

## 현미와 백미의 저장 중 초기흡습 속도의 비교

송보현·김동연\*·김성곤\*\*·강성구

순천대학 식품공학과, \*전남대학교 식품공학과, \*\*단국대학교 식품영양학과

### Comparison of Initial Adsorption Rate of Brown and Milled Rices During Storage at 25°C

Bo-Hyeon Song, Dong-Youn Kim\*, Sung-Kon Kim\*\* and Seong-Koo Kang

Department of Food Science and Technology, Suncheon National University, Suncheon, Korea

\* Department of Food Science and Technology, Chonnam National University, Kwangju, Korea

\*\* Department of Food Science and Nutrition, Dankook University, Seoul, Korea

#### Abstract

Initial adsorption rates of brown and milled rices at relative humidity of 57~86% were examined at 25°C. The adsorption equations at RH 75% for brown and milled rices were expressed as:  $\log(dw/dt \times 10^3) = -0.8108 \log t + 3.0347$  and  $\log(dw/dt \times 10^3) = 0.8451 \log t + 3.0087$ , respectively, where  $w$  is the moisture content(% db) and  $t$  is storage time (hr). The moisture content at RH 57~86% could be calculated from above equations using a conversion factor for each RH.

#### 서 론

우리나라 일반계와 다수계 현미의 품질특성에 대한 연구로서 저자들은 현미의 일반성분<sup>1)</sup>, 배아를 제거한 현미의 성분분포<sup>2-4)</sup>, 현미와 백미의 수분흡수 속도와 취반 속도의 비교<sup>5)</sup> 등에 대하여 보고하였다.

본 연구에서는 현미와 백미를 여러 상대습도에서 저장하면서 흡습 속도를 분석비교하고, 저장중 수분함량을 예측할 수 있는 흡습 속도식을 유도하여 현미와 백미의 저장성 연구의 기초자료를 제공하고자 하였다.

#### 재료 및 방법

##### 재 료

실험에 사용한 현미는 일반계로서 천마벼, 서남벼와 섬진벼를, 다수계로서 가야벼, 원풍벼와 이

리 362호이었고, 이들 시료의 특성은 전보<sup>1)</sup>에서 보고하였다.

백미는 현미를 Satake 실험도정기(Satake Engineering Co., Japan)를 사용하여 무게비로 도감율이 8%가 되도록 도정하여 얻었다.

##### 흡습특성의 측정

시료 5g을 정확히 취하여 유리용기(안지름 3.7cm, 높이 2.0cm)에 담고, 포화염용액으로 상대습도를 43~86%로 조절<sup>6)</sup>한 용기에 넣어 25°C에서 현미는 13일간, 백미는 7일간 저장하면서 흡습정도를 측정하였다.

시료는 일정시간별로 꺼내어 무게의 변화로부터 수분함량(건량기준)을 계산하였으며 결과는 3회 이상 반복 측정된 평균값으로 나타내었다. 현미와 백미의 저장시간과 각 상대습도에서 시료의 수분함량의 변화로부터 흡습속도를 계산하였다.

시료의 초기 수분함량은 현미의 경우 천마벼 9.46%, 서남벼 9.05%, 섬진벼 11.23%, 가야벼 9.96%, 원풍벼 10.27%, 이리 362호 9.53%이었

고, 백미의 경우에는 천마벼 11.43%, 서남벼 11.64%, 섬진벼 12.03%, 가야벼 12.94%, 원풍벼 12.22%, 이리 362호 11.96%이었다.

**결과 및 고찰**

시료를 25°C에서 여러 상대습도에 저장할 때 저장 초기의 흡습특성을 규명하기 위하여 현미의 경우는 13일간, 백미의 경우는 7일간 저장하면서 수분함량의 변화를 보면 섬진벼의 경우 Fig. 1과 같다. 현미 및 백미 모두 상대습도 43%에서는 탈습(desorption) 현상을 보였으며, 상대습도 57~86%에서는 흡습(adsorption) 현상을 보였다. 본 실험에서는 흡습현상에 대하여서만 분석하였다.

