

## 콩의 초기 흡습속도의 온도의존성

김종군·김성곤\*

세종대학교 가정학과, \*단국대학교 식품영양학과

### Temperature Dependence of Initial Adsorption Rate of Soybean

Jong-Goon Kim and Sung-Kon Kim\*

Department of Home Economics, King Sejong University, Seoul

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

#### Abstract

The initial moisture adsorption of soybeans was examined under the conditions: RH, 57-86%; temperature, 16°-34°C, and storage time, 100 hours. The changes in moisture content as a function of time held a relation:  $\log dw/dt = b \log t + \log a$ , where  $w$  is the moisture content (% db),  $t$  is time (hour) and  $a$  and  $b$  are the parameters which were calculated from the experimental data. The calculated moisture content from the equation agreed well with the measured moisture content. The activation energy of initial adsorption rate was about 15500 cal/g-mole in all soybeans. The initial adsorption rate at temperature 16°-28°C could be estimated from a following equation:  $\log(\log dw/dt) = -15500/2.303RT$ .

Key words: soybean, moisture adsorption of soybean.

#### 서 론

우리나라 콩의 식품영양학적인 특성을 연구하기 위한 일련의 연구로서 저자들은 장려품종 1품종과 재래종 3 품종에 대한 지방산조성과 단백질 패턴<sup>(1)</sup>, 수분흡수 특성<sup>(2)</sup>, 조리성질<sup>(3)</sup>, 침치 중 부피의 변화<sup>(4)</sup> 등에 대하여 보고하였다. 본 연구에서는 콩의 등온흡수에 대하여 보고하고자 한다.

콩의 저장성을 이해할 수 있는 기초자료인 등온흡수 곡선에 관하여는 외국에서 일부 연구<sup>(5,6)</sup>가 있을 뿐 국내에서는 거의 이루어진 바 없다.

본 연구에서는 콩을 일정한 상대습도 조건에서 16-34°C의 온도범위에서 100시간 저장하면서 초기의 흡습속도를 분석하고, 흡습속도의 온도의존성을 분석하고자 하였다.

#### 재료 및 방법

##### 재료

실험에 사용한 콩은 장려품종 1품종(봉의)과 재래종

Corresponding author: Sung-Kon Kim, Department of Food Science and Nutrition, Dankook University, San 8, Hannam-dong, Yongsan-gu, Seoul 140-714.

2품종(KW-12와 KLS-77005-1)으로서, 이들 콩의 특징은 전보<sup>(1)</sup>에서 설명하였다.

##### 저장 중 수분함량의 측정

시료 5g을 정확히 칭량하여 유리용기(내경 3.7cm, 높이 2.0cm)에 담고 15°, 22°, 28° 및 34°C에서 100시간 동안 저장하였다. 상대습도는 포화염용액<sup>(7)</sup>을 이용하여 44-86%의 범위를 사용하였다.

시료는 일정 시간별로 꺼내어 무게의 변화로부터 시료의 수분함량(건량기준)을 계산하였으며, 모든 측정값은 3회 반복 측정한 평균값으로 나타내었다.

##### 초기 흡습속도의 계산

저장기간에 따른 상대습도별 시료의 수분함량의 변화로부터 흡습속도를 계산하였으며, 흡습속도의 온도의존성은 다음의 아레니우스식으로부터 분석하였다.

$$\ln k = E_a/RT + \ln A \quad (1)$$

여기에서  $k$ 는 흡습속도상수,  $E_a$ 는 활성화에너지(cal/g-mole),  $R$ 은 기체상수(1.987 cal/deg mole),  $T$ 는 온도(K),  $A$ 는 빈도상수이다.

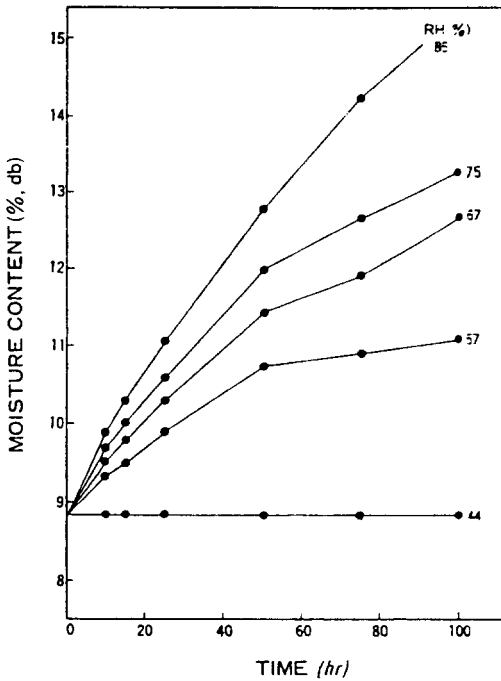


Fig. 1. Time course change in moisture contents of Bon-gui soybean at 22°C and various relative humidities.

