.6	0.9	11.4
	1.5	63.5	0.8	11.4	63.6	0.8	11.5
	2	63.6	0.7	11.5	63.7	0.7	11.6
	2.5	63.6	0.9	11.5	63.8	0.9	11.6
	3	63.6	0.9	11.7	63.9	0.9	11.7

Table 6. Changes in amylograph peak viscosity of brown and milled rice flours(10%, d.b.) during storage at 4° and 25 °C

Storage time (month)	Brown rice		Storage time (month)	Milled rice	
	4 °C	25 °C		4 °C	25 °C
0	490		0	710	
1	490	490	1	710	740
2	490	520	1.5	720	750
3	490	540	2	730	780
4	500	560	2.5	740	820
5	500	580	3	760	840

미와 백미의 최고 점도는 저장 기간에 따라 증가하였다 (Table 6). 현미의 경우 4°C에서의 최고 점도는 변화가 없었다. 저장중 호화점도의 증가현상은 쌀의 형태에 관계없이 나타나는 현상으로 알려져 있다^{4, 12-17)}. 그러나 Indudhara Swamy등¹⁷⁾은 벼와 백미를 3년간 저장했을 때, 처음 6개월까지는 최고 점도가 증가하였으나 그 후에는 계속 감소하였다고 하였다. 신등¹³⁾도 35°C에 저장한 현미의 경우에도 최고 점도는 저장중 증가하였다고 하였다. 쌀의 저장중 최고 점도가 증가되는 것은 α-아밀라아제의 감소¹³⁾에 기인되는 것으로 알려져 있다. 그러나 Shoji와 Kurasawa¹⁶⁾는 쌀의 저장중 단백질과 지방질의 변화에 의하여 전분의 팽윤에 대한 영향이 감소하여 최고 점도가 증가되나 장기저장의 경우에는 성분의 변화 이외에도 전분자체의 변화에 의하여 최고 점도가 감소된다고 보고하였다.

쌀가루의 DSC

현미와 백미가루의 DSC thermogram 특성 값의 변화

Table 7. Changes in gelatinization temperatures of brown and milled rice flours during storage at 4° and 25 °C

	Storage temperature	Storage time (month)	Temperature(°C)			ΔH (cal/g)	
			T ₀	T _p	T _c		
Brown rice	4 °C	0	61.2	67.3	73.2	1.60	
		1	61.4	67.8	73.6	1.58	
		3	61.5	67.6	73.5	1.55	
		5	61.9	67.8	73.6	1.43	
		25 °C	1	62.0	67.3	73.8	1.49
Milled rice	4 °C	0	60.0	65.8	72.8	2.05	
		1.5	60.1	65.7	72.8	1.83	
		3	60.1	66.3	72.8	1.87	
		25 °C	1.5	59.9	66.1	72.2	1.62
		3	59.9	66.4	73.5	1.64	

는 Table 7과 같다. 현미와 백미의 호화온도는 저장온도와 기간에 관계없이 일정한 값을 보였으나, 호화 엔탈피는 저장기간에 따라 감소하는 경향이었고 그 정도는 4°C에서보다 25°C에서, 현미보다 백미가 더욱 뚜렷하였다.

이상의 지표들을 기준으로 현미와 백미를 4°C에서 각각 5개월과 3개월 저장에 대응하는 25°C에서의 저장기간을 정리하여 보면 다음과 같다. 현미의 경우 수분흡수

특성(수분흡수속도, 부피증가속도, 평형수분함량)을 기준으로 할 때는 3~4개월, 취반특성(초기경도, 취반완료시간, 취반속도상수)를 기준으로 하면 3~4개월, 색도변화와 최고점도를 기준으로 할 때는 2개월이었다. 한편 백미의 경우에는 수분흡수특성을 기준으로 2~25개월, 취반특성을 기준으로 15~2개월, 색도변화를 기준으로 2개월, 최고점도로는 15개월이었다.