시료의 저장 중 흡습의 정도를 알아보기 위하여 섬진벼의 저장시간에 따른 흡습 속도와의 관계를 계산하고 각각 대수값을 취하여 나타낸 결과는 Fig. 2와 같다. 그림과 같이 흡습 속도는 상대습도에 상관없이 저장시간에 따라 일정하게 감소하였으며 다른 시료들도 섬진벼와 같은 결과를 보였다. 따라서 Fig. 2의 결과는 전과 서<sup>7)</sup>가 고춧가루의 흡습속도에서 보고한 다음의 식으로 표시될 수

있었다.

$$\log \frac{dw}{dt} = a \log t + \log b \dots \dots \dots (1)$$

여기에서  $w$ 는 수분함량(%), 건량기준),  $t$ 는 저장시간,  $a$ 는 기울기,  $b$ 는 절편으로서,  $a$ 와  $b$ 의 값은 저장상대습도에 따라 결정되는 상수이다.

시료를 여러 상대습도에서 저장할 때 식 (1)의 흡습속도식으로 계산한  $a$ 와  $b$  값은 Table 1과 같다. 상대습도가 증가할수록 기울기는 증가하였으며, 백미의 기울기가 현미보다 높았다. 현미 및 백미의 흡습속도에 대한 기울기의 평균값을 보면 백미에 대한 기울기의 평균값은 각 상대습도에 관계없이 현미에 비하여 1.04배 정도 일정하게 높은 경향을 보였다.

Table 1의  $a$ 와  $b$  값을 식 (1)에 대입한 각 저장상대습도별 및 저장시간에 따른 수분함량을 계산한 결과 모든 상대습도에서 계산값과 실측값과는 매우 근사한 값을 보였으며 높은 상관관계를 보였다. 따라서 임의의 상대습도에서의 수분함량은 식 (1)을 이용하여 예측할 수 있음을 알 수 있다.