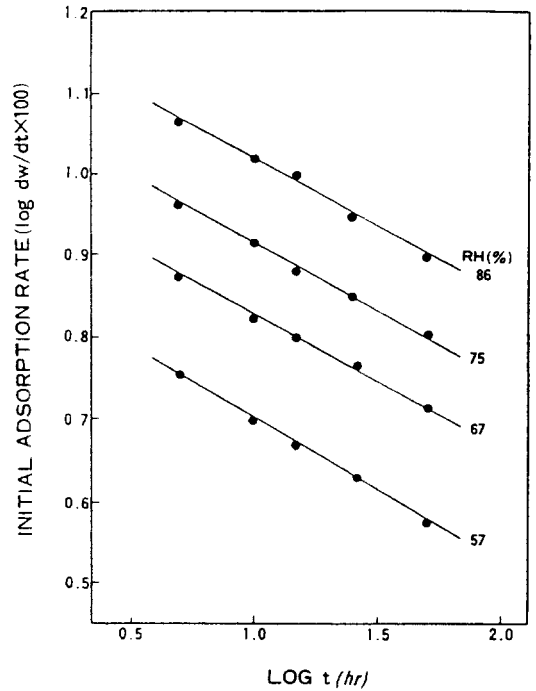


Fig. 2. Changes of initial adsorption rate of Bongui soybean during storage at 22°C.

저장 중 수분함량의 변화

콩의 저장 중 흡습에 의한 수분함량의 변화는 상대습도에 따라 큰 차이를 보였으며, 봉의 경우를 보면 그림 1과 같다. 상대습도 44%에서는 수분함량의 변화가 없었으나, 상대습도 57%에서는 50시간까지 수분함량은 크게 증가하였으며 그 이후에는 완만히 증가하였다. 그러나 상대습도 67% 이상에서는 저장시간이 경과함에 따라 수분함량이 계속 증가하였다. 다른 콩도 봉의와 비슷한 양상을 보였다.

저장시간과 초기 흡습속도

저장 중 흡습의 정도를 알아보기 위하여 저장시간에 따른 흡습속도와 관계를 계산하고 각각 대수값을 취하여 도시한 결과는 그림 2와 같다. 봉의 경우 저장 온도 22°C에서 상대습도별로 흡습속도가 일정하게 감소되는 경향을 보였다. 다른 콩도 저장온도에 상관없이 그림 2와 같은 경향을 보였다.

그림 2의 결과는 전과 서(8)가 고춧가루의 흡습특성에서 보고한 것과 같이 다음의 식으로 표시할 수 있다.

$$\log \frac{dw}{dt} = b \log t + \log a \quad (2)$$

여기에서 w는 수분함량(%), t는 저장시간, a는 절편의 값, b는 기울기로서, a와 b값은 저장 상대습도에 따라 결정되어지는 상수이다.

콩을 여러 온도 및 상대습도에서 저장했을 때 식 (2)의 흡습속도 식으로부터 계산한 a와 b값은 표 1-3과 같다. 저장온도 16-28°C에서는 일정한 상대습도에서 저장온도가 증가할수록, 또한 일정한 저장온도에서 저장습도가 증가할수록 log a 값은 증가하였다. 그러나 저장온도 34°C에서는 저장습도가 증가할수록 log a 값은 증가하였으나, 일정한 상대습도에서의 log a 값은 28°C에 비하여 다소 낮거나 다소 높은 경향을 보였다. 이러한 결과는 34°C에서의 흡습속도는 28°C에서의 흡습속도에 비하여 큰 차이를 보이지 않는다는 것을 가리킨다.

각 저장 상대습도별로 표 1-3의 a와 b값을 식 (2)에 대입하여 22°C에서의 저장시간에 따른 수분함량의 계산값과 실측값을 비교한 결과는 표 4와 같다. 표에서와 같이 모든 상대습도에서 계산값과 실측값은 매우 근사한 값을 보였다. 다른 저장온도에서도 표 4와 같은 결과를 보였으므로 임의의 상대습도 및 온도에서의 수분함량은 식 (2)를 사용하여 예측할 수 있음을 알 수

Table 1. Linear regression parameters of initial adsorption of Bongui

RH (%)	16°C			22°C			28°C			34°C		
	-b	log a <sup>1)</sup>	r	-b <sup>2)</sup>	log a	r <sup>3)</sup>	-b	log a	r	-b	log a	r
57	0.098	0.859	0.998	0.166	0.866	0.998	0.294	1.016	0.994	0.322	1.011	0.999
67	0.099	0.915	0.997	0.160	0.987	0.999	0.310	1.201	0.999	0.342	1.108	0.999
75	0.101	1.001	0.998	0.162	1.078	0.999	0.317	1.373	0.996	0.355	1.356	0.999
86	0.112	1.185	0.997	0.171	1.191	0.999	0.329	1.600	0.996	0.370	1.824	0.999