참 고 문 헌

1. Barber, S. : In "Rice : Chemistry and Technology", Houston, D. F.(ed), 1st Ed., p.215, Am. Assoc. Cereal Chem., St. Paul, MN(1972)
2. Juliano, B. O. : In "Rice : Chemistry and Technology", Houston, D. F.(ed), 2nd Ed., p.443, Am. Assoc. Cereal Chem., St. Paul, MN(1985)
3. Moritaka, S. and Yasumatsu, K. : Eiyō To Shokuryō, 25 : 59(1972)
4. Shibuya, N., Iwasaki, T., Yanase, H. and Chikubu, S. : J. Jpn. Soc. Food Sci. Technol., 21 : 597(1974)
5. Tsugita, T., Ohta, T. and Kato, H. : Agric. Biol. Chem., 47 : 543(1983)
6. Shin, M. G., Yoon, S. H., Rhee, J. S. and Kwon, T. W. : J. Food Sci., 51 : 460(1986)
7. Yasumatsu, K., Moritaka, S., Bichu, S., Ishii, K., Shimazono, H. and Fujita, E. : Eiyō To Shokuryō, 18 : 130(1965)
8. Moritaka, S., Sawada, K. and Yasumatsu, K. : Eiyō To Shokuryō, 25 : 16(1972)
9. Pelshenke, P. F. and Hampel, E. : Milling, 149 (11) : 192(1967)
10. 신명곤 : 한국과학기술원 박사학위논문(1986)
11. Inoue, T. and Suzuki, H. : Science of Cookery (Japan), 19 : 313(1986)
12. Villareal, R. M., Resurreccion, A. P., Suzuki, L. B. and Juliano, B. O. : Staerke, 28 : 88(1976)
13. Shin, M. G., Rhee, J. S. and Kwon, T. W. : Agric. Biol. Chem., 49 : 2505(1985)
14. Yasumatsu, K. and Moritaka, S. : Agric. Biol. Chem., 28 : 257(1964)
15. Yasumatsu, K., Moritaka, S., Ishii, K., Shimazono, H. and Fujita, E. : Eiyō To Shokuryō, 18 : 123(1965)
16. Shoji, I. and Kurasawa, H. : J. Home Economics (Japan), 32 : 350(1981)
17. Indudhara Swamy, Y. M., Sowbhagya, C. M. and Bhattacharya, K. R. : J. Sci. Food Agric., 29 : 627(1978)
18. Desikachar, H. S. R. : Cereal Chem., 33 : 324 (1956)
19. Kondo, M. and Okamura, T. : Ber. Ohara Inst. Agric. Biol. Okayama Univ., 7 : 483(1937)
20. Bolling, H., Hampel, G. and El Baya, A. W. : Riso, 26 : 65(1977)
21. Bolling, H., Hampel, G. and El Baya, A. W. : Food Chem., 3 : 17(1978)
22. Hogan, G. T. : Rice J., 66 : 38(1963)
23. Tani, T., Chikubu, S. and Iwasaki, T. : Eiyō To Shokuryō, 16 : 436(1963)
24. Desikachar, H. S. R. and Subrahmanyam, V. : Cereal Chem., 36 : 358(1959)
25. Pushpamma, P. and Reddy, M. U. : Bull. Grain Technol., 17 : 97(1979)
26. Kunze, O. R. and Choudhury, M. S. U. : Cereal Chem., 49 : 684(1972)
27. Moritaka, S., Sawada, K. and Yasumatsu, K. : Eiyō To Shokuryō, 24 : 457(1971)
28. Hwangbo, J. S. and Lee, S. R. : Korean J. Food Sci. Technol., 8 : 74(1976)
29. Okabe, M. : J. Texture Studies, 10 : 131(1979)
30. Juliano, B. O., Nazareno, M. B. and Ramos, N. B. : J. Agric. Food Chem., 17 : 1364(1969)
31. 김미라, 황인경 : 한국조리학회지, 3(2) : 50(1987)
32. Sharp, R. N. and Timme, L. K. : Cereal Chem., 63 : 247(1986)
33. Becker, H. A. : Cereal Chem, 37 : 309(1960)
34. 박선희, 조은자, 김성곤 : 한국영양식량학회지, 16 : 69(1987)
35. 김광중, 변유량, 최형택, 이상규, 김성곤 : 한국식품과학회지, 16 : 457(1984)
36. 최홍식, 김성곤, 변유량, 권태완 : 한국식품과학회지, 10 : 52(1987)
37. Suzuki, K., Kubota, K., Omichi, M. and Hasaka, H. : J. Food Sci., 41 : 1180(1976)
38. 조은경, 변유량, 유주현 : 한국식품과학회지, 12 : 285(1980)
39. Bhattacharya, K. R., Sowbhagya, C. M. and Indudhara Swamy, Y. M. : J. Food Sci., 37 : 733 (1972)
40. 이순옥, 김성곤, 이상규 : 한국농화학회지, 16 : 1 (1983)
41. 김광중, 변유량, 조은경, 이상규, 김성곤 : 한국식품과학회지, 16 : 297(1984)

42. 송보현, 김동연, 김성곤 : 한국농화학회지, 31 : 211(1988)

Changes in Physicochemical Properties of Brown and Milled Rices during Storage
Eun-Ja Cho and Sung-Kon Kim*(Department of Foods and Nutrition, Sungshin Womens University, Seoul, *Department of Food Science and Nutrition, Dankook University, Seoul)

Abstract : The changes in water uptake rate, cooking properties, color of rice grains and gelatinization properties of brown and milled rices during storage were studied. The brown and milled rices were stored at 4° and 25 °C for 5 and 3 months, respectively. The water uptake rate constants of rices during hydration at 30 °C were linearly decreased during storage. The volume increase rate also showed similar trend to the water uptake rate. The terminal point of cooking of milled rice at 100 °C in a sealed brass vessel was about a half of that of brown rice. The cooking rate of milled rice was 1.8 times faster than that of brown rice. The cooking rate constant of both brown and milled rices linearly decreased with the increase of storage time. The L(lightness) value increased for brown rice grain and remained unchanged for milled rice grain during storage. The peak viscosity of rice flours by amylograph increased during storage, but enthalpy for gelatinization decreased, as measured by differential scanning calorimetry.