현미 및 백미를 여러 상대습도에서 저장할 때

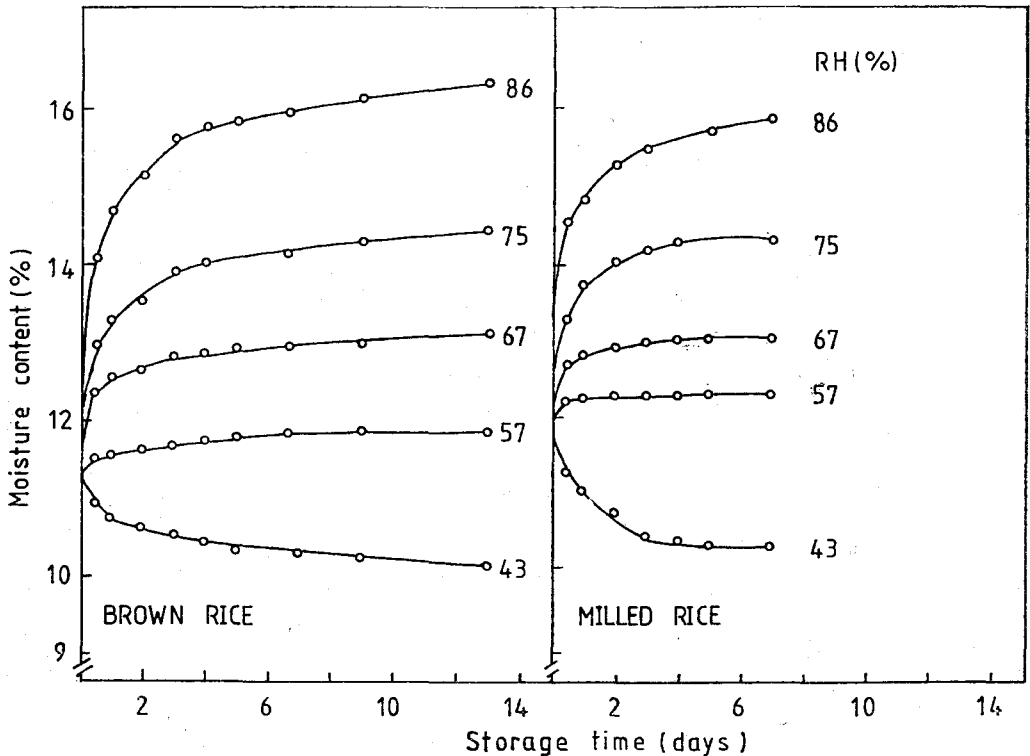


Fig. 1. Time course change in moisture contents of Sumjinbyeo variety at 25°C and various relative humidities

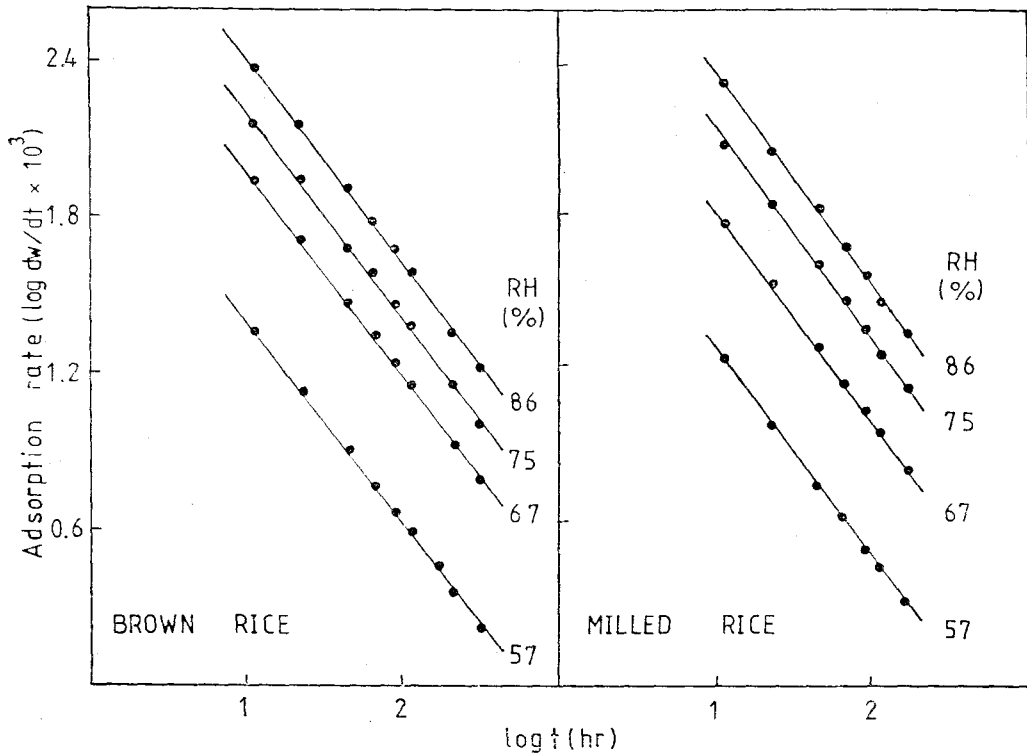


Fig. 2. Changes of adsorption rate of Sumjinbyeo during storage at 25°C

식 (1)을 이용한 수분함량의 예측가능성을 검토하고자 Table 1의  $a$ 와  $b$ 의 평균값을 이용하여 식 (1) 으로부터 계산한 수분함량과 실측값과를 비교 하면 Table 2와 Table 3과 같다. 시료 6 품종의 평균 수분함량과 계산한 평균 수분함량과는 비슷한 값이었고 표준편차도 큰 차이를 보이지 않았다. 표에는 나타내지 않았으나  $a$ 와  $b$ 의 평균값을 이용하여 계산한 각 시료의 수분함량과 실측값과는 큰 차이를 보이지 않았으며 상관계수도 0.92 이상으로서 1% 수준에서 유의성을 보였다. 이러한 사실은 본 실험에서 Table 1에 표시한  $a$ 와  $b$ 의 평균값을 이용하여 각 상대습도에서 저장시간에 따른 수분함량의 변화를 예측할 수 있음을 가르킨다.