<sup>1)</sup>Intercept, <sup>2)</sup>Slope, <sup>3)</sup>Correlation coefficient

Table 2. Linear regression parameters of initial adsorption of KW-12

RH (%)	16°C			22°C			28°C			34°C		
	-b	log a <sup>1)</sup>	r	-b <sup>2)</sup>	log a	r <sup>3)</sup>	-b	log a	r	-b	log a	r
57	0.103	0.806	0.998	0.160	0.859	0.999	0.298	1.083	0.999	0.312	0.994	0.999
67	0.108	0.853	0.996	0.163	0.997	0.999	0.306	1.264	0.999	0.321	1.143	0.999
75	0.105	1.008	0.999	0.166	1.100	0.999	0.312	1.434	0.999	0.337	1.328	0.999
86	0.108	1.308	0.999	0.167	1.200	0.999	0.321	1.598	0.999	0.348	1.630	0.999

<sup>1)</sup>Intercept, <sup>2)</sup>Slope, <sup>3)</sup>Correlation coefficient

Table 3. Linear regression parameters of initial adsorption of KLS-77005-1

RH (%)	16°C			22°C			28°C			34°C		
	-b	log a <sup>1)</sup>	r	-b <sup>2)</sup>	log a	r <sup>3)</sup>	-b	log a	r	-b	log a	r
57	0.105	0.741	0.998	0.159	0.851	0.999	0.292	1.077	0.998	0.310	0.992	0.999
67	0.105	0.806	0.998	0.166	0.981	0.999	0.301	1.169	0.999	0.320	1.112	0.998
75	0.105	0.919	0.999	0.162	1.096	0.999	0.307	1.253	0.999	0.331	1.298	0.999
86	0.109	1.058	0.999	0.170	1.189	0.999	0.314	1.468	0.999	0.344	1.724	0.998

<sup>1)</sup>Intercept, <sup>2)</sup>Slope, <sup>3)</sup>Correlation coefficient

Table 4. Comparison of the measured and calculated moisture contents of soybeans during storage at 22°C and various relative humidities

Soybean	RH (%)	Moisture content (% db)			
		10 hr	25 hr	50 hr	75 hr
Bongui	57	9.4(9.4) <sup>a)</sup>	9.9( 9.9)	10.8(10.7)	10.9(11.5)
	67	9.5(9.5)	10.3(10.3)	11.4(11.5)	11.9(12.4)
	75	9.7(9.6)	10.6(10.6)	12.0(12.0)	12.7(13.2)
	86	9.9(9.9)	11.1(11.0)	12.8(12.8)	14.2(14.4)
KW-12	57	8.5(8.4)	9.1( 9.0)	10.0(10.0)	10.7(10.8)
	67	8.6(8.6)	9.4( 9.4)	10.6(10.5)	11.1(11.5)
	75	8.8(8.7)	9.8( 9.7)	11.2(11.1)	12.4(12.5)
	86	9.0(8.9)	10.4(10.2)	12.0(12.0)	13.4(13.7)
KLS-77005-1	57	8.7(8.7)	9.3( 9.3)	10.1(10.1)	10.8(10.9)
	67	8.9(8.9)	9.7( 9.6)	10.8(10.7)	11.4(11.8)
	75	9.1(9.1)	10.0(10.1)	11.6(11.5)	12.7(12.9)
	86	9.2(9.3)	10.4(10.4)	12.2(12.2)	13.1(13.8)

<sup>a)</sup>Calculated value from Eq.(2)

있다.

초기 흡습속도상수의 온도의존성

흡습속도상수의 온도의존성을 보기 위하여 상대습도 67%에서의 흡습속도상수와 온도와의 관계를 나타내면 그림 3과 같다. 저장온도 28°C를 중심으로 기울기가 다른 2개의 직선을 보였으며 28°-34°C에서의 기울기는 16°-28°C에 비하여 완만하였다. 이러한 현상은 표 1-3에서 설명한 바와 같이 28°-34°C에서는 흡습속도상수가 큰 차이를 보이지 않기 때문이다.