현미 및 백미를 각 상대습도에 저장 중 흡습 속도에 대한 기울기의 평균값을 이용하여 수분함량의 예측이 가능하였으므로, 본 실험에서 행한 상대습도 57~86%의 범위에 모두 적용될 수 있는 흡습속도식을 설정하고자 하였다. 상대습도 75%에서의 흡습속도식은 다음과 같이 표시된다.

현미

$$\log(dw/dt \times 10^3) = -0.8108 \log t + 3.0347 \dots (2)$$

백미

$$\log(dw/dt \times 10^3) = -0.8451 \log t + 3.0087 \dots (3)$$

상대습도 75%에서의 기울기, 즉 현미의 0.8108, 백미의 0.8451에 대한 각 상대습도에서의 기울기의 비를 보면 Table 4와 같다. Table 4의 보정계수를 사용하여 식 (2) 및 식 (3)로부터 저장시간에 따른 현미 및 백미의 수분함량을 계산한 결과를 보면 섬진벼의 경우 Table 5와 같다. Table 5에서와 같이 실측값과 계산값과는 거의 일정하였고 상관계수도 모두 0.96 이상으로서 1% 수준에서 유의성을 보였으며, 다른 시료들도 섬진벼와 같은 경향을 보였다. 따라서 현미 및 백미를 25°C, 상대습도 57~86% 범위에서 저장하는 동안 수분함량은 식 (2) 및 식 (3)을 이용하고 각 상대습도에서의 보정계수(Table 4)를 이용하여 예측할 수 있었다.

본 실험은 일정한 온도에서 현미와 백미의 초기 흡습속도를 비교한 것이므로, 앞으로 저장온도, 시료의 초기수분함량 등에 따른 폭넓은 연구에 의하여 현미와 백미의 저장에 따른 흡습특성의 규명이 요구된다.

Table 1. Linear regression parameters of adsorption

Variety	Parameter <sup>a</sup>	Brown rice				Milled rice			
		57%	67%	75%	86%	57%	67%	75%	86%
Cheonmabyeo	-a	0.8487	0.8565	0.8628	0.8813	0.8516	0.8586	0.8730	0.8819
	log b	2.3676	2.9184	3.1808	3.4259	2.1955	2.7049	3.0834	3.3369
	r	0.9996	0.9989	0.9988	0.9994	0.9995	0.9993	0.9998	1.0000
Seonambyeo	-a	0.7753	0.7835	0.7962	0.8114	0.7923	0.8318	0.8463	0.8569
	log b	2.4945	2.7733	3.0110	3.2557	1.9480	2.7280	3.0497	3.2900
	r	0.9988	0.9987	0.9990	0.9981	0.9991	0.9986	0.9999	0.9998
Sumjinbyeo	-a	0.8056	0.8131	0.8144	0.8189	0.8160	0.8211	0.8217	0.8361
	log b	2.2496	2.8327	3.0577	3.2819	2.1571	2.6784	2.9892	3.2304
	r	0.9990	0.9993	0.9988	0.9986	0.9995	0.9997	0.9990	0.9995
Kayabyeo	-a	0.7791	0.7856	0.7904	0.7922	0.8036	0.8075	0.8259	0.8304
	log b	2.0582	2.6239	2.8947	3.1250	2.3357	2.8785	2.9591	3.3094
	r	0.9994	0.9991	0.9987	0.9991	0.9990	0.9995	0.9990	0.9992
Wonpoongbyeo	-a	0.7527	0.7749	0.7936	0.8121	0.8349	0.8452	0.8689	0.8691
	log b	2.3088	2.7616	3.0295	3.2768	2.0681	2.7173	2.9761	3.2755
	r	0.9976	0.9990	0.9979	0.9975	0.9996	0.9995	0.9995	0.9999
Iri 362	-a	0.7937	0.7981	0.8074	0.8186	0.8284	0.8310	0.8350	0.8446
	log b	2.2430	2.7850	3.0347	3.2664	2.1578	2.6698	2.9944	3.2586
	r	0.9993	0.9990	0.9981	0.9991	0.9999	0.9996	0.9994	0.9992
Average	-a	0.7952	0.8020	0.8108	0.8226	0.8211	0.8325	0.8451	0.8532
	log b	0.2870	2.7825	3.0347	3.2720	2.1437	2.7295	3.0087	3.2835

a -a : Slope, log b : Intercept, r : Correlation coefficient

Table 2. Comparison of measured and calculated moisture content of brown rice

Storage humidity (RH, %)	Moisture content(%, db) after storage						
	24 hr	48 hr	72 hr	96 hr	120 hr	168 hr	312 hr
57	10.32±0.65 <sup>a</sup>	10.38±0.65	10.43±0.64	10.47±0.65	10.49±0.64	10.51±0.65	10.57±0.63
	10.30±0.70 <sup>b</sup>	10.36±0.70	10.39±0.70	10.42±0.70	10.45±0.70	10.48±0.70	10.56±0.70
67	11.08±0.72	11.26±0.72	11.37±0.72	11.48±0.72	11.55±0.72	11.61±0.73	11.74±0.76
	11.06±0.70	11.23±0.70	11.34±0.70	11.42±0.70	11.49±0.70	11.59±0.70	11.81±0.70
75	11.94±0.73	12.25±0.72	12.52±0.77	12.62±0.76	12.67±0.74	12.77±0.74	12.98±0.77
	11.90±0.70	12.18±0.70	12.36±0.70	12.49±0.70	12.60±0.70	12.79±0.69	13.13±0.70
86	13.22±0.83	13.79±0.81	14.16±0.81	14.31±0.81	14.39±0.80	14.57±0.79	14.86±0.81
	13.21±0.70	13.64±0.70	13.92±0.70	14.13±0.70	14.30±0.70	14.57±0.70	15.10±0.70

a Mean and standard deviation of measured moisture content.

b Mean and standard deviation of calculated moisture content from Eq.(1) using average values of a and b in Table 1.

Table 3. Comparison of measured and calculated moisture content of milled rice

Storage humidity (RH, %)	Moisture content(%, db) after storage						
	12 hr	24 hr	48 hr	72 hr	96 hr	120 hr	168 hr
57	12.26±0.53 <sup>a</sup>	12.30±0.53	12.34±0.55	12.36±0.56	12.37±0.56	12.38±0.56	12.40±0.56
	12.26±0.48 <sup>b</sup>	12.29±0.48	12.32±0.48	12.34±0.48	12.36±0.48	12.37±0.48	12.39±0.48
67	12.87±0.62	12.97±0.67	13.12±0.72	13.17±0.73	13.22±0.75	13.26±0.74	13.33±0.76
	12.86±0.48	12.96±0.48	13.07±0.48	13.14±0.48	13.20±0.48	13.24±0.48	13.31±0.48
75	13.52±0.38	13.71±0.40	13.96±0.42	14.07±0.44	14.14±0.43	14.18±0.42	14.23±0.41
	13.54±0.48	13.71±0.48	13.90±0.48	14.02±0.48	14.11±0.48	14.18±0.48	14.30±0.48
86	14.80±0.58	15.06±0.58	15.51±0.71	15.73±0.70	15.86±0.73	15.91±0.74	16.00±0.73
	14.81±0.48	15.11±0.48	15.43±0.48	15.64±0.48	15.80±0.48	15.92±0.48	16.11±0.48

a Mean and standard deviation of measured moisture content.

b Mean and standard deviation of calculated moisture content from Eq.(1) using average values of a and b in Table 1.