그림 3의 기울기로부터 식 (1)의 아레니우스식을 이용하여 흡습의 활성화에너지를 구한 결과는 표 5와 같다. 저장온도 16°-28°C에서의 활성화에너지는 상대습도에 상관없이 15, 000-16, 000 cal/g-mole이었다. 그러나 28°-34°C에서의 활성화에너지는 품종에 따라 다소 차이를 보였으며 봉의가 가장 높은 값을 보였으며,

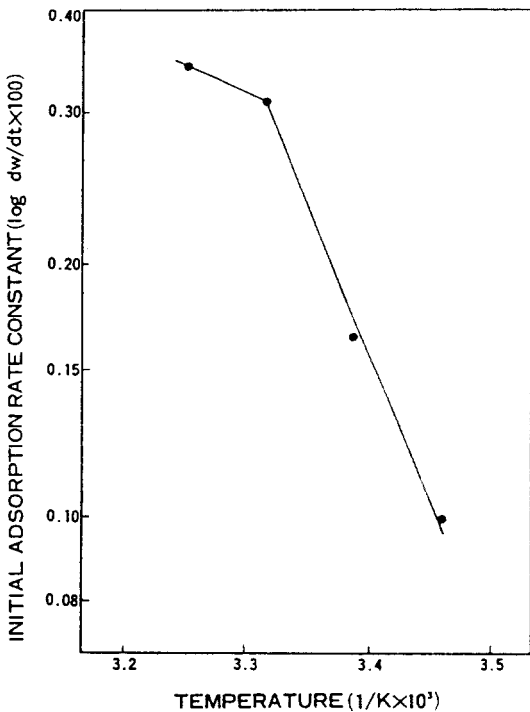


Fig. 3. Arrhenius plot of initial adsorption rate constant of Bongui soybean stored at 67% relative humidity.

Table 5. Activation energy of initial adsorption of soybeans at various relative humidities

Soybean	Temperature (°C)	Ea(cal / mole) at RH			
		57%	67%	75%	86%
Bongui	16-28	15,810	16,480	16,430	15,450
	28-34	2,880	2,950	3,320	3,580
KW-12	15-28	15,280	14,950	15,820	15,660
	28-34	1,390	1,410	2,220	2,430
KLS-77005-1	16-28	14,680	15,170	15,450	15,160
	28-34	1,780	1,800	2,290	2,730

KW-12가 낮은 값을 보였다. 그러나 실용적인 면에서 28°C 이상에서의 콩의 저장온도 문제점이 있으므로 16°-28°C의 저장온도 범위에서의 흡습속도로부터 콩의 저장성을 예측할 수 있으리라 생각된다. 따라서 표 5의 결과로부터 저장온도 16°-28°C에서의 콩의 흡습속도는 다음과 같이 표시될 수 있다.

$$\log(\log \frac{dw}{dt}) = -15,500/2.303RT$$

여기에서 R은 기체상수(1.987 cal/deg mole), T는 절대온도(K)이다.

### 요 약

콩을 상대습도 57-86%, 온도 16°-34°C에서 100시간 저장할 때, 콩의 초기흡습은 다음 식으로 표시되었다.  $\log dw/dt = b \log t + \log a$ . 여기에서 w는 수분함량(%), t는 시간이다. 식으로부터 계산한 저장시간(t)에 따른 수분함량(w)은 실측치와 잘 일치하였다. 초기 흡습속도의 활성화에너지는 상대습도에 상관없이 15,500 cal/g-mole 정도이었고 시료간에 큰 차이를 보이지 않았다. 저장온도 16°-28°C에서의 콩의 흡습속도는 다음과 같이 표시될 수 있었다.  $\log(\log dw/dt) = -15,500/2.303RT$ .

### 문 헌

1. 김종균, 김성근, 이준식: 우리나라 콩의 지방산 조성 및 단백질의 전기영동 패턴. 한국식품과학회지, 20, 263(1988)
2. 김종균, 김우정, 김성근: 우리나라 재래종 콩의 수분흡수 특성. 한국식품과학회지, 20, 256(1988)
3. 김성근, 김종균: 우리나라 콩의 조리성질. 한국식품과학회지, 20, 699(1988)
4. 김종균, 김우정, 김성근: 콩의 침지 중 부피의 변화. 한국식품과학회지, 21, 289(1989)
5. Saravacos, G.D.: Sorption and diffusion of water in dry soybeans. *Food Technol.*, 23(11), 145(1969)
6. Pixton, S.W. and Warburton, S.: Moisture content/relative humidity equilibrium, at different temperatures, of some oilseeds of economic importance. *J. Stored Prod. Res.*, 7, 261(1971)
7. Rockland, L.B.: Saturated salt solutions for static control of relative humidity between 5° and 40°C. *Anal. Chem.*, 32, 1357(1960)
8. 전재근, 서정식: 고춧가루의 저장습도와 흡습속도와의 관계. 한국농화학회지, 23, 1(1980)

(1989년 1월 10일 접수)