Table 4. Correction factor for Eq.(2) and (3) at each storage humidity

Storage humidity(RH, %)	Brown rice	Milled rice
57	0.83	0.89
67	0.91	0.94
75	1.00	1.00
86	1.13	1.11

Table 5. Comparison of measured and calculated moisture content of Sumjinbyeo variety during storage at 25°C

Brown rice	RH	Moisture content(%, db) after storage							$r$
		24 hr	48 hr	72 hr	96 hr	120hr	168 hr	312 hr	
57%	11.56 <sup>a</sup>	11.63	11.65	11.67	11.70	11.72	11.74	0.9693	
	(10.96) <sup>b</sup>	(11.11)	(11.34)	(11.46)	(11.55)	(11.69)	(11.99)		
67%	12.46	12.69	12.80	12.88	12.93	12.94	13.18	0.9827	
	(12.02)	(12.27)	(12.44)	(12.56)	(12.66)	(12.82)	(13.14)		
75%	13.32	13.52	13.93	14.03	14.06	14.15	14.40	0.9639	
	(13.21)	(13.49)	(13.67)	(13.80)	(13.91)	(14.09)	(14.44)		
86%	14.70	15.17	15.63	15.77	15.84	15.98	16.37	0.9742	
	(14.93)	(15.24)	(15.44)	(15.60)	(15.72)	(15.92)	(16.32)		

Milled rice		12 hr	24 hr	48 hr	72 hr	96 hr	120 hr	168 hr	<i>r</i>
RH	57%	12.26 <sup>a</sup>	12.30	12.33	12.36	12.36	12.39	12.40	0.9916
		(12.05) <sup>b</sup>	(12.20)	(12.37)	(12.48)	(12.56)	(12.62)	(12.72)	
	67%	12.78	12.87	13.00	13.09	13.12	13.17	13.18	0.9916
		(12.73)	(12.89)	(13.06)	(13.18)	(13.26)	(13.33)	(13.44)	
75%	13.50	13.76	14.06	14.20	14.29	14.31	14.32	0.9720	
	(13.54)	(13.71)	(13.90)	(14.02)	(14.11)	(14.18)	(14.29)		
86%	14.58	14.82	15.35	15.54	15.69	15.70	15.85	0.9839	
	(15.03)	(15.22)	(15.43)	(15.56)	(15.66)	(15.74)	(15.87)		

a Measured moisture content.

b Calculated value from Eq.(2) or Eq.(3) using correction factor in Table 4.

초 록

현미와 백미를 상대습도 57~86%, 저장온도 25°C에서 각각 13일과 7일간 저장하면서 초기 흡습속도를 분석하였다. 상대습도 75%에서의 흡습속도식은 현미의 경우  $\log(dw/dt \times 10^3) = -0.8108 \log t + 3.0347$ , 백미의 경우  $\log(dw/dt \times 10^3) = -0.8451 \log t + 3.0087$ 로 표시되었다. 여기에서  $w$ 는 수분함량(%), 건량기준,  $t$ 는 저장시간(시간)이다. 상대습도 57~86%에서의 저장 중 수분함량은 각 상대습도에서의 보정계수를 사용하여 예측할 수 있었다.

참 고 문 헌

1. 송보현 : 한국농화학회지, 30 : 141(1987)
2. 송보현, 김동연, 김성근, 김용두, 최갑성 : 한국농화학회지, 31 : 1(1988)
3. 송보현, 김동연, 김성근, 김용두, 최갑성 : 한국농화학회지, 31 : 7(1988)
4. 송보현, 김동연, 김성근, 김용두, 최갑성 : 한국농화학회지, 31 : 162(1988)
5. 송보현, 김동연, 김성근 : 한국농화학회지, 31 : 211(1988)
6. Rockland, L.B.: Anal. Chem., 32 : 1357(1960)
7. 전재근, 서정식 : 한국농화학회지, 23 : 1(1